

KATSAUS TYÖN TULEVAISUUTEEN: ROBOTIIKKA

1 Johdanto

Koneet ovat jo kauan olleet osa ihmiskunnan todellisuutta. Teollinen vallankumous merkitsi huomattavaa läpimurtoa laitteistojen ja koneiden käytössä. Koneiden merkitys ja tärkeys tunnustettiin teollisen vallankumouksen aikaan yleisesti, mutta ihmisten suhtautuminen niihin oli varsin vaihtelevaa: osa heistä piti koneita uhkana ja osa näki niissä lupaavia mahdollisuuksia. Olemme vastaavanlaisessa tilanteessa nykyään, kaikkialle ulottuvan teknologian aikakaudella ja keskellä siirtymävaihetta, mutta tällä kertaa kyse on älykkäistä koneista ja prosesseista.

Kuten jäljempänä kuvataan, kaikkialle ulottuva vallankumous (evoluutio) aloittaa aikakauden, jolloin laitteistoja ja laitteita voidaan asentaa minne tahansa, jopa ihmiskehoon. Roboteista tulee ihmisten apulaisia ja pitkällä aikavälillä työtovereita.

2 Mitä robotilla tarkoitetaan?

Robotit voidaan aiotun käyttötarkoituksen mukaan jakaa teollisuusroboteihin ja palveluroboteihin:

- Kansainvälisen robottiyhdistyksen määritelmän mukaan **teollisuusrobotti** on automaattisesti ohjattava, uudelleen ohjelmoitavissa oleva monikäyttöinen mekaaninen laite, jossa on vähintään kolme ohjelmoitavaa kiinteästi asennettua tai liikkuvaa niveltä ja jota käytetään teollisuusautomaatiikan sovelluksissa (standardin ISO 8373: 1994 mukainen määritelmä).
- **Palvelurobotit** on suunniteltu ihmisten tueksi, kumppaneiksi ja hoitajiksi. Ne toimivat samassa ympäristössä ihmisten kanssa ja niillä on valmiudet perustason älykkääseen käyttäytymiseen, jonka perusteella ne suoriutuvat niille annettavista tehtävistä. Palvelurobotit jaetaan kolmeen luokkaan. Luokan 1 roboteilla korvataan likaisissa ja vaarallisissa ympäristöissä ja yksitoikkoisissa tehtävissä työskenteleviä ihmisiä. Luokan 2 robotit toimivat ihmisten parissa ja parantavat mukavuutta esimerkiksi viihdyttämällä, avustamalla ikääntyneitä, kantamalla potilaita tai työskentelemällä yhdessä ihmisten kanssa. Luokan 3 robotit tekevät ihmiskehoon liittyviä operaatioita. Niistä ovat esimerkkinä lääketieteelliset robotit, jotka hoitavat diagnooseihin, leikkauksiin, hoitoihin ja kuntoutukseen liittyviä tehtäviä.

Robotteja rakennettiin alun perin suorittamaan yksinkertaisia tehtäviä, mutta nykyään niitä rakennetaan yhä enemmän ajattelemaan käyttämällä **keinoälyä** (artificial intelligence, AI).

Keinoälyä on kahdenlaista: heikkoa ja vahvaa. Heikolla keinoälyllä tarkoitetaan konetta, joka käyttää ohjelmistoa tiettyjen ongelmien tutkimiseen tai ratkaisemiseen. Se ei saavuta tietoisuutta, vaan se on lähinnä tietyn sovellusalueen ongelmanratkaisija (esim. tekstin- ja kuvantunnistus, asiantuntijajärjestelmät ja shakkietokoneet). Vahvalla tekoälyllä tarkoitetaan sen sijaan hypoteettista konetta, jonka käyttäytyminen on vähintään yhtä taitavaa ja joustavaa kuin ihmisten.

Robottien ja älykkäiden koneiden edut liittyvät niiden kykyyn suorittaa monia erilaisia liikkeitä ja "ajatella" loputtomasti ja väsymättä. Robottien kehittämisessä keskitytään nykyään niiden kykyyn noudattaa malleja, joten ne ovat yleensä pitkälle erikoistuneita. Tähän on jo lähitulevaisuudessa tulossa muutos. Tavoitteena on kehittää robotteja, jotka pystyvät suorittamaan monia erilaisia tehtäviä sekä imitoimaan ja tulkitsemaan ihmisiä. Osittain tämän kehityksen taustalla on robottien muistikapasiteetin ja keinoälysovellusten suunnaton lisääntyminen, joka mahdollistaa pääsyn valtaviin datamääriin ja niiden käyttämisen moniin erilaisiin operatiivisiin tehtäviin.

3 Robotiikan käytön laajuus ja ennusteet

Yhteiskunta muuttuu yleisesti ottaen tietoyhteiskunnasta osaamisyhteiskunnaksi ja osaamisyhteiskunnasta kaikkialle ulottuvan osaamisen yhteiskunnaksi. Kaikkialle ulottuvan osaamisen yhteiskunnassa älykkäiden ja autonomisten koneiden rooli tulee olemaan päätöksentekijöiden kannalta

keskeinen kysymys. Huomio on keskitettävä teknologia-aaltoihiin, kuten digitalisointiin, tieto- ja viestintäteknologiaan ja robotiikkaan, jotka kaikki ovat ratkaisevan tärkeitä osatekijöitä tämän uuden kaikkialle ulottuvan osaamisen yhteiskunnan kehittämisessä.

EU:n robotiikkastrategiassa vuodelle 2020 kuvataan nykyistä kehitystä seuraavasti:

Robottiteknologia valtaa alaa tulevana vuosikymmenenä. Sen vaikutukset ulottuvat kaikkialle niin työelämässä kuin kotona. Robotiikalla on mahdollisuudet muuttaa ihmisten arkielämää ja työkäytäntöjä, parantaa tehokkuutta ja turvallisuutta, tarjota parempaa palvelutasoa ja luoda uusia työpaikkoja. Robotiikan vaikutukset sekä robottien ja ihmisten välinen vuorovaikutus tulevat ajan myötä lisääntymään.

Valtaosa roboteista ja robotiikasta oli 1960-luvulta 1990-luvulle yksinomaan teollisuuskäytössä. Nykyään roboteilla on laajat käyttömahdollisuudet ja erinomainen kestävyys. Robotiikalla ja keinoälyllä on suunnattomat vaikutukset moniin eri aloihin, joita ovat muun muassa puolustusteollisuus, turvallisuuspalvelut, terveydenhuolto, kuljetus ja logistiikka, asiakaspalvelu ja kiinteistöhuolto. Viimeaikainen palvelurobottien kehitys on ollut merkittävää lääkinnällisten palvelujen ja henkilökohtaisten hoivapalvelujen alalla. Jo lähitulevaisuudessa aletaan kehittää robottien autonomiaa ja järjestelmien monitahoisuutta sekä entistä ihmiskeskeisempiä sovelluksia.

Kun ihmiset viestivät kaikkialle ulottuvan osaamisen maailmassa keskenään (ihmiseltä ihmiselle) ja koneet ihmisten kanssa (ihmiseltä koneelle), koneet (robotit mukaan lukien) viestivät myös keskenään (koneelta koneelle). Koneiden väliseen viestintään käytettävien laitteiden lukumäärän odotetaan kasvavan suunnattomasti. Vuoteen 2020 mennessä keskenään viestivien ja ihmisten kanssa yhteentoimivien älykkäiden laitteiden lukumäärä tulee olemaan noin 50 miljardia.

Tällainen viestinnän kehitys johtaa laajalti odotettuun **esineiden internetiin**. Sillä tarkoitetaan järjestelmää, joka perustuu fyysisten kohteiden väliseen autonomiseen viestintään. Robotiikka kytkeytyy monin tavoin esineiden internetiin ja tämä kytkeytymisprosessi muuttaa "vanhaa" verkkoyhteiskuntaa monella tavalla. Matkapuhelimista ja puettavista tietokoneista, kuten aktiivisuusrannekkeista, on jo tullut osa arkipäivää. Tästä seuraa, että ihmiset tulevat pian elämään kaikkialle ulottuvan osaamisen maailmassa, jossa kaikki laitteet (myös robotit) on yhdistetty verkkoon. Käynnissä olevassa esineiden internetin vallankumouksessa robottien jatkuva levittäytyminen moniin arkipäiväisiin toimiin tekee esineiden internetin tukemista robotiikkasovelluksista konkreettista todellisuutta.

Robotiikan edistysaskeleet johtavat tulevaisuudessa kumppanien, avustajien, kotitalousrobottien, terveydenhoitorobottien, rakennustyörobottien, lemmikkieläinrobottien, etäläsnäolorobottien ja lelurobottien kehittämiseen. Nämä robottisovellukset imitoivat ihmisten ja eläinten käyttäytymistä, ja esineiden internet ja kaikkialle ulottuvan osaamisen sovellukset mahdollistavat niiden keskinäisen viestinnän.

Kaikki nämä määrälliset muutokset johtavat laadullisiin muutoksiin, joita on lähes mahdoton ennustaa asian monimutkaisuuden vuoksi. Nopeissa tietojärjestelmissä on jo ollut mahdollisuuksia entistä nopeampaan, luotettavampaan ja täsmällisempään päätöksentekoon ja toimintaan. Toisaalta nopea kehitys voi johtaa myös uuhin ja riskeihin, kuten nopean kaupankäynnin aiheuttamiin hintapiikkeihin osakemarkkinoilla. Onko kehitys jo liian vauhdikasta? Voiko kaikkialle ulottuvan ja muun teknologisen edistyksen kiihtyvä vauhti johtaa entistä suurempiin riskeihin, jotka kohdistuvat talouteen ja yhteiskuntaan?

4 Robotiikka ja työn tulevaisuus

Tarkasteltaessa työn tulevaisuutta on pohdittava, miten laajalti robotit voivat korvata tai täydentää ja tehostaa ihmisten työtä. Tulevaisuus, jossa robottien kehittämistä jatketaan pääasiassa ihmisten työtä täydentäviä tehtäviä varten, olisi vähiten haasteellinen yhteiskunnalle, koska ihmisten ei tarvitsisi kilpailla robottien ja automaattien kanssa ja perinteiset roolit säilytettäisiin suurelta osin. Talouden ja tuottavuuden paineet johtanevat kuitenkin korvaamiseen tähtäävään toimintamalliin, jossa yksittäisiä ihmisiä ja ryhmiä korvataan roboteilla ja automaatiolla. Rutiinityöhön tai selkeästi määriteltävissä oleviin tehtäviin tarvittavien työntekijöiden määrä tulee kaiken kaikkiaan vähenemään, koska teollisuus- tai palvelurobotit suorittavat nämä työt. Tämän teknisen muutoksen tuloksena tulee olemaan hyvin koulutettujen työntekijöiden kysynnän suhteellinen kasvu ja kysynnän väheneminen heikosti koulutetuilla työntekijöillä, jotka suorittavat perinteisesti rutiinimaisista kognitiivisista ja manuaalisista

tehtävistä koostuvaa työtä. Keskinkertaista ammattitaitoa vaativien työpaikkojen poistaminen saattaa tulevina vuosikymmeninä vähentää työpaikkojen kokonaisuutena noin kolmanneksella.

Tämä ongelmatilanne, jossa on valittava täydentävyyden ja korvaavuuden välillä ja saatava tasapainoon työpaikkojen säilyttäminen ja teknologian kehityksen aiheuttama työttömyys, asettaa haasteita päätöksentekijöille, yrityksille sekä laajemmalle kansalaisyhteiskunnalle. Robotiikan aiheuttamien työmarkkinoiden, talouden ja yhteiskunnan muutosten laajat vaikutukset herättävät hankalia yhteiskunnallisia ja poliittisia kysymyksiä. Keskustelu älykkäistä koneista ja robotiikan ja kaikkialle ulottuvan teknologian vaikutuksista yhteiskuntaan, talouteen ja työllisyyteen on tähän mennessä ollut melko passiivista ja jäsenneetyt ideat robotisoidun ja automatisoidun yhteiskunnan kehittämiseksi ovat jääneet vähiin.

Teknologian aiheuttaman työttömyyden pelko on vähintään yhtä vanha kuin englantilaisten tekstiilityöntekijöiden, luddiittien, protestit 1800-luvulla. Niissä vastustettiin työpaikkojen menettämistä teolliseen vallankumoukseen liittyvälle uudelle teknologialle. Pelko siitä, että kehittyvä teknologia voisi korvata suuren osan ihmistyövoimasta ja johtaa pysyvään rakennetyöttömyyteen, on osoittautunut yhä uudelleen vääräksi ja on monien taloustieteilijöiden mielestä lähes mahdoton ajatus. Tosiasiassa teknologian kehitys on yleensä merkinnyt hyvinvoinnin lisääntymistä ja uusia työpaikkoja ainakin pitkällä aikavälillä, ja uutta teknologiaa ja tieteellisiä innovaatioita on yleensä pidetty hyvin myönteisinä. Robotiikan ja keinoälyn uusi aikakausi voi kuitenkin merkitä ennennäkemättömän laajaa muutosta, ja tähän skenaarioon perustuvaa mahdollista vaikutusta työllisyyteen, työpaikkojen menettämiseen ja talouteen on käsitelty hyvin vähän. Monet perinteiset taloustieteilijät katsovat, että markkinamekanismit pystyvät jälleen kerran tasapainottamaan ongelmat pitkällä aikavälillä. Mutta tuleeko näin aina tapahtumaan?

5 Robotiikan vaikutukset työterveyteen ja -turvallisuuteen

Kuten edellä on mainittu, robotiikkaan liittyvien innovaatioiden leviämällä on merkittävät vaikutukset työn tulevaisuuteen. Robotit tarjoavat mahdollisuuden säilyttää laajaa teollisuustuotantoa maissa, joissa on korkeat työvoimakustannukset. Ne voivat myös suorittaa sellaisia tuotantoon liittyviä töitä ja tehtäviä, joihin ihmiset eivät pysty, kuten suurten tietomäärien analysointi, tarkastus ja editointi tai työskentely hankalassa tai vaarallisessa työympäristössä. Kun otetaan huomioon väestön nykyinen ikääntyminen, robotit tarjoavat ratkaisun ruumiillista työtä tekevän työvoiman karsimiseen – ja kalleuteen.

Työterveyden ja -turvallisuuden näkökulmasta robottien yleistymisen merkitsee sekä mahdollisuuksia että haasteita.

Työterveyden ja -turvallisuuden kannalta merkittävin robottien laajan käyttöön liittyvä etu on epäterveellisessä tai vaarallisessa työympäristössä työskentelevien ihmisten korvaaminen roboteilla. Autonomiset robotit ovat erityisen käyttökelpoisia avaruudessa ja puolustuksen, turvallisuuden ja ydinteollisuuden alalla, mutta myös kuljetusalalla sekä huolto- ja tarkastustehtävissä. Ne korvaavat likaisia, pitkästyttäviä tai vaarallisia tehtäviä suorittavaa ihmistyövoimaa, joten työntekijöiden ei tarvitse altistua vaarallisille tekijöille ja olosuhteille. Lisäksi ne vähentävät fyysisiä, ergonomisia ja psykososiaalisia riskejä. Robotteja käytetään jo esimerkiksi suorittamaan toistuvia ja yksitoikkoisia tehtäviä, käsittelemään radioaktiivista materiaalia tai työskentelemään räjähdysvaarallisissa tiloissa. Tulevaisuudessa robotit suorittavat monia muita tehtäviä, joissa on paljon toistoa, ja riskialttiita tai epämiellyttäviä tehtäviä monilla eri aloilla, kuten maatalouden, rakentamisen, liikenteen, terveydenhuollon, palontorjunnan ja siivouspalvelujen alalla.

Tästä kehityksestä huolimatta jäljelle jää tiettyjä taitoja edellyttäviä tehtäviä, joihin ihmiset vielä lähitulevaisuudessa soveltuvat edelleen koneita paremmin. Olennainen kysymys on, miten saadaan aikaan paras yhdistelmä ihmisten ja robottien taidoista. Robotit pystyvät muun muassa suorittamaan raskaita töitä tarkasti ja toistuvasti, kun ihmisten etuihin kuuluvat esimerkiksi luovuus, päätöksentekovalmius, joustavuus ja mukautuvuus. Tarve yhdistää kumpienkin parhaat taidot on johtanut robottien ja ihmisten yhteistyöhön, jossa yhteinen työpiste jaetaan entistä tiiviimmin. On myös kehitetty uusia toimintamalleja ja standardeja, joilla taataan "ihmisen ja robotin yhdistelmän" turvallisuus. Eräät Euroopan maat sisällyttävät robotiikan kansallisiin ohjelmiinsa ja pyrkivät edistämään turvallista ja joustavaa yhteistyötä robottien ja käyttäjien välillä tuottavuuden parantamiseksi. Esimerkiksi Saksan työterveys- ja työturvallisuuslaitos (BAuA) järjestää vuosittain ihmisen ja robotin yhteistyöhön liittyviä työpajoja.

Tulevaisuudessa robottien ja ihmisten välinen yhteistyö monipuolistuu. Robottien autonomia lisääntyy, ja ihmisten ja robottien yhteistoiminta saa kokonaan uusia muotoja. Nykyisiä toimintamalleja ja teknisiä standardeja, joilla pyritään suojaamaan työntekijöitä robottien kanssa tehtävään yhteistyöhön liittyviltä riskeiltä, on tarkistettava valmistauduttaessa tähän uuteen kehitykseen.

Kun autonomiset robotit ja palvelurobotit yleistyvät tulevaisuudessa, on vastattava seuraaviin työterveyteen ja -turvallisuuteen liittyviin haasteisiin:

- Robotiikalla on keskeinen asema terveydenhuollon innovaatioissa ja ikääntyvien (myös iäkkäiden työntekijöiden) tukemisessa. Robottitekniikka liittyy läheisesti proteesien kehittämiseen ja implanttitekniikkaan. Nämä kaksi alaa tukeutuvat puolestaan vahvasti neurotieteeseen ja informaatiotutkimukseen. Aivojen ja tietokoneen rajapinnat (BCI:t), hermostoon yhdistetyt proteesit, keinonäkö, ICT-implantit ja (vielä varhaisessa kehitysvaiheessa olevat) neurosirut ovat viimeaikaisen kehityksen tuloksia.

Nämä ja muut robotiikkaan liittyvät edistysaskeleet ovat perustana ihmisen ominaisuuksia parantavalle teknologialle, jota ei ole tarkoitettu vain vammojen korjaamiseen vaan myös terveiden ihmisten ominaisuuksien parantamiseen. Esimerkiksi ulkoiset tukirangat tai niin sanotut puettavat robotit parantavat työntekijöiden valmiuksia taakkojen kantamiseen. Niitä käytetään myös kuntoutuksessa ja avustavina laitteina, joiden ansiosta vammaiset henkilöt voivat saada työtä tai palata työelämään. Ihmisen ominaisuuksia parantavan teknologian käyttö asettaa työterveyden ja työturvallisuuden hallinnalle uusia vaatimuksia, jotka liittyvät kehittyvien riskien seurantaan. Sen myötä herää myös uusia oikeudellisia ja eettisiä kysymyksiä.

- Valtaosalla ihmisistä ei ole kokemuksia vuorovaikutuksesta robottien kanssa. Tämä tulee kuitenkin muuttamaan koneen ja ihmisen vuorovaikutuksen lisääntyessä työpaikoilla. Koneiden välisen vuorovaikutuksen välillisistä vaikutuksista tiedetään toistaiseksi vain vähän, mutta ne voivat olla merkittäviä. Autonomisten robottien ergonomisia ja logistisia järjestelyjä on testattava uudelleen. Teollisuudessa ja palvelusektorilla tarvitaan pilotointijärjestelyjä, ja työntekijöille, jotka ohjelmoivat, käyttävät tai huoltavat näitä robotteja tai jakavat työpisteen niiden kanssa, on järjestettävä yksilöllisiä koulutusohjelmia.
- Robotiikan vaikutuksista työntekijöiden ja johtotason motivaatioon ja hyvinvointiin tiedetään vain vähän. Robotiikkaan liittyvät psykososiaaliset tekijät vaativat lisää huomiota työterveyden ja -turvallisuuden alalla.
- Robotiikan sovellusalojen erilaisten kehitysasteiden vuoksi ei voida antaa yhdenmukaisia turvallisuus- ja riskinhallintaohjeita. Osassa sovellusaloja turvallisuuskysymyksiä on käsitelty ammattimaisesti, mutta on myös robotiikkasovelluksia, jotka eivät välttämättä ole turvallisia. Autonomisen robotiikan riskialttiiden ja vaarallisten toimintojen tunnistamiseksi tarvitaan lisää analyyseja erityisesti maatalouteen liittyvässä ja elintarviketeollisuudessa, hoitopalveluissa, kotitalouksien palveluissa, valmistusteollisuuden aloilla sekä asiantuntijapalveluissa ja kuljetusalalla.
- Koska asiantuntijapalvelurobotiikka on suhteellisen uusi ala, kysymykset, jotka koskevat oikeudellista vastuuta onnettomuustilanteissa julkisella paikalla, ovat vielä selvittämättä. Ennen teknologian käyttöönottoa on tutkittava laajemmin vastuukysymyksiä koskevaa lainsäädäntöä.

Näin ollen on luotava autonomisten teollisuusrobottien ja palvelurobottien turvallisuutta koskeva temaattinen kehys. Keskeisiä strategisia teemoja ovat 1) teknologian hallinta, 2) sääntely ja hyvä hallintotapa sekä 3) käyttöliittymät ja kokemukset. Tarvitaan entistä laajemmin jaettavaa yhteistä eurooppalaista tietopohjaa, joka koskee älykkyydeltään heikompien järjestelmien (esim. ajoneuvojen ja autojen) turvallisuusmenetelmiä, jotta ne voidaan sovittaa palvelurobotteihin ja autonomisiin robotteihin, jotka ovat tulevaisuudessa paljon "älykkäämpiä".

6 Päätelmät

Historia on osoittanut, että uudet teknologiat eivät vain tarjoa uusia etuja ja mahdollisuuksia vaan aiheuttavat myös uusia kustannuksia ja uhkia. Yleisesti ollaan yhtä mieltä siitä, että muutosten vauhti kiihtyy ja että tulevaisuus muuttuu yhä nopeammin vieraaksi etenkin robotiikan ja keinoälyn alalla, jolla uusia keksintöjä ja innovaatioita esitellään lähes viikoittain. Näiden edistysaskelten etuihin kuuluu

terveyden, mukavuuden, tuottavuuden ja turvallisuuden paraneminen sekä entistä hyödyllisemmän datan, tietojen ja tietämyksen tarjoaminen ihmisille ja organisaatioille. Mahdollisia huonoja puolia ovat yksilöiden yksityisyyteen ja tietosuojaan kohdistuvat haasteet, liialliset odotukset ja teknisen monimutkaisuuden lisääntyminen.

Seuraavilla aloilla tarvitaan entistä laajempaa eurooppalaista yhteistyötä: 1) Robotiikkaa koskevat turvallisuusvaatimukset (vaatimuskokonaisuudet, turvallista toimintaa koskevat normit ja parhaat käytännöt), 2) robottien ergonomiaa koskevat suunnitteluohjeet, 3) menetelmät robottien työterveyteen ja -turvallisuuteen liittyvien sovellusten parantamiseksi, 4) varmentamis- ja todentamistekniikat (menetelmät, joilla testataan vaatimusten ja ohjeiden asianmukaista soveltamista), 5) käyttäjien kokemukset robotiikasta ja suhtautuminen robotiikkaan, 6) koulutusmallit, joiden avulla työntekijöitä koulutetaan työskentelemään robottien kanssa, 7) parhaat sääntelykäytännöt teollisuusrobottien (erityisesti autonomisten robottien) ja palvelurobottien (erityisesti hoiva- ja hyvinvointirobottien) käytön alalla ja 8) teknologiset mahdollisuudet turvallisten järjestelmien luomiseen poistamalla tai vähentämällä robotiikan mahdollisia riskejä.

Tämä tausta-asiakirja perustuu tiivistelmään EU-OSHAn toimeksiantamasta Jari Kaivo-ojan laatimasta artikkelista. Siihen sisältyy tietoja, jotka on saatu viraston koordinoitikeskuksesta Bilbaossa 11. kesäkuuta 2015 pidetyssä [seminaarissa](#).