

## TULEVIKUTÖÖ ÜLEVAADE: ROBOOTIKA

### 1 Sissejuhatus

Masinad on kuulunud inimese ellu väga kaua, kuid alles tööstusrevolutsiooniga muutus nende kasutamine väga tavaliseks. Masinate ja seadmete olulisust mõisteti üldiselt kohe, kuid inimesed reageerisid väga erinevalt: osa nägi masinate ohtu, teised suuri võimalusi. Praeguseks, mil masinad on kõikjal ja toimub üleminek veel keerukamale tehnikale, on olukord sarnane – seekord seoses nutimasinate ja -protsessidega.

Nagu on kirjeldatud allpool, juhatab lausrevolutsioon/-areng sisse ajastu, mil masinad ja seadmed võivad asuda kus tahes – isegi inimkehas – ning robotitest saavad inimese abilised ja pikas perspektiivis töökaaslased.

### 2 Mis on robot?

Ettenähtud kasutusvalade järgi on robotid kas tööstus- või teenindusrobotid.

- Rahvusvahelise Robotikaliidu määratluse järgi on **tööstusrobot** „tööstusautomaatikas kasutatav automaatjuhitav ümberprogrammeeritav ja multifunktsionaalne manipulaator, millel on vähemalt kolm programmeeritavat telge ja mis võivad olla paiksed või teisaldatavad” (määratlus standardis ISO 8373: 1994).
- **Teenindusrobotid** on ette nähtud inimestele toetuse, seltskonna ja hoolduse pakkumiseks, nad jagavad inimestega elukeskkonda ja täidavad ülesandeid teatud määral nutikalt. Teenindusroboteid on kolme liiki: esimesed asendavad inimesi määrivates ja ohtlikes töötingimustes ning korduvates toimingutes, teised töötavad koos inimestega mugavuse suurendamiseks (nt meelelahutuses, eakate abistamisel, patsientide kandmisel) või teevad inimestega koostööd ning kolmandad töötavad inimestel (nt diagnostika, kirurgia, ravi ja taastusravi meditsiinirobotid).

Esimesed robotid ehitati lihtsate tööülesannete jaoks, kuid üha enam on neid hakatud välja töötama ka mõtlemiseks **tehisintellekti** abil.

Tehisintellekti on kaht tüüpi: nõrk ja tugev. Nõrk tehisintellekt tähendab, et masin sõltub konkreetse küsimuse lahendamisel selle jaoks koostatud tarkvarast, mis juhib masina taju või reageerimist. Sellisel masinal ei teki teadvust ja see töötab peamiselt kitsas kasutusvaldkonnas (nt teksti- ja pildituvastus, eksperdisüsteemid ja malearvutid). Tugev tehisintellekt seevastu tähendab hüpoteetilist masinat, mis käitub vähemalt sama osavalt ja paindlikult kui inimene.

Robotite ja nutimasinate suhteline eelis on seotud nende suutlikkusega teha mitmesuguseid liigutusi ning „mõelda” lõputult ja väsimatult. Praegu keskendutakse robotite projekteerimisel nende suutlikkusele järgida teatud mustreid, mistõttu kasutatakse neid mingiks väga konkreetseks otstarbeks. Üsna peatses tulevikus see muutub – robotid suudavad täita eri ülesandeid ning inimesi matkida ja tõlgendada. Osaliselt on võimalikuks tänu robotite ja tehisintellektirakenduste mälumahu tohutule kasvule, mis annab juurdepääsu väga suurtele andmehulkadele ja mida kasutatakse mitmesugusteks ülesanneteks.

### 3 Robotika ulatus ja tulevikuprognosisid

Üldiselt liigub ühiskond infoühiskonnast teadmusühiskonna poole ja teadmusühiskonnast lausteadmusühiskonna poole. Viimases on poliitikakujundajate jaoks olulisim küsimus nutikate ja autonoomsete masinate roll. Tähelepanu tuleb koondada tehnoloogialainetele, nagu digitaliseerimisele, info- ja sidetehnoloogiale ning robotikale, mis on selle uue lausühiskonna arengu kõige tähtsamad elemendid.

Euroopa Liidu 2020. aasta robotikastrateegia kirjeldab praegusi arengusuundumusi nii:

*„Robotitehnoloogia muutub järgmisel kümnendil valitsevaks. See mõjutab igat töö- ja koduelu aspekti. Robotika võib muuta elusid ja töötavasid, suurendada tõhusust ja ohutust, parandada teenuse kvaliteeti ja luua töökohti. Aja jooksul selle mõju suureneb, nagu ka robotite ja inimeste vaheline suhtlus.”*

1960.–1990. aastatel kasutati enamikku roboteid ja robotitehnikat üldiselt ainult tööstuses. Nüüd on robotid saavutamas erakordseid võimeid ja vastupidavust ning robotikal ja tehisintellektil on määratu mõju paljudele sektoritele, näiteks sõjatööstusele, turvateenistustele, tervishoiule, transpordile ja logistikale, klienditeenindusele ja koduhooldusele. Viimasel ajal on oluliselt muutunud teenindusrobotite kasutamine meditsiinis ja hoolduses ning kaugel ei ole ka veelgi suurem autonoomsus ja süsteemide keerukus koos senisest inimesekesksemate rakendusalaadega.

Nüüdses lausmaailmas suhtlevad inimesed üksteisega (inimene inimesega) ja masinad inimestega (inimene masinaga), kuid masinad (sh robotid) suhtlevad ka omavahel (masin masinaga). Masinatevahelises suhtluses osalevate seadmete arv kasvab eeldatavasti üha kiiremini, nii et 2020. aastaks ulatub üksteisega suhelda ja inimestega koostalitleda suutvate nutiseadmete arv ligikaudu 50 miljardini.

Selle teabevahetuse arenguga kaasneb laialdaselt oodatud **asjade internet** – süsteem, mille aluseks on füüsiliste esemete autonoomne teabevahetus. Robotika seondub asjade internetiga mitmeti, mis muudab „vana” võrguühiskonda mitmel viisil. See, kuidas mobiiltelefonid ja kantavad arvutid, sealhulgas tegevust jälgivad rakendused, on saanud igapäevaelu osaks, näitab, et inimesed elavad varsti lausmaailmas, milles kõik seadmed (sh robotid) on täielikult võrku ühendatud. Praeguse asjade interneti revolutsiooni ajal on robotite pidev levik paljudesse argitegevustesse muutnud asjade internetile tuginevad robotitehnika rakendused käegakatsutavaks reaalsuseks.

Tulevikus, robotika arenedes, ilmuvad partner-, abi-, majapidamis-, tervishoiu-, ehitus-, lemmikloom-, kaugkohaloleku- ja mängurobotid. Need robotid matkivad inimeste ja loomade käitumist ning asjade internet ja lausrakendused võimaldavad neil üksteisega suhelda.

Kõik need kvantitatiivsed muutused põhjustavad omakorda kvalitatiivseid muutusi, mida on teema keerukuse tõttu prognoosida peaaegu võimatu. Kiirete andmetöötlussüsteemidega on juba leitud kiirema, usaldusväärsema ja täpsema otsustamise ja tegutsemise võimalusi, kuid samal ajal võivad suurened ka selle kiire arengu ohud ja riskid, näiteks väkkauplemisest tingitud järsud hinnatõusud börsil. Võib-olla on areng liiga kiire? Kas laus- ja muu tehnoloogia järjest kiirem areng võib tekitada majandusele ja ühiskonnale suuremaid riske?

## 4 Robotika ja töö tulevik

Töö tulevikuga seoses on oluline mõelda, kui palju võivad robotid inimtööd asendada või täiendada ja tõhustada. Selline tulevik, kus roboteid töötatakse ikka veel välja peamiselt täiendava rolli jaoks, tekitaks ühiskonnale kõige vähem probleeme, sest inimesed ei peaks robotite ja automaatidega konkureerima ning tavapärased rollid suures osas säiliks. On siiski tõenäoline, et majanduse ja tootlikkuse surve tõttu asendatakse töötajaid ja nende rühmi robotite ja automaatidega. Üldiselt on edaspidi rutiinsete või selgesti määratletud tööülesannetega töökohtadel vaja vähem töötajaid, sest neid hakkavad asendama tööstus- ja teenindusrobotid. Selle tehnilise muutuse tõttu suureneb nõudlus hea väljaõppega töötajate järele ja väheneb nõudlus lihttööliste järele, kellel on tavapärastelt rutiinset kognitiivset ja füüsilist tööülesannet. See keskmiste kutseoskustega töötajate n-õ jalgealuse õõnestamine võib järgmistel aastakümnetel kaotada ligikaudu kolmandiku kõigist praegustest töökohtadest.

See täiendavuse ja asendatavuse dilemma ning töökohtade säilitamise ja tehnikapõhise tööpuuduse tasakaal on poliitikakujundajate, ettevõtjate ja laiema kodanikuühiskonna jaoks suur probleem. Robotitehnika üldisem mõju tööturule, majandusele ja ühiskonnale tõstatab keerulisi sotsiaalseid ja poliitilisi probleeme. Arutelu nutimasinate ning robotitehnika ja laustehnoloogia mõju üle ühiskonnale, majandusele ja tööhõivele on seni olnud üsna passiivne ning vähe on tehtud üksikasjalikke ettepanekuid, kui kaugemale saab arendada robotiseeritud ja automatiseeritud ühiskonda.

Tehnikapõhise tööpuuduse kartus oli olemas juba 19. sajandil, kui Inglismaal protestisid lüdiidid tekstiilitööstuse töökohtade kadumise pärast, sest neid asendas tööstusrevolutsiooni uus tehnika. Samas on hirm, et arenev tehnika võib asendada suure osa inimtööstusest ja tekitada püsiva struktuurse tööpuuduse, osutunud ikka ja jälle asjatuks ning paljude majandusteadlaste meelest on see peaaegu

võimatu. Tegelikult on tehnika areng vähemalt pikas perspektiivis üldiselt tähendanud jõukuse kasvu ja rohkem töökohti ning uude tehnikasse ja teadussaavutustesse on enamasti suhtunud väga positiivselt. Uus robotitehnika ja tehisintellekti ajastu võib siiski tähendada enneolematult suurt muutust; selle võimalikku mõju tööhõivele, töökohtade kadumisele ja majandusele on arutatud väga vähe. Paljud tavapärase majanduse asjatundjad usuvad, et pikas perspektiivis suudavad turumehhanismid jälle probleemid tasakaalustada. Kuid kas see on tõesti alati nii?

## 5 Robotitehnika mõju tööohutusele ja tervishoiule

Nagu eespool kirjeldatud, on robotikauuenduste levimisel töö tulevikule oluline mõju. Robotid võimaldavad säilitada suurte tööjõukuludega riikides mahuka tööstustoodangu. Need võimaldavad ka inimestele üle jõu käivaid tootmistegevusi ja -ülesandeid, näiteks ülisuurte andmehulkade analüüsi, kontrollimist ja muutmist või töötamist liiga rasketes või ohtlikes tingimustes. Peale selle võivad robotid olla lahendus praeguses rahvastiku vananemise olukorras üha süvenevale lihttööliste puudusele – ja nende väärtusele.

Tööohutuse ja tervishoiu seisukohast tekitab robotitehnika levik korraga võimalusi ja ka probleeme.

Robotite laialdasemast kasutamisest tulenev suurim kasu tööohutusele ja tervishoiule on inimeste asendamine ebatervislikes või ohtlikes töötingimustes. Kosmose-, kaitse-, turva- ja tuumasektoris, samuti logistikas ning seadmete hoolduses ja kontrollimisel on autonoomsed robotid eriti kasulikud, asendades määrivate, igavate või ohtlike tööülesannete täitmisel inimesi, välistades töötajate kokkupuute ohtlike ainete ja tingimustega ning vähendades füüsilisi, ergonoomilisi ja psühhosotsiaalseid riske. Juba praegu kasutatakse roboteid näiteks korduvate ja üksluiste ülesannete täitmisel, radioaktiivsete materjalide käitlemisel ning plahvatusohtlikus keskkonnas. Tulevikus täidavad robotid palju muid korduvliigutustega, riskantseid või ebameeldivaid ülesandeid eri sektorites, näiteks põllumajanduses, ehituses, transpordis, tervishoius, tuletõrjes või puhastamisel.

Nendele edusammudele vaatamata on siiski mõningaid oskusi, milles inimesed on teatud aja veel paremad kui masinad, ja küsimus on selles, kuidas inimeste ja robotite oskusi kõige paremini kombineerida. Robotid on paremad täpsust ja korduvliigutusi nõudvates füüsilises töös, kuid inimeste eeliseks on loovus, otsustusvõime, paindlikkus ja kohanemine. See parimate oskuste kombineerimise vajadus on toonud kaasa robotite ja inimeste tihedama koostöö ühistes töökohtades ning uute lähenemisviiside ja standardite väljatöötamise, et tagada inimeste ja robotite koostöö ohutus. Mõnes Euroopa riigis on olemas robotika riiklik tegevuskava, et edendada suurema tootlikkuse nimel robotite ja käitajate ohutut ja paindlikku koostööd – näiteks korraldab Saksamaa föderaalne tööohutuse ja tervishoiu instituut (BAuA) igal aastal inimeste ja robotite koostöö õpikodasid.

Tulevikus robotite ja inimeste koostöö mitmekesisust, robotite autonoomsus suureneb ning inimeste ja robotite koostöö omandab täiesti uued vormid. Praegused lähenemisviisid ja tehnilised standardid, mille eesmärk on kaitsta töötajaid koostööd tegevate robotitega töötamise riski eest, tuleb neid arengusuundumusi arvestades läbi vaadata.

Lahendada tuleb teisigi ilmnevaid autonoomsete robotite kasutuselevõtu ja teenindusrobotikaga seotud tööohutuse ja tervishoiu probleeme.

- Robotika tähtsus uuenduslikus tervishoius ja eakate (sh eakate töötajate) hooldamisel on suur. Robotitehnika on tihedalt seotud proteesi- ja implantaaditehnika arenguga ning mõlemad valdkonnad tuginevad omakorda suuresti neuro- ja infoteadusele. Uusimad saavutused on näiteks aju-arvuti liidesed, närvisüsteemiga ühendatud proteesid, tehisnägemine, IKT-implantaadid ja isegi neurokiibid (mis on siiski alles varases arendusjärgus).

Need ja muud robotikasaavutused võimaldavad välja töötada inimese täiustamise tehnikat, mis lisaks puude kõrvaldamisele täiendab ka tervete inimeste suutlikkust. Näiteks välisskeletid ehk n-õ kantavad robotid parandavad töötajate suutlikkust kanda raskeid esemeid, kuid neid kasutatakse ka taastusravis ja abiseadmetes, mis abistavad puudega inimestel liikumist või tööle naasmist. Inimese täiustamise tehnika kasutuselevõtt seab tervishoiu ja ohutuse juhtimisele uusi nõudeid seoses tekkivate riskide jälgimisega, kuid tõstatab ka uusi õigus- ja eetikaküsimusi.

- Enamikul inimestel ei ole robotitega suhtlemise kogemust, kuid see on muutumas, sest masinate ja inimeste suhtlemine tööl suureneb. Masinatevahelise suhtluse kaudselt mõjust kuigi palju ei teata, kuid see võib olla oluline. Tööstuses ja teeninduses tuleb kehtestada

autonoomsete robotite tegevuse ergonoomika- ja logistikakorralduse uus katsetamiskord ning töötajatele, kes hakkavad neid roboteid programmeerima, käitama, hooldama või nendega töökohta jagama, tuleb pakkuda kohandatud koolitusprogramme.

- Robotitehnika mõjust töötajate ja juhtkonna motivatsioonile ja heaolule kuigi palju ei teata. Robotitehnikaga seotud psühhosotsiaalsetele teguritele tuleb seoses tööohutuse ja töötervishoiuga pöörata rohkem tähelepanu.
- Et eri valdkondades on valmidus erinev, ei ole võimalik anda ühtseid turvalisuse tagamise ja riskijuhtimise suuniseid. Mõnes valdkonnas on turvalisuse ja ohutuse küsimused lahendatud asjatundlikult, kuid mõni robotitehnika rakendus võib olla ohtlikum. Tuleb rohkem analüüsida, milles seisnevad autonoomse robotitehnika riskid ja ohud, eriti põllumajanduses ja toiduainetööstuses ning hoolduses, majapidamises, tootmises, kutseteenustes ja transpordis.
- Arvestades, et kutseteenuste robotika on suhteliselt uus valdkond, ei ole õiguslik vastutus avalikus ruumis toimivate õnnetuste korral selge. Enne tehnika kasutuselevõttu tuleb vastutuse küsimusi rohkem õiguslikult analüüsida.

Seega on vaja teemade kaupa välja töötada autonoomse tööstusrobotika ja teenindusrobotika ohutusraamistik. Strateegilised põhiteemad on 1) tehnoloogiahooldus, 2) õigusloome ja hea haldustava ning 3) kasutajaliidesed ja kogemused. Vaja on laialdasemalt levitatavat Euroopa teadmistebaasi vähem nutikate süsteemide (nt sõiduautod ja muud sõidukid) ohutusmeetodite kohta, et kohendada neid teenindusrobotite ja autonoomsete robotite jaoks, mis on tulevikus palju nutikamad.

## 6 Lõppmärkused

Ajalugu on näidanud, et uue tehnikaga kaasneb peale kasu ja uute võimaluste ka uusi kulusid ja uusi ohte. Üldiselt ollakse üksmeelel, et muutused kiirenevad ja tulevik muutub võõramaks kiiremini, eriti robotika ja tehisintellekti valdkonnas, kus tehakse peaaegu igal nädalal uusi leiutisi ja uuendusi. Valdkonna arenguga kaasnevad näiteks sellised eelised nagu parem tervis, mugavus, tootlikkus ja ohutus ning rohkem kasulikke andmeid, teavet ja teadmisi inimestele ja organisatsioonidele. Võimalikud puudused on eraelu puutumatuse ja andmekaitse probleemid, asjatud ootused ja üha suurem tehniline keerukus.

Tuleb tihendada Euroopa tasemel koostööd järgmistes valdkondades: 1) robotitehnika ohutusnõuded (tehnilised nõuded, ohutu käitamise normid ja parimad tavad), 2) robotitehnika ergonoomika projekteerimissuunised, 3) robotitehnika ohutus- ja tervishoiurakenduste parandamise meetodid, 4) valideerimis- ja kontrollitehnikad (nõuete ja suuniste nõuetekohase täitmise kontrollimise meetodid), 5) kasutajate kogemused ja käitumine robotitehnikaga, 6) haridusmudelid töötajate õpetamiseks töötama robotitega, 7) tööstusrobotika (eelkõige autonoomsete robotite) ja teenindusrobotika valdkonna (eelkõige hooldus- ja heaolurobotite) õigusliku reguleerimise parimad tavad ning 8) tehnilised võimalused ohutute süsteemide loomiseks robotitehnika võimalike riskide kõrvaldamise või vähendamise kaudu.

*See aruteludokument põhineb kokkuvõttel pikemast artiklist, mille tellis Euroopa Tööohutuse ja Töötervishoiu Agentuur dr Jari Kaivo-ojalt, ja sisaldab 11. juunil 2015 Bilbaos toimunud [seminaril](#) agentuuri teabekeskuste võrgustikult saadud andmeid.*