



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

# TÖÖSTUS 4.0 EESTI MASINATÖÖSTUSE ETTEVÕTETE TARNEAHELAS

INDUSTRY 4.0 IN ESTONIAN ENGINEERING INDUSTRY COMPANIES' SUPPLY  
CHAIN

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Seido Kaur

Üliõpilaskood: 176904EALM

Juhendaja: Jelizaveta Janno, PhD

Tallinn, 2019

## AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” ..... 201.....

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“.....” ..... 201.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....” .....201.... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Seido Kaur, 176904EALM  
**Õppekava, peeriala:** EALM02/14 - Logistika  
**Juhendaja:** Tallinna Tehnikaülikooli logistika programmijuht/lektor, Jelizaveta Janno,  
+372 56150393

### Lõputöö teema:

(eesti keel) Tööstus 4.0 Eesti masinatööstuse ettevõtete tarneahelas  
(inglise keeles) Industry 4.0 in Estonian Engineering Industry Companies' Supply Chain

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. Selgitada, millises olukorras on Eesti Masinatööstuse tootmisettevõtete tarneahelad Tööstus 4.0 rakendamisel ning mis tegurid takistavad Tööstus 4.0 tehnoloogiate juurutamist ettevõtte tarneahelas

### Lõputöö etapid ja ajakava:

| Nr | Ülesande kirjeldus  | Tähtaeg |
|----|---|---------|
| 1. | Teoreetilise osa kirjutamine, meetodika ja andmekogumise meetodite valik  | 08.03   |
| 2. | Ekspertintervjuude läbi viimine ja ankeetküsimustiku koostamine           | 01.04   |
| 3. | Metoodika osa kirjutamine ja andmete kogumine ankeetküsimustiku abil      | 30.04   |
| 4. | Ankeetküsimustiku andmete töötlus ja analüüs, empiirilise osa kirjutamine | 07.05   |
| 5. | Eelkaitsmine ning lõputöö kaitsmise avalduse esitamine                    | 13.05   |
| 6. | Lõputöö esitamine ja ettevalmistused lõppkaitsmiseks                      | 27.05   |
| 7. | Ettevalmistused lõputöö kaitsmiseks                                       | 03.06   |

**Töö keel:** Eesti keel

**Lõputöö esitamise tähtaeg:** "27."Mai 2019.a

**Üliõpilane:** Seido Kaur ..... ".....".....201....a  
/allkiri/

**Juhendaja:** Jelizaveta Janno ..... ".....".....201....a  
/allkiri/

# SISUKORD

|  |    |
|--|----|
| EESSÖNA.....   | 5  |
| SISSEJUHATUS .....   | 6  |
| 1. TÖÖSTUS 4.0 JA DIGITALISEERIMINE TARNEAHELAS .....                              | 9  |
| 1.1. Tööstusliku tarneahela areng ja Tööstus 4.0.....                              | 9  |
| 1.1.1. Tööstus 4.0 kontseptsioon .....   | 9  |
| 1.1.2. Tööstus 4.0 küpsusmudel .....   | 13 |
| 1.2. Eesti digitaliseerituse hetkeolukord .....                                    | 15 |
| 1.3. Digitaliseerimise mõju tarneahelale.....                                      | 18 |
| 1.3.1. Tehnoloogiate kasud tarneahelas .....                                       | 21 |
| 1.3.2. Väljakutsed Tööstus 4.0 juurutamisel tarneahelas .....                      | 22 |
| 2. UURINGU KAVANDAMINE .....   | 24 |
| 2.1. Andmete kogumine ja analüüsimetodid .....                                     | 24 |
| 2.1.1. Poolstruktureeritud ekspertintervjuu .....                                  | 24 |
| 2.1.2. Küsimustiku koostamine .....  | 26 |
| 2.1.3. Analüüsi meetodid.....  | 29 |
| 2.2. Uurimisstrateegia .....   | 30 |
| 2.3. Eesti masinatööstus ja varasemad uuringud .....                               | 33 |
| 2.4. Ekspertintervjuude kokkuvõte .....  | 39 |
| 3. MASINATÖÖSTUSE TARNEAHELA DIGITALISEERITUSE UURING .....                        | 43 |
| 3.1. Tulemuste esinduslikkuse hindamine .....                                      | 43 |
| 3.2. Uuringusse kaasatud ettevõtete üldandmed .....                                | 44 |
| 3.3. Tööstus 4.0 rakendamine tarneahelas .....                                     | 46 |
| 3.4. Tulemuste valideerimine .....   | 49 |
| 3.5. Tööstus 4.0 teekaardi mudel Eesti Masinatööstuse ettevõtte tarneahelale ..... | 56 |
| 3.6. Järeldused ja ettepanekud .....   | 63 |
| KOKKUVÕTE .....  | 65 |
| SUMMARY .....  | 67 |
| KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....   | 69 |
| LISAD .....  | 72 |
| LISA 1. Ekspertintervjuu kava .....  | 72 |
| LISA 2. Küsimustik masinatööstuse ettevõtetele .....                               | 74 |
| LISA 3. Tööstus 4.0 ja Logistika 4.0 tähendus ettevõtete jaoks .....               | 78 |

# EESSÕNA

Käesoleva magistritöö teemaks on „Tööstus 4.0 Eesti masinatööstuse ettevõtete tarneahelas“.

Uurimisprobleemina käsitletakse lõputöös asjaolu, et Tööstus 4.0 juurutamine Eesti masinatööstuse tootmisettevõtete tarneahelates võrreldes Euroopaga on aeglane ning puudub teadmine, millised on peamised kitsaskohad Eestis Tööstus 4.0 rakendamisel tarneahelas. Magistritöö eesmärgiks on välja selgitada, millises olukorras on Eesti Masinatööstuse tootmisettevõtete tarneahelad Tööstus 4.0 rakendamisel ning millised tegurid takistavad Tööstus 4.0 tehnoloogiate juurutamist ettevõtete tarneahelas.

Püstitatud eesmärgi saavutamiseks kasutas autor peamiste andmekogumise meetoditena tööstuse digitaliseerimise teemadel tehtud varasemaid uurimusi ning töö käigus läbi viidud ekspertintervjuusid ja ankeetküsimustikku. Andmete võrdlev analüüs kinnitas uurimisprobleemi aktuaalsust ning selgunud kitsaskohtadele tuginedes esitas autor ettepanekud digitaliseerituse taseme tõstmiseks.

Uurimustöö tulemusena loodi Eesti masinatööstuse ettevõtetele tarneahela digitaliseerimise teekaardi mudel, mida saavad kasutada tarneahela protsesside digitaliseerimisel lisaks Eesti masinatööstuse ettevõtetele kogu töötleva tööstuse ettevõtted. Lisaks valminud digitaliseerimise teekaardi mudelile, on töö tulemustest kasu Ettevõtluse Arendamise Sihtasutusele (EAS), Eesti Masinatööstuse Liidule ning töötleva tööstuse ettevõtetele enda tarneahela digitaliseerituse taseme tõstmisel.

Lõputöö valmimise vastu tundsid huvi ning aitasid kaasa Eesti Masinatööstuse Liit ning Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus . Autor soovib eraldi tänu avaldada oma juhendajale ning järgnevatele ekspertidele: Triin Ploompuu, Tauno Otto, Jüri Riives, Kersti Kuusksalu.

Märksõnad: tööstus 4.0, tööstuse digitaliseerimine, Eesti masinatööstus, tarneahel, magistritöö.

## SISSEJUHATUS

Tänapäeva kiirelt muutuv maailmas tuleb pidevalt areneda, sest ilma arenguta ei ole nii ettevõtte, kui ka selle töötaja pikalt konkurentsivõimeline. Kõigest paar sajandit tagasi koos auru- ja veejõul töötavate mehhaaniliste tootmiseseadmete leiutamise saigi alguse esimene tööstusrevolutsioon ja tänaseks räägitakse aktuaalselt neljandast tööstusrevolutsioonist. Tööstus 4.0 (ingl.k *Industry 4.0*) ehk neljas tööstusrevolutsioon pole maailmas veel oma täielikku hiilgust saavutanud, aga juba räägib hulk teadlasi viiendast tööstusrevolutsioonist. [1] Järgmise tööstusrevolutsioonini jõudmiseks ei tohiks ette rutata maailma tööstuse hetkeolukorrast ning kõigepealt tuleb saavutada kõrged nõudmised, mis on määratud neljanda tööstusrevolutsiooni poolt.

Kuigi Tööstus 4.0 ehk protsesside digitaliseerimine ei hõlma ainult tööstusvaldkonda ning on rakendatav ka teistes majandusharudes, siis antud lõputöö kontekstis kasutab autor Tööstus 4.0 terminit tööstussektorile keskendudes. [2] Tööstus 4.0 keskendub peamiselt tööstuse tehnoloogilistele aspektidele koos tööstuse protsesside digitaliseerimise ja automatiseerimisega. Antud terminit tutvustati maailmale esmakordselt 2011. aasta Hannoveri messil Saksamaa valitsuse poolt ning suuresti Saksamaa algatusel sai uus tööstusrevolutsiooni alguse. Maailma suurte tööstusriikide vahel toimub tihe konkurentsivõitlus ja tulenevalt Saksamaa strateegilisest plaanist tööstusvaldkonnas, on sellele järgnenud ka mitmed teised suured tööstusriigid. [1]

Peale Saksamaa Tööstus 4.0 strateegilise plaani teatavaks tegemist on riikide vahel justkui alanud võistlus ning käib pidev võrdlemine, et kui hästi on riigi tööstus suutnud end digitaliseerida. Euroopa Komisjon annab igal aastal välja võrdleva aruande riikide digitaliseerituse tasemest ning 2018. aastal asus Eesti 28 Euroopa riigi arvestuses digitaliseerimist võimaldava indeksi (ingl.k *Digital Transformation Enablers Index; DTEI*) tabelis 15. kohal. Kui üldiselt tuntakse Eestit infotehnoloogia valdkonnas kui innovaatilist riiki, siis tööstuse digitaliseerimises nii edukad ei olda. [3]

Käesoleva magistritöö uurimisprobleemi tingis asjaolu, et Tööstus 4.0 juurutamine Eesti masinatööstuse tootmisettevõtete tarneahelates võrreldes Euroopaga on aeglane ning pole teada, millised on peamised kitsaskohad Tööstus 4.0 rakendamisel tarneahelas. Eelpool toodu on suuresti ajendatud digitaliseerituse taseme võrdlusest Euroopa riikidega ning varasemalt Eestis läbi viidud uuringutest ja tulemused näitavad, et Eesti tööstuse digitaliseerimine on toimunud pigem aeglasel tempos.

Käesoleva lõputöö uurimisküsimused on järgnevad:

1. Milline on Eesti masinatööstuse ettevõtete tarneahela digitaliseerituse tase?
2. Millised on peamised kitsaskohad Tööstus 4.0 rakendamisel tarneahelas?

Tulenevalt uurimisprobleemist on antud magistritöö eesmärgiks välja selgitada, millises olukorras on Eesti Masinatööstuse tootmisettevõtete tarneahelad Tööstus 4.0 rakendamisel ning millised tegurid takistavad Tööstus 4.0 tehnoloogiate juurutamist ettevõtte tarneahelas. Ettevõtte edukaks toimimiseks peab ettevõtte tarneahel olema hoolikalt planeeritud ja oskuslikult juhitud. Selleks, et ettevõtte tarneahel toimiks võimalikult efektiivselt, on palju kasu Tööstus 4.0 rakendatavatest tehnoloogiatest ning on põhjust arvata, et järgneva kümne aasta jooksul on üks tarneahela valdkonna võtmeküsimusi digitaliseerimine, sest just nende tehnoloogiate abil on võimalik tegevusi tarneahelas oskuslikult ning efektiivselt planeerida ja juhtida.

Eesti masinatööstus moodustab olulise osa kogu Eesti töötlevast tööstusest. Statistikaameti andmetel tegutseb Eesti masinatööstuse sektoris ligikaudu 2000 ettevõtet ning töötab ligikaudu 34 000 inimest. Sektori kogutoodangust enamus eksporditakse ning arvestades Eesti riigi suurust võrreldes teiste Euroopa riikidega või maailmaga, siis pole kahtlustki, et edukaks saamiseks tuleb Eesti ettevõtetel palju keskenduda oma toodangu ekspordile. [4] [5]

Tööstuse digitaliseerimise teemadel on tehtud nii Eestis, kui mujal maailmas erinevaid uurimustöid, kuid tarneahelale keskenduvaid uurimustöid on kajastatud vähe. Huvi Tööstus 4.0 temaatikal ja Eesti masinatööstust kajastava uurimuse kirjutamiseks näitasid üles Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus ja Eesti Masinatööstuse Liit. Töö tulemustest võib olla kasu mõlemale organisatsioonile oma edasiste tegevuste planeerimisel ning masinatööstuse ja töötleva tööstuse ettevõtetele.

Lõputöös seatud uurimisprobleemi lahendamiseks ning püstitatud eesmärgini jõudmiseks plaanib autor kasutada kvalitatiivset ülevaateuurimust ning sellest tulenevalt on planeerinud järgnevad tegevused:

1. Uurimisprobleemiga seotud teoreetilise kirjandusega tutvumine;
2. Varasemate uuringutega tutvumine;
3. Poolstruktureeritud ekspertintervjuude läbiviimine;
4. Internetikeskkonnas läbiviidava küsimustiku koostamine ning andmete kogumine;
5. Varasemate uuringute, ekspertintervjuude ja küsimustiku tulemuste töötlus ja analüüs;
6. Autori poolt kogutud andmete võrdlus varasemate uuringutega;
7. Tööstus 4.0 teekaardi mudeli loomine Eesti Masinatööstuse ettevõtte tarneahelale.

Järgnev lõputöö on jaotatud kolmeks osaks. Esimeses peatükis annab autor teoreetilise ülevaate Tööstus 4.0 kontseptsioonist, kasutatavatest tehnoloogiatest, Eesti digitaliseerituse hetkeolukorrast, võimalustest ja takistustest Tööstus 4.0 juurutamisel tarneahelas. Töö teises osas keskendub autor uurimustöö läbiviimise meetoditele, Eesti masinatööstusele, varasematele uuringutele ning läbi viidud ekspertintervjuude objektiivsele arvamusele Eesti masinatööstuse digitaliseeritusest. Lõputöö kolmandas osas esitab autor läbiviidud küsimustiku tulemusi, teostab nende analüüsi ja võrdluse varasemalt teostatud uuringute ning ekspertintervjuudega. Tulemustele tuginedes koostab autor Tööstus 4.0 teekaardi mudeli Eesti Masinatööstuse ettevõtte tarneahelale, mis aitab ettevõtet tarneahela digitaliseerimisel ning tulemustest tulenevad järeldused ja ettepanekud.

Antud töö kirjutamisel olid suureks abiks Eesti Masinatööstuse Liit ja Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus. Autor soovib tänada eelmainitud organisatsioone ning töö valmimisele kaasa aidanud eksperte Jüri Riivest ja Tauno Ottot, Eesti Masinatööstuse Liidust Triin Ploompuud ja EAS'ist Kersti Kuusksalu.

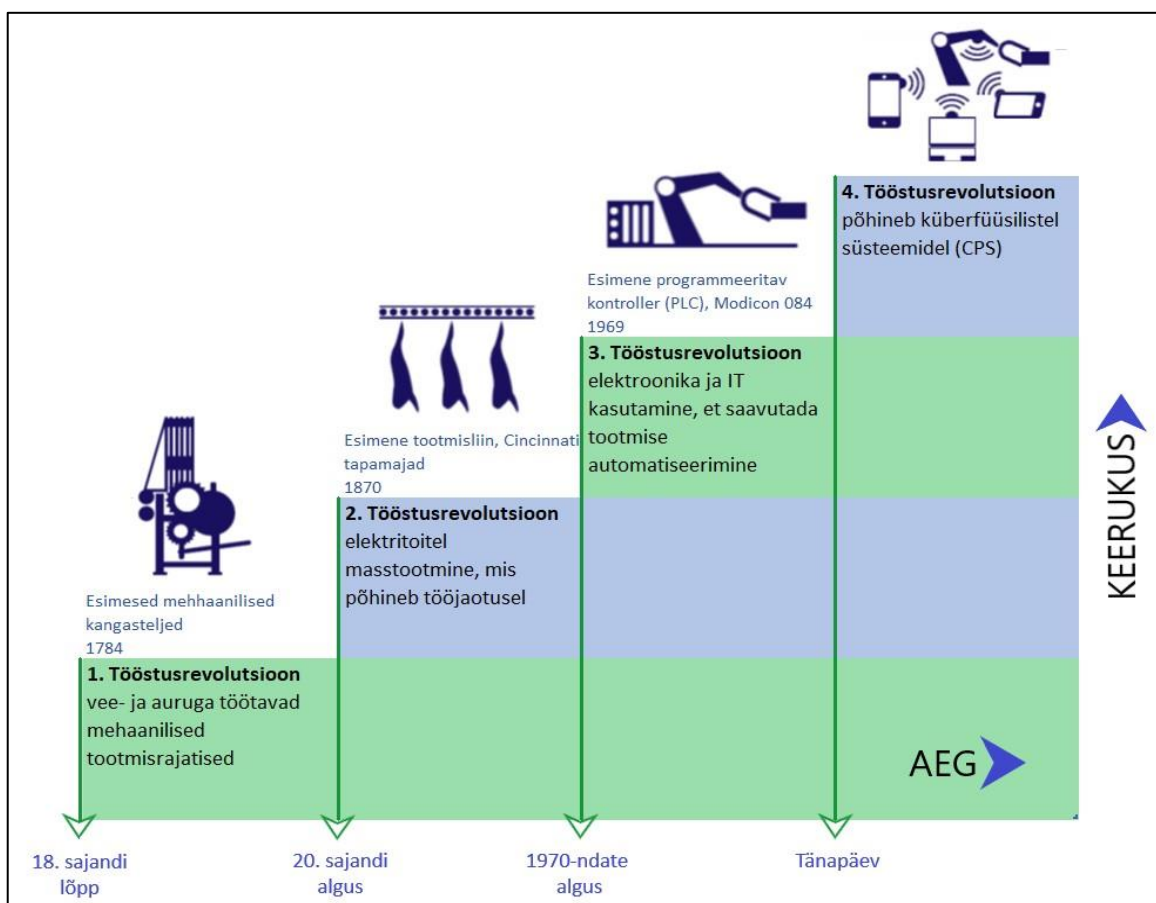


# 1. TÖÖSTUS 4.0 JA DIGITALISEERIMINE TARNEAHELAS

## 1.1. Tööstusliku tarneahela areng ja Tööstus 4.0

### 1.1.1. Tööstus 4.0 kontseptsioon

Jõudmaks tänapäeva tööstuses kasutatavate protsesside ja tehnoloogiateni, on tööstus viimaste sajandite jooksul teinud läbi suure arengu. Antud lõputöö on suunitletud Eesti masinatööstusele, kuid töö teoreetiliselt osas keskendub autor tervele töötlevale tööstusele, sest masinatööstus on osa sellest ning teoreetilisest lähtepunktist ei ole Tööstus 4.0 kontseptsiooni osas erinevusi. Alloleval joonisel (Joonis 1.1) on kujutatud tööstuse arengu etapid läbi tööstusrevolutsioonide ning tootmist mõjutavad verstepostid, mis tööstuslikele revolutsioonidele tuge andsid.



Joonis 1.1 Tööstuse arengu etapid

Allikas: [6]; autori poolt kohandatud

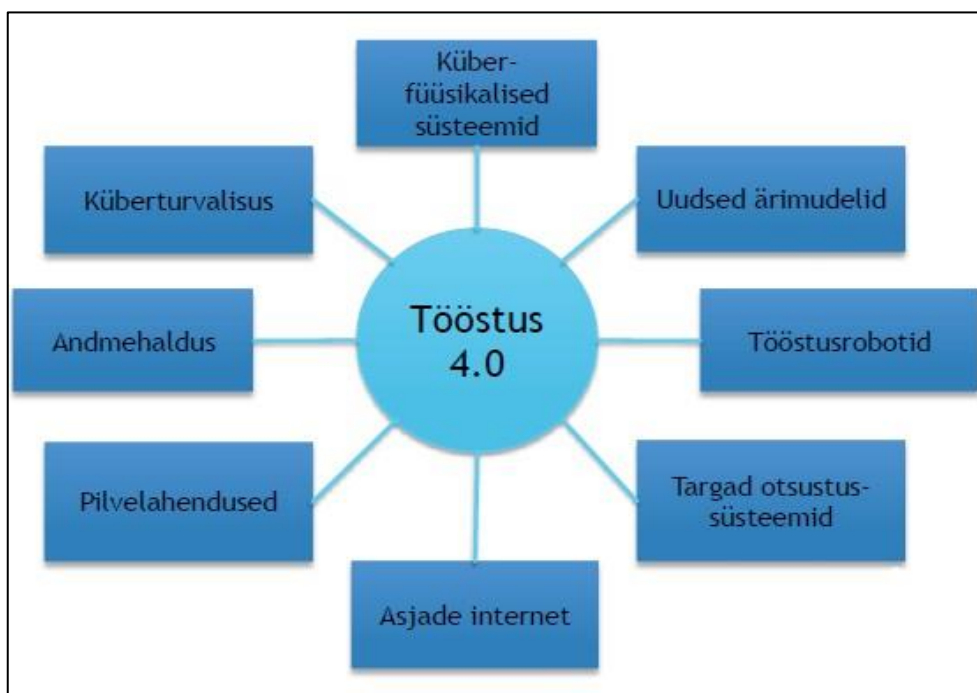
Tööstuse arengu alguseks peetakse esimest tööstusrevolutsiooni 18. sajandi lõpus Suurbritannias, mis tutvustas maailmale esimesi hüdraulikal ja aurul töötavaid mehaanilisi masinaid. Üheks esimestest rakendusalaadest eelnimetatud masinatele oli tekstiilitööstus koos mehaaniliste kangastelgedega. Teist tööstusliku pöört tuli maailmal oodata ligikaudu 100 aastat ja 20. sajandi alguses andis tööstusrevolutsioonile tõuke elektrienergia võidukäik. Revolutsiooniks peeti esimesi elektritoitel tootmisliine, mida loetakse masstootmise alguseks. Lisaks masstootmise algusele tõi teine tööstusrevolutsioon endaga kaasa tööjaotusel põhineva tootmise ehk tootmine jagati tootmisprotsesside järgi eraldi osadeks. Kolmas tööstusrevolutsioon leidis aset 1970-ndatel ning kujutas endast elektroonika ja infotehnoloogia vahelist koostööd. Antud koostöö lõi võimalused tootmise automatiseerimiseks. Esimeseks tootmist automatiseerivaks lahenduseks oli programmeeritav kontrolleri (ingl, *Programmable Logic Controller, PLC*). [1] Neljandat ja käimasolevat tööstusrevolutsiooni ei tulnud maailmal oodata pikalt ning Tööstus 4.0 nime saanud tööstusrevolutsioon põhineb küber-füüsikalistel süsteemidel, mis loovad võimaluse masinate omavaheliseks suhtluseks. Masinate omavaheline suhtlus võimaldab automatiseerimise taset tõsta ning suurendada tootmise efektiivsust. [6] Võib täheldada, et tööstusrevolutsiooni arenedes muutub tootmine järjest keerukamaks ning iga tööstusrevolutsiooniga on vähenenud aeg uue tööstusrevolutsiooni tekkimiseks. Sellises tempos edasi liikudes võime näha sel sajandil juba järgnevat tööstusrevolutsiooni. Hetkel on paljud ettevõtted juurutamas veel kolmanda tööstusrevolutsiooni tööriistu enda tootmises ning uute tööstusrevolutsioonide tekkega tuleb silmas pidada üldist töötleva tööstuse ettevõtete arengu taset. Sellegipoolest on järjest rohkem edukaid näiteid ettevõtetest, kes on suutnud astuda sammu neljanda tööstusrevolutsiooni ehk Tööstus 4.0 juurutamise suunas.

Tootmisettevõtted kogu maailmas seisavad silmitsi märkimisväärsete väljakutsetega, mis seisnevad keskkonna, ühiskonna, majanduslike ja tehnoloogiliste arengutega toime tulemisel. Selleks, et väljakutsed edukalt läbida, peavad tootmisettevõtted olema suutlikud haldama kogu väärtusahelat kiirelt ja nõuete kohaselt. Ettevõtted vajavad virtuaalset ja füüsilist struktuuri, mis võimaldavad teha tihedat koostööd ja kiirelt kohaneda tootearendusest kuni tootmise ja jaotuseni. Praegust tootmistehnoloogiat iseloomustab kõige paremini tootlikkuse ja efektiivsuse suurendamine ning sellele suunavad tootmisettevõtted hetkel oma põhifookuse. Kuigi siinkohal tuleb arvesse võtta, et põhifookus tootlikkuse ja efektiivsuse suurendamisel leiab aset pigem üksiku ettevõtte tasemel ja mitte kogu tarneahela suhtes. [7]

Terminit Tööstus 4.0 (ingl. k *Industry 4.0*) kasutati esmakordselt 2011. aasta Hannoveri messil, kus Saksamaa valitsus sellele viitas ning 2013. aastal avaldas Saksamaa valitsus strateegilise plaani Tööstus 4.0 rakendamise kohta. See konkreetne tegevus avaldas olulist mõju maailmale ning pani aluse neljandale tööstusrevolutsioonile. [1] [8]

Tööstus 4.0 ehk tööstuse digitaliseerimine ja automatiseerimine toimub küber-füüsikaliste süsteemide (ingl.k *Cyber-Physical System; CPS*) tootmise omaduste alusel, mis põhineb eelkõige heterogeensetel andmetel ja teadmiste integreerimisel. CPS-i põhilised funktsioonid on seotud tootmise agiilsete ja dünaamiliste nõudmiste täitmise ning kogu tööstuse efektiivsuse parandamisega. Tööstus 4.0 hõlmab väga mitmeid erinevaid tänapäeva tehnoloogiaid, nagu näiteks raadiosagedustuvastus (ingl.k *Radio-Frequency Identification; RFID*), ettevõtte ressursside juhtimist (ingl.k *Enterprise Resource Planning; ERP*), asjade interneti (ing.k *Internet of Things, IoT*), pilvandmetöötlust (ingl.k *Cloud computing*) ja sotsiaalsete toodete arendamist. [9]

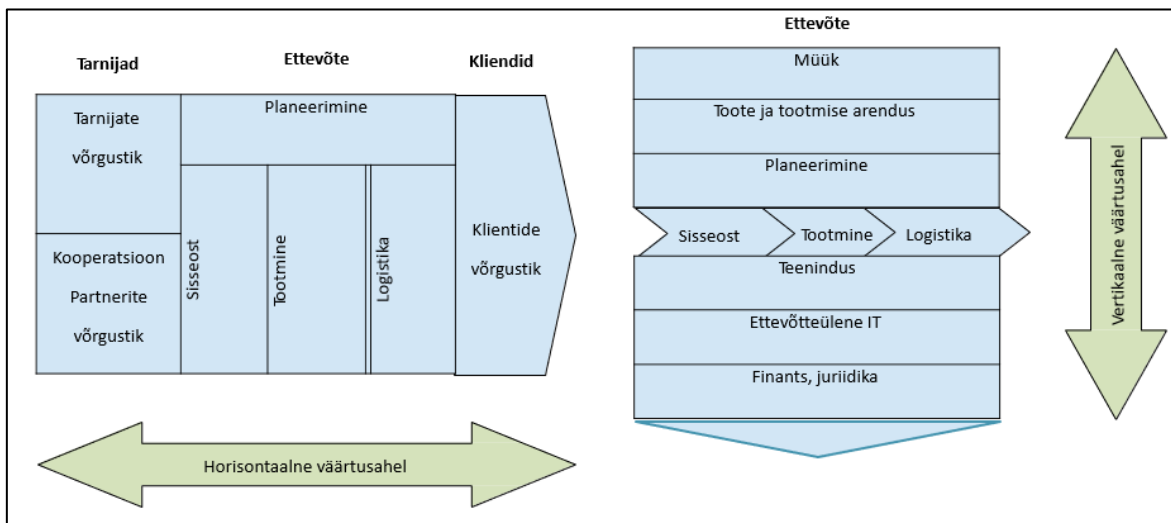
Alloleval joonisel (Joonis 1.2) on täiendavalt selgitatud Tööstus 4.0 põhilisi osasid. Tööstus 4.0 hõlmab küber-füüsikalisi süsteeme, uudseid ärimudeleid, tööstusroboteid, tarkasid otsustussüsteeme, asjade interneti, pilvelahendusi, andmehaldust ning küberturvalisust. [10] Selleks, et rakendada kõiki Tööstus 4.0 osasid, on vaja ettevõttes läbi viia muutusi ning omanda mitmeid uusi oskusi kõrgtehnoloogiliste lahenduste rakendamiseks.



Joonis 1.2 Tööstus 4.0 osad

Allikas: [10]

Teadlased ja praktikud on aastakümneid näinud märkimisväärset efektiivsuse kasvu tootmisprotsesside digitaalses integratsioonis, mis peab toimuma ettevõttes horisontaalsel ja vertikaalsel väärtusahela tasandil. Alloleval joonisel (Joonis 1.3) on välja toodud horisontaalne tasand, mis hõlmab väärtusahelat ja vertikaalne tasand, mis omakorda hõlmab tehnoloogilisi võimalusi. Täielikult integreeritud ja võrku ühendatud tehased, masinad ja tooted suudavad tegutseda arukalt ja osaliselt iseseisvalt nõudes selleks minimaalset inimfaktori osalust. [7]



Joonis 1.3 Ettevõtte horisontaalne ja vertikaalne väärtusahel

Allikas: [10]

Tööstus 4.0 eesmärkideks on saavutada kõrgem tootmisprotsesside efektiivsus ja tootlikkus ning automatiseerimise tase. Viis peamist omadust Tööstus 4.0 puhul on digitaliseerimine, optimeerimine ja tootmise kohandamine; automatiseerimine ja kohandamine; inimese ja masina interaktsioon; lisandväärtusega teenused ja ettevõtted; automaatne andmevahetus ja side. Eelnimetatud funktsioonid on seotud interneti tehnoloogiate ja täiustatud algoritmidega, kuid samas näitavad ka seda, et Tööstus 4.0 on samuti ka väärtuse lisamise ja teadmiste haldamise tööstuslik protsess. [9]

Digitaalse tehnoloogia edusammud on toonud kaasa rohkem kliendikeskse, personaalsema ja reageerimisvõimelisema tarneahela ning selle digitaliseerimine on võimaldanud ettevõtetel olla koostöövõimelisem ja samal ajal ka tõhusam. Traditsioonilised tarneahelad aga kannatavad tavaliselt õigeaegse ja korrektse informatsiooni puuduse käes ning sageli ei suudeta tulla toime nõudluse kõikumise, ressursside puudumise ja ootamatute loodusõnnetustega. Lisaks eelnevale, suurendab logistiliste operatsioonide puhul allhanke kasutamine ettevõtete vahelist

koordineerimise vajadust ja probleemsete olukordade tekkimist transpordis, laohalduses, kaupade käitlemises ja infovahetuses. [11]

Tööstus 4.0 üheks osaks on Logistika 4.0, mis hõlmab endas viite peamist funktsionaalset valdkonda ning nendeks on andmete kogumine ja töötlemine; abisüsteemid; võrgusüsteemide loomine ja integreerimine; detsentraliseerimine ja teenuste orienteeritus; autonoomsus. [12] Logistika 4.0 mõjutab põhilisi logistika osasid nagu transport, laondus, materjali haldus, tarneahela struktuur ja infovoog ning selle keskkonna iseloomustamiseks saab kasutada järgnevat näiteid [11]:

- Reaalajas suurandmete (ingl.k *Big Data*) analüüsimise abil on võimalik näha sõidukite, toodete ja rajatiste paiknemist, et leida kõige optimaalsem marsruut materjalide ja toodete transpordiks.
- Kiire ja nõudlusele vastav tootmine võimaldab vähendada toodete ladustamise vajadust.
- Ladudes aitavad autonoomsed robotid ja sõidukid koos jälgimis- ja otsustussüsteemidega hoida kontrolli varude üle.
- Reaalajas informatsiooni vahetamine erinevate osapoolte vahel eemaldab traditsioonilised logistilised barjäärid, mis võimaldavad vähendada piitsaplaksu (ingl.k *bullwhip*) efekti.
- Nutikad tooted ja pilvelahendusega võrk hoiavad infovoo tervena.

Ülal toodud näited toovad välja asjaolu, et Logistika 4.0 kontseptsioon sisaldab endas Tööstus 4.0 kontseptsioonile iseloomulikke jooni ning Logistika 4.0 on kitsamas kontekstis Tööstus 4.0 osa, mis on suunitletud tarneahela ja logistika digitaliseerimisele. Näited toovad välja need olulised punktid, mille poole tuleb tootmisettevõtetel püüelda tarneahela digitaliseerimisega alustamisel ja tarneahela pikaajalise strateegia kujundamisel.

### **1.1.2. Tööstus 4.0 küpsusmudel**

Selleks, et mõõta Tööstus 4.0 valmisolekut ettevõttes, on teadlased ja juurutamise teenust pakkuvad ettevõtted loonud mitmeid küpsusmudeleid. Peamiselt töötavad mudelid otseste konsultatsioonide põhimõttel ettevõtetega või internetiküsimustiku raames. Peale konsultatsiooni või küsimustiku täitmist saab ettevõtte teada konkreetse tulemuse, mis näitab ettevõtte hetketaset tööstuse digitaliseerimisel. Selliseid mudeleid on loodud ka Logistika 4.0 kohta, aga antud terminid on veel vähe uuritud ning võrreldes Tööstus 4.0 küpsusmudelite võimalustega jääb Logistika 4.0 küpsusmudelite arv väheseks.

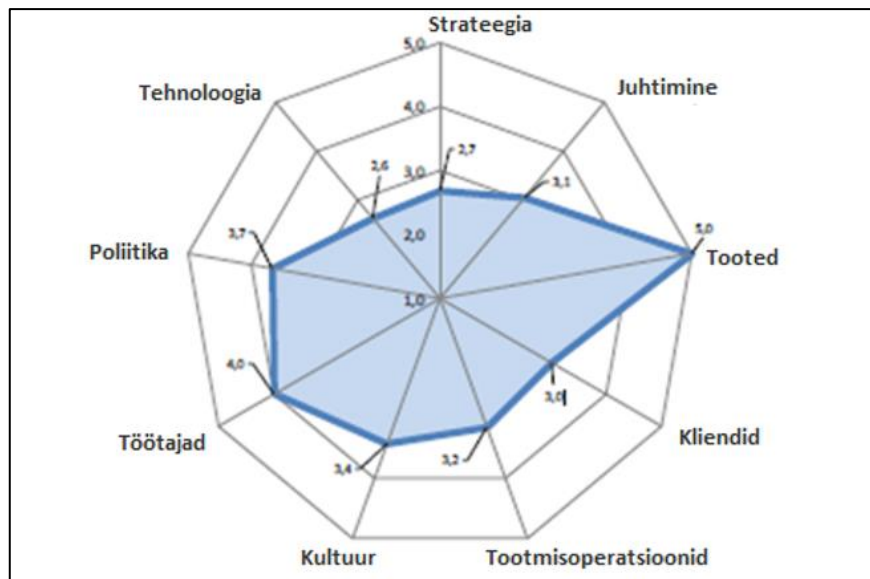
Lähtuvalt autori poolt valitud küpsusmodeli teoreetilisele käsitlusele, koosneb Tööstus 4.0 küpsusmodel erinevatest mõõdikutest ning alljärgnevalt esitab autor need tabelis (Tabel 1.1). Küpsusmodelisse kuulub üheksa mõõdikut ning digitaliseerimise taset mõõdetakse kõigi mõõdikute lõikes. Konsultatsioon või enesehindamise küsimustik on üles ehitatud vastavalt mõõdikutele ning küsimused koostatud selliselt, et saada antud mõõdiku kohta objektiivne tulemus. [7]

Tabel 1.1 Tööstus 4.0 küpsusmodeli osad

Allikas: [7]; autori poolt kohandatud

| Küpsusmodeli mõõdik  | Küpsusmõõdiku sisu  |
|----------------------|---|
| Strateegia           | Tööstus 4.0 rakendamise teekaart, olemasolevad ressursid teostamiseks, ärimudelite kohandamine                        |
| Juhtimine            | Juhtide valmisolek, juhtide pädevus ja meetodid, Tööstus 4.0 keske koordineerimise olemasolu                          |
| Kliendid             | Klientide andmete kasutamine, müügi ja teenuste digitaliseerimine, kliendi digitaalse meedia kompetents               |
| Tooted               | Toodete individualiseerimine, toodete digitaliseerimine, toodete integreerimine teistesse süsteemidesse               |
| Tootmisoperatsioonid | Protsesside detsentraliseerimine, modelleerimine ja simuleerimine, interdistsiplinaarsus, osakondade vaheline koostöö |
| Kultuur              | Teadmiste jagamine, innovaatus ja ettevõtete vaheline koostöö, infotehnoloogia väärtustamine ettevõttes               |
| Töötajad             | Infotehnoloogia kompetentsid, töötajate vastuvõtlikkus uue tehnoloogia osas, töötajate autonoomsus                    |
| Poliitika            | Töösuhete regulatsioon, tehnoloogiliste standardite sobivus, intellektuaalse omandi kaitse                            |
| Tehnoloogia          | Kaasaegse infotehnoloogia olemasolu, mobiilsete seadmete kasutamine, masinate vaheline suhtlus                        |

Alloleval joonisel (Joonis 1.4) on näitena toodud võrkdiagramm Tööstus 4.0 küpsusmodelist. Ettevõtte puhul hinnatakse eelpool tabelis nimetatud mõõdikuid, millele antakse arvuline väärtus vastavalt konsultatsiooni või küsimustiku tulemustele. Võrkdiagrammilt on visuaalselt näha, millisele valdkonnale peaksid ettevõtted rohkem tähelepanu pöörama digitaliseerimise arengu kontekstis. Joonisel toodud näitest on näha, et ettevõttes on digitaliseerimise tase kõrge toodete valdkonnas, mis hõlmab toodete individualiseerimist, digitaliseerimist ja toodete integreerimist teiste süsteemidega. [Ibid]



Joonis 1.4 Tööstus 4.0 küpsusmodeli näide

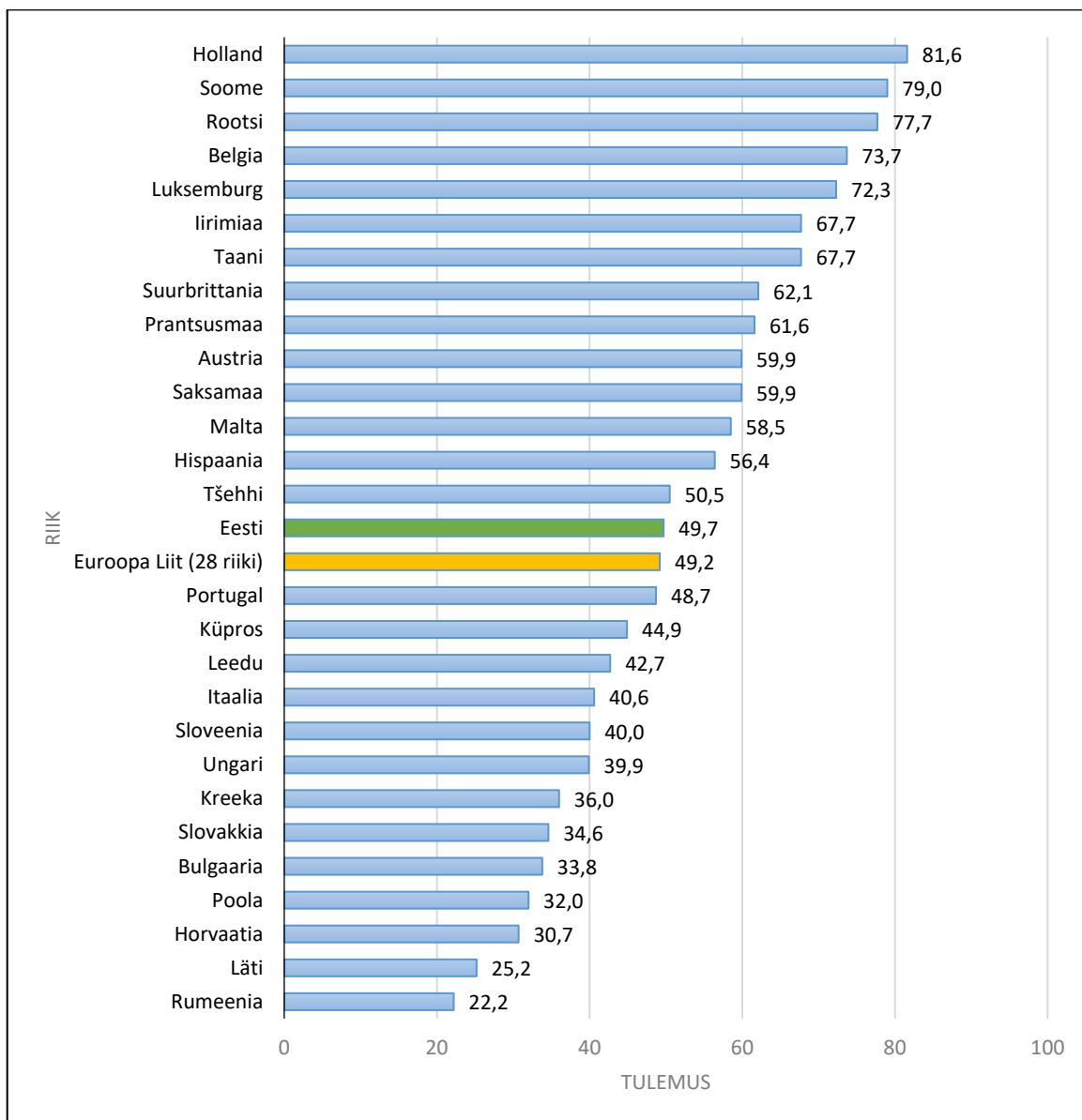
Allikas: [7]; autori poolt kohandatud

Küpsusmodeli analüüsi käigus tuleb peamiselt keskenduda nõrgema tulemuse saanud mõõdikutele ehk antud näite puhul kõige nõrgema tulemuse saanud strateegia ja tehnoloogia mõõdikutele. Eelpool toodud näite põhjal võib öelda, et ettevõtte peab tööstuse digitaliseerimisel võtma sihiks strateegia ja tehnoloogia valdkonna ning prioritseerima antud valdkondi, et saavutada võrdne digitaliseerituse tase võrreldes teiste mõõdikutega. Konsultatsiooni või enesehindamise küsimustiku täitmist tuleb korrata peale perioodi, kus ettevõttes on digitaliseerimise osas rakendatud uuendusi ning võrdlema tulemust varasema küpsusmodeli omaga. [Ibid]

## 1.2. Eesti digitaliseerituse hetkeolukord

Digitaliseerimise hetkeolukorra kirjeldamiseks Eestis toob autor alljärgnevalt välja Eesti digitaliseerimist iseloomustavad allikad. Üheks digitaliseerimise taseme välja selgitamise võimaluseks on tutvuda Euroopa Komisjoni poolt igal aastal välja antava Digitaalsete Muutuste Tulemustabeliga (ingl.k *Digital Transformation Scoreboard*), kus on toodud Euroopa digitaalarengu olukord ning iga liikmesriigi kohta kokkuvõtte nende tugevustest ja nõrkustest digitaliseerimise valdkonnas. Alloleval joonisel (Joonis 1.5) kajastatud 2018. aasta aruande tulemustest selgus, et Eesti asub Euroopa riikidega (28 riiki) võrdluses digitaliseerimist võimaldava indeksi (ingl.k *Digital Transformation Enablers Index; DTEI*) tabelis 15. kohal. Selle tulemusega kuulub Eesti Euroopa keskmiste hulka ning ületab oma tulemusega napilt Euroopa keskmise. Indeksi tulemus kujuneb

riigi digitaliseerimise väljavaateid arvestades ning igale riigile antakse skoor (0 kuni 100). Kui üldiselt tuntakse Eestit digitaliseerimise teemade valdkonnas kui üht arenenumat riiki, siis tööstuse digitaliseerimises Eesti nii eesrindlik ei ole.



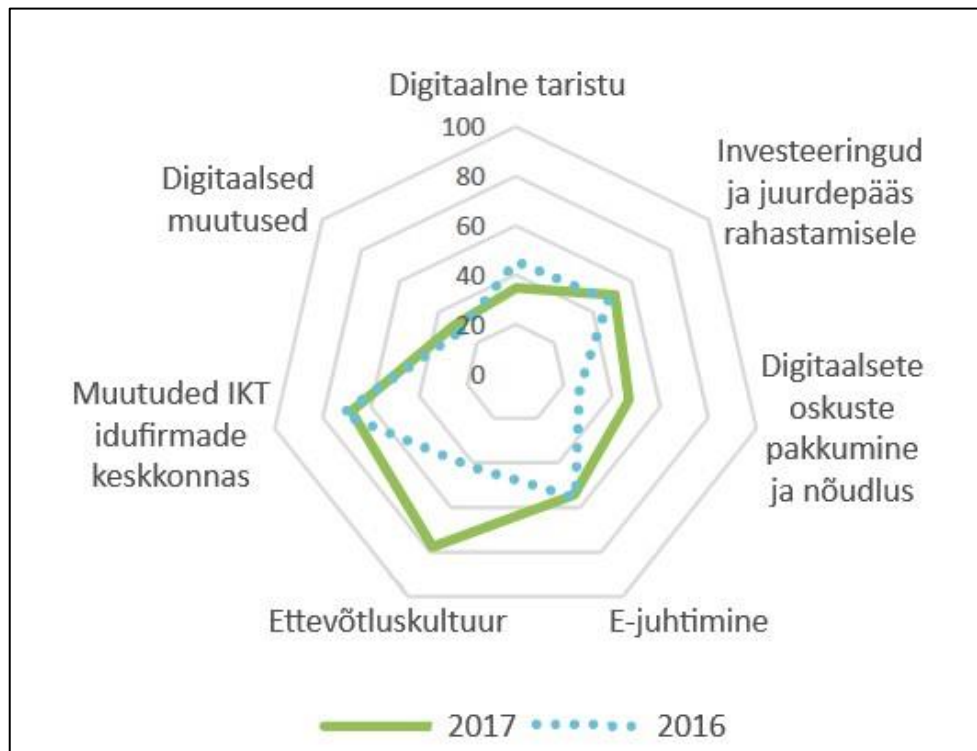
Joonis 1.5 Euroopa Komisjoni 2018. aasta aruanne: Digitaliseerimist võimaldav indeks (DTEI)

Allikas: [3]; autori poolt kohandatud

Alloleval joonisel (Joonis 1.6) on esitatud Euroopa Komisjoni aruandest väljavõtte Eesti riigi digitaalsest küpsusest erinevates valdkondades. Eesti tugevustena saab välja tuua IKT (Info- ja kommunikatsioonitehnoloogia) idufirmad ja seda seetõttu, et Eestis on IKT valdkonnas kõrge tööhõive ning IKT sektor annab olulise osa Eesti sisemajanduse koguprodukti (SKP). Teise tugevusena saab välja tuua heal tasemel ettevõtluskultuuri. Nõrkustena on aruandes Eesti kohta



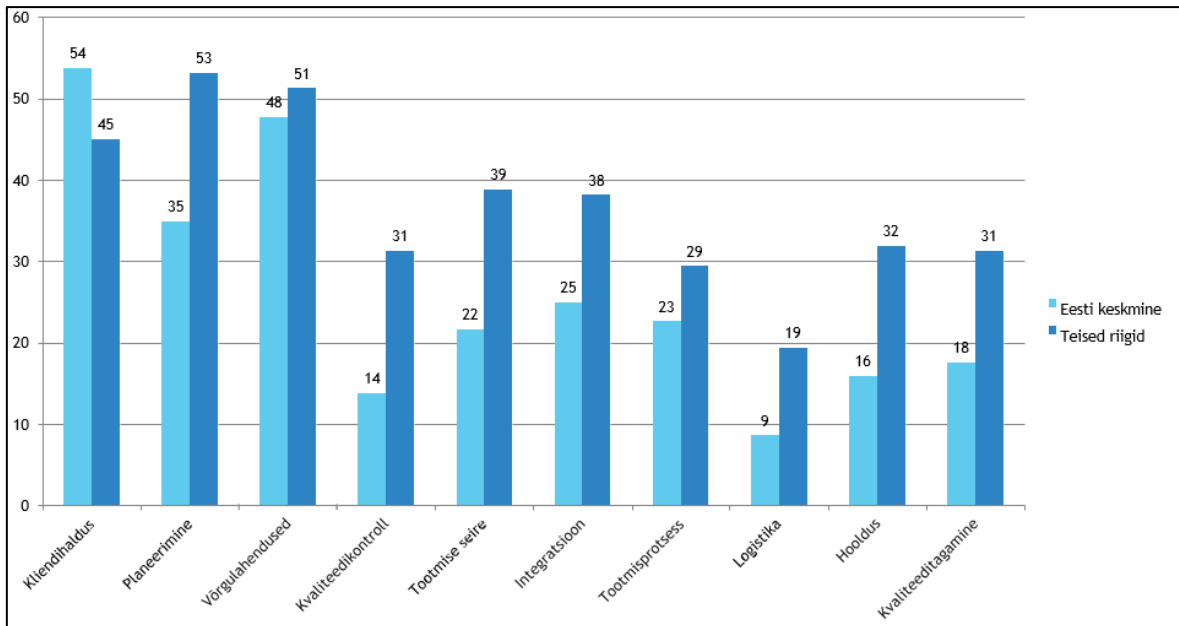
välja toodud digitaalsete muutuste ja taristu valdkond ning probleem oskusliku tööjõu leidmisel. Üldiselt hinnatakse Eesti digitaliseerituse taset ebaühtlaseks. [Ibid]



Joonis 1.6 Eesti digitaliseerimise küpsusmudel

Allikas: [3]; autori poolt kohandatud

Eestis 2019. aastal toimunud Äripäeva konverentsil „Tark Tööstus: Kuidas maailmaga sammu pidada?“ esines ettekandega IMECC OÜ juhatuse liige Tõnu Lelumees ning tema ettekandes oli kajastatud Eesti tase protsesside digitaliseerituse kohta. Alloleval joonisel (Joonis 1.7) on välja toodud antud ettekandes esitatud graafik Eesti digitaliseerituse tasemest protsesside lõikes. Tulemustest selgub, et kui välja arvata kliendihalduse protsess, siis on Eesti tase võrreldes teiste riikidega kõikides protsessides madalam. [10]



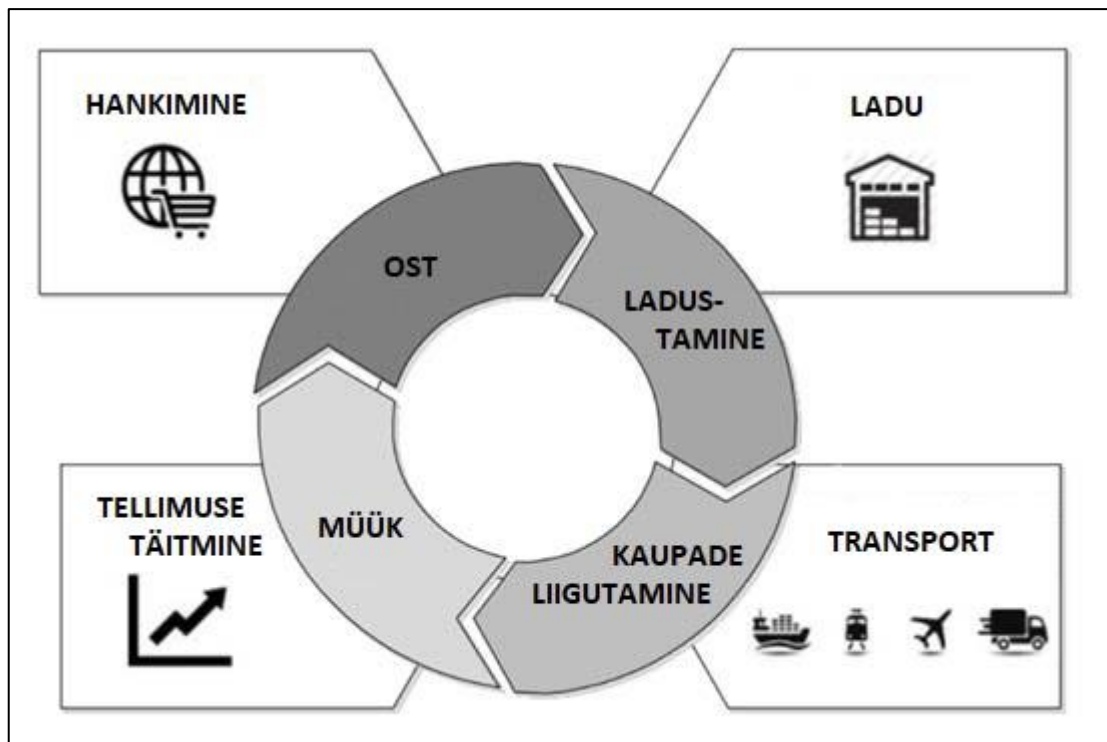
Joonis 1.7 Protsesside digitaliseerituse tase Eestis

Allikas: [10]

Protsesside digitaliseerituse taseme võrdlusest on näha, et kõige madalam on protsessi digitaliseerimise tase logistika protsessis, mis antud töö suunitlust tarneahela valdkonnas arvestades rõhutab uurimisprobleemi aktuaalsust. Vaadeldes ka teisi protsesse, siis on tasemes maha jäämine oluliselt märgatav (v.a kliendihaldus). [10] Arvestades Eesti kuvandit innovaatilistest riigist, siis eelnevalt kajastatud kahe allika tulemustest selgub, et digitaliseerimise tase võrreldes teiste riikidega on nõrk.

### 1.3. Digitaliseerimise mõju tarneahelale

Sõltumata tööstussektoritest on koostöö tarneahela erinevate funktsioonide vahel äärmiselt oluline. Sõltuvalt äritegevuse liigist ja lõpptootest või klientidele osutatud teenusest, võivad need funktsioonid olla siiski erinevad. Kõikide tarneahela protsesside integreerimine ja koordineerimine on otsustava tähtsusega, et tagada protsesside vastavus pakkumisele ja nõudlusele. Alloleval joonisel (Joonis 1.8) on kujutatud neli tarneahela põhilist funktsiooni, mis on omavahel ühendatud kaupade liigutamisest müügineni ja ostmisest kaupade ladustamiseni. Iga funktsiooni jaoks on vajalik luua vastavad tulemusmõõdikud (ingl.k *Key Performance Indicator, KPI*), et saada arvilisi ning mõõdetavaid tulemusi võrdlemaks olukorda aja jooksul tehtud muutustega ning selle alusel vastu võtta otsuseid. [13]



Joonis 1.8 Tarneahela funktsioonid

Allikas: [13]; autori poolt kohandatud

Jooniselt (Joonis 1.8) on võimalik tuvastada, et tarneahela alla kuuluvat tootmisfunktsiooni sealt ei leia ja seda põhjusel, et Tööstus 4.0 keskendub peamiselt tootmisele ning käesoleva alapeatüki kontekstis autor selle käsitlemist eraldi vajalikuks ei pea. Sellegipoolest tuleb välja tuua, et tootmisfunktsiooni sisenditeks on toorained, ressursid, tehnoloogiad ning vajalik teave, mis on vajalikud kliendinõudluse täitmiseks. [Ibid]

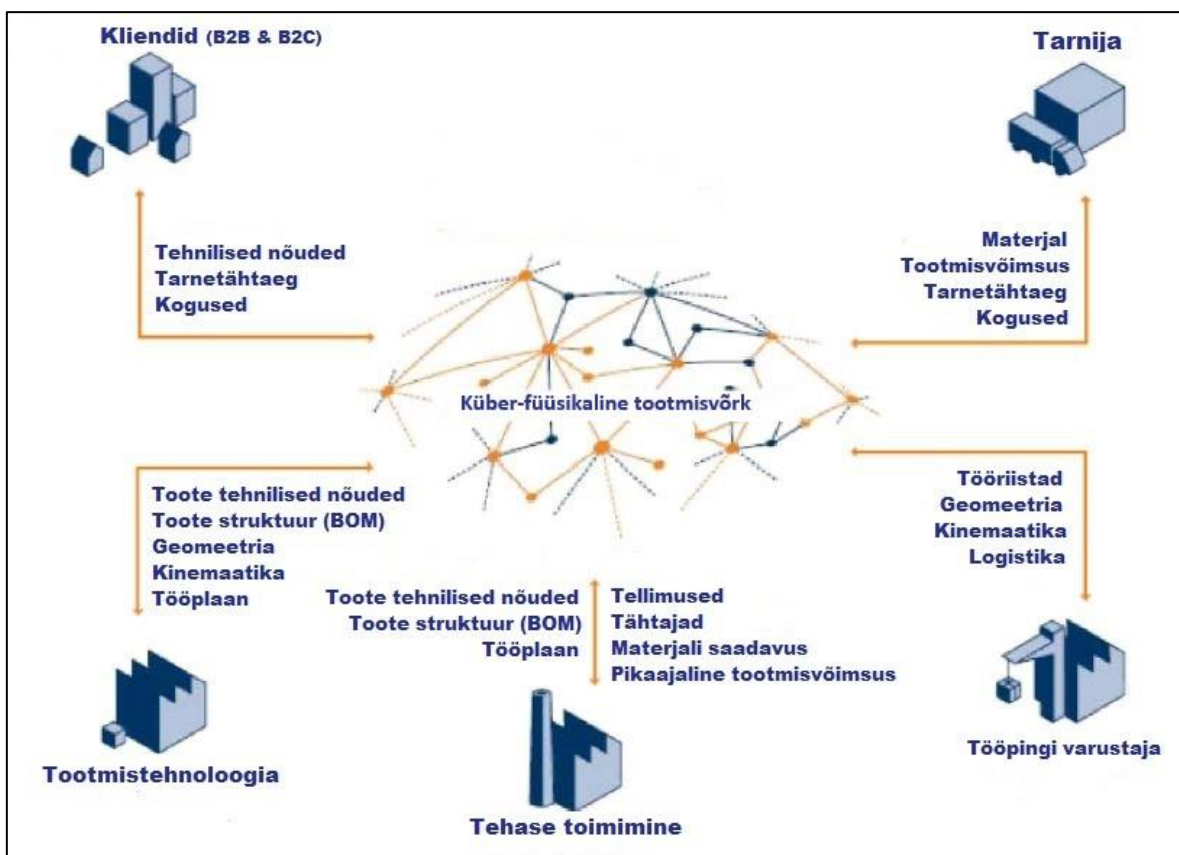
Ostmine hõlmab endas peamiselt hanketegevusi. See on funktsioon, mis vastutab kõikide protsesside eest, mis on vajalikud kaupade ja teenuste sisseostuks tarnijatelt. Eelnimetatud funktsiooni tulemusmõõdikuteks võivad olla näiteks tooraine kvaliteet, tagasilükatud tellimuste arv, teenuse tase, tellimuste täpsus jne. [Ibid]

Ladustamise funktsioon, eriti varude haldamine, on viimaste aastakümnete jooksul läbi teinud suure arengu just lühenenud toote elutsükli ja nõudluse kõikumise näol. Eelnimetatud funktsiooni tulemusmõõdikutena võib kasutada näiteks veoauto laadimisaega, kaupade vastuvõtu täpsust, tööaega tellimuse täitmise kohta, tööaega tellimuse üleskorjest kuni väljasaatmiseni. [Ibid]

Kaupade liigutamine arvatakse olevat peamiselt transpordilooistikosa, sest siis toimub kaupade transport. Funktsioon vastutab kaupade tarne ja transpordi eest lähtekohast sihtpunkti ning seda kokkulepitud ajavahemikus. Tulemusmõõdikutena võib antud funktsiooni puhul kasutada näiteks

transpordivahendi kaubaruumi täituvust, transpordiks kuluvat aega, saadetise jälgitavust, õigeaegset kauba pealekorjet, õigeaegset kauba kohaletoometamist (ingl.k *on time delivery, OTD*). [Ibid]

Müük tagab tellimuste täitmise kokkulepitud ajakava ja tingimuste kohaselt. Antud tarneahela funktsioon sõltub kõige rohkem teiste tarneahela funktsioonide edukusest, sest müügifunktsioon on peamises suhtluses kliendiga ning täidetud tellimuse kvaliteet avaldab otsest mõju müügiosakonna tööle ning kogu ettevõtte kasumlikkusele. Efektive tellimuste täitmise juhtimine võimaldab ettevõttel suurendada turuosa ning samas hoida olemasolevaid kliente. Eelnimetatud funktsiooni tulemusmõõdikuteks võivad olla toote kättesaadavus, kliendi rahuolu, reageerimisaeg, turustamisaeg. [Ibid]



Joonis 1.9 Küber-füüsikaline tootmisvõrk tarneahelas

Allikas: [14]; autori poolt kohandatud

Ülevalpool oleval joonisel (Joonis 1.9) on esitatud küber-füüsikaline tootmisvõrk tarneahelas, mis visualiseerib erinevate tarneahela osade integreerimist. Küber-füüsikalist tootmisvõrku iseloomustavad asukohast sõltumatud tegevused, laiaulatuslik integratsioon, automatiseeritud

tegevused ning võimekus reageerida kiirelt kliendi nõudlusele. Tootmisvõrgu erinevad osad on vastastikuselt sõltuvuses ning nende vahel toimub pidev andmevahetus. [14]

### 1.3.1. Tehnoloogiate kasud tarneahelas

Selleks, et digitaliseerida protsesse tarneahelas, on vajalik teada võimalusi ja tehnoloogiaid, mille abil on digitaliseerimine võimalik. Järgnevas alapeatükis toob autor välja peamised tehnoloogilised võimalused ja vahendid, mille rakendamisel nähakse tulemust liikumaks efektiivsema tarneahela suunas. Lisaks eelnevale kirjeldab autor tarneahela osades tekkivad võimalikke kasutegureid, mis omavad Tööstus 4.0 kontseptsioonist lähtuvalt kõige enam mõju ettevõtte tarneahelale.

Tööstus 4.0 rakendamise esimene kasutegur on seotud tarneahela huvipoolte integreeritusega. See tähendab eelkõige seda, et kõik tarneahelas osalevad üksused jagavad omavahel teavet. Samuti muutuvad tihedamaks ettevõtete vahelised ärisuhted. Teise kasutegurina võib tuua välja, et tänu Tööstus 4.0 rakendamisele on võimalik ettevõtetel paremini kohaneda keskkonnast ja protsessidest tulenevate muutustega. Näiteks võimaldab Tööstus 4.0 eriotstarbelist lähenemist toote disaini, planeerimise, tootmise ja viimase hetke muutuste osas. Isegi väikesed partiid saavad seetõttu olla kasumlikud. Sellest tulenevalt on ka tootmine paindlikum ning on võimalik kiiresti kohaneda klientide muutuvate nõudmistega ning teha vastavad muudatused ettevõtte tootmises. Järgmise kasutegurina võib välja tuua, et Tööstus 4.0 rakendamine võimaldab suurendada protsesside läbipaistvust. Nimelt aitab terviklik vaade kõikidest tarnevõrgu osadest näha tarneahela osapoolte omavahelist seotust ja seetõttu võimaldab langetada paremini otsuseid. [15]

Üheks Tööstus 4.0 kasuteguriks on ressursside efektiivsus. Digitaliseerimise tööriistad nagu näiteks küber-füüsikalised süsteemid (CPS) ja suurandmete (*Big data*) analüüs võimaldavad tootmisprotsesse optimeerida. Süsteemi kohandamine tootmises on võimalik igal ajal ja selleks peab kasutama reaajas kuvatavaid andmeid. Kui ettevõtte protsessid on läbipaistvad, siis võimaldab see paremat tootmise planeerimist ja paindlikumat reageerimist tarneahela muutustele. [Ibid]

Tööstus 4.0 tehnoloogiate abil automatiseerimine tekitab olukorra, kus rutiinseid tööülesandeid täidavad masinad ning töötajad saavad keskenduda kommunikatiivsetele ja loomingulistele

väärtust lisavatele ülesannetele. Lisaks reaalaaja andmetele on vajalikud klientide andmed, mis tähendab, et ettevõtte otsuseid on võimalik teha juhituna kliendiandmetest ja need otsused on seega usaldusväärsemad ning organisatsioon suudab muutustele kiiremini reageerida. Masinõppe (ingl.k *machine learning*) ja tehisintellekti (ingl.k *Artificial Intelligence, AI*) koostöö võimaldavad kliendi andmete efektiivset hankimist ilma inimese poolse sekkumiseta. Eeltoodud Tööstus 4.0 kasutegurite rakendamisel on võimalik saavutada oluline kliendirahulolu kasv. [Ibid]

### 1.3.2. Väljakutsed Tööstus 4.0 juurutamisel tarneahelas

Et tuvastada väljakutseid, mis ootavad ees ettevõtteid Tööstus 4.0 juurutamisel tarneahelas, viisid India teadlased Sunil Luthra ja Sachin Kumar Mangla läbi uuringu ning järgnevalt esitab autor antud uuringus tuvastatud väljakutsed. Uurimistöö käigus selgusid 18 erinevat Tööstus 4.0 väljakutset tarneahelas ning need jaotati nelja kategooriasse. Uurimustöö põhiselt tekkinud väljakutsete kategooriateks on organisatsiooniline, õiguslikud ja eetilised, strateegiline ja tehnoloogilised väljakutsed. Allpool esitab autor tabelis (Tabel 1.2) Tööstus 4.0 väljakutsed vastavalt eelpool kirjeldatule kategooriatele. [16]

Tabel 1.2. Tööstus 4.0 väljakutsed tarneahelas

Allikas: [16]; autori poolt koostatud

| Kategooria                          | Väljakutse  |
|-------------------------------------|---|
| Organisatsioonilised väljakutsed    | Finantsilised piirangud<br>Madal juhtkonna tugi ja pühendumus<br>Vastumeelne käitumine Tööstus 4.0 suhtes<br>Ettevõtte puudulik digitaliseerimise visioon ja missioon<br>Puudulikud teadmised uute ärimudelite kohandamisel<br>Vähene teadlikkus Tööstus 4.0 mõjudest |
| Õiguslikud ja eetilised väljakutsed | Seadusandlikud probleemid<br>Koostöö ja koordineerimise probleem<br>Turvalisuse probleemid<br>Profiilide koostamise ja keerukuse küsimused  |
| Strateegilised väljakutsed          | Valitsuse toetuse ja poliitika puudumine<br>Puudulik teadus- ja arendustegevus Tööstus 4.0 juurutamisel<br>Digitaalsete investeeringute ebaselge majanduslik kasu<br>Puudulik digitaalne kultuur  |
| Tehnoloogilised väljakutsed         | Puudulikud globaalsed standardid ja andme jagamise protokollid<br>Olemasolevate andmete halb kvaliteet<br>Integreeritud tehnoloogiaplatformide puudus<br>Infrastruktuuri ja internetivõrkude puudus   |

Eelpool tabelis esitatud väljakutsed tuvastasid Sunil Luthra ja Sachin Kumar Mangla erinevate teaduslike allikate analüüsi käigu ning autori arvates kattuvad antud väljakutsed suurel määral ka Eesti tööstuse tarneahela väljakutsetega. [16] Eestit loetakse digitaalselt arenenud riigiks ning välja toodud väljakutsetest ei kohandu autori arvates Eesti tööstusele puudulik digitaalne kultuur ning infrastruktuuri ja internetivõrkude puudus. [17]

Teoreetiline osa kinnitab, et Tööstus 4.0 rakendamiseks ettevõttes on mitmeid tehnoloogiaid ning nende rakendamine esitab ettevõtetele arvukalt väljakutseid. Arvukad väljakutsed aga muudavad digitaliseerimise protsessi keerulisemaks ning seetõttu ei jõua protsesside digitaliseerimiseni paljud ettevõtted. Eesti ettevõtete protsesside digitaliseerimise taseme võrdlusest teiste riikidega tuli välja, et protsesside digitaliseerituse tase Eesti ettevõtetes on madalam ning töö järgnevas osas kasutatavate andmete abil selgitab autor, mis on Eesti ettevõtete digitaliseerituse hetketaseme taga ning mis kitsaskohad taseme tõstmist peamiselt takistavad.

## 2. UURINGU KAVANDAMINE

### 2.1. Andmete kogumine ja analüüsimeetodid

Uuringu kavandamise esimeses alapeatükis kirjeldab autor töö eesmärgini jõudmiseks vajalike andmete kogumise viise ning kasutatud analüüsimeetodeid. Käesolev lõputöö koosneb kolmest andmekogumise meetodist: varasemad uuringud, poolstruktureeritud ekspertintervjuud ja ankeetküsimustik. Viimased kaks meetodit nõudsid autorilt suuremat pühendumist ning nende kohta toob autor käesoleva alapeatüki jooksul välja peamised kriteeriumid.

#### 2.1.1. Poolstruktureeritud ekspertintervjuu

Uurimustööle objektiivse hinnangu saamiseks viis autor läbi kaks poolstruktureeritud ekspertintervjuud Tööstus 4.0 valdkonna tuntud ekspertidega. Ekspertintervjuud viis autor läbi vahetult enne ankeetküsimustikuga andmete kogumisega alustamist ja seda selleks, et saada ankeetküsimustiku andmete kogumiseks mõeldud küsimuste jaoks kinnitust nende asjakohasusest.

Intervjuu üheks eeliseks teiste andmekogumise meetodite ees on paindlikkus ning võimalus andmekogumist vastavalt olukorrale ja vastajale reguleerida. Käsitlevate teemade järjekorda intervjuus on võimalik varieerida ning samuti on vastuste tõlgendamiseks rohkem võimalusi. Valik andmete kogumiseks intervjuumeetodit kasutades tehakse peamiselt [18]:

- soovitakse rõhutada, et uurimisolukorras tuleb inimest näha subjektina;
- uurimuse teemaks on vähe uuritud, tundmatu valdkond;
- tulemused soovitakse paigutada laiemasse konteksti;
- kui on teada, et uurimuse teema kohta on oodata erinevaid vastuseid;
- soovitakse saadaid vastuseid täpsustada;
- soovitakse saada põhjalikku teavet.

Struktuuri alusel jagunevad uurimuslikud intervjuud kolme rühma [18]:

- struktureeritud intervjuu ehk ankeetintervjuu;
- poolstruktureeritud ehk osaliselt struktureeritud intervjuu;
- struktureerimata ehk avatud intervjuu.



Läbi viidud intervjuude jaoks pidas autor probleemi lahendamiseks sobivaimaks intervjuuliigiks poolstruktureeritud intervjuud. Antud intervjuu liik jääb oma olemuselt struktureeritud ja struktureerimata intervjuuliigi vahele, sest ühest küljest kasutatakse varem koostatud intervjuu läbiviimise kava, aga teisest küljest võib osaliselt struktureeritud intervjuu läbiviimisel muuta küsimuste järjekorda ja küsida täpsustavaid küsimusi. [19]

Selleks, et saada objektiivne ülevaade Eesti Masinatööstuse olukorrast Tööstus 4.0 rakendamisel ja alustada andmete kogumisega, viis autor läbi kaks poolstruktureeritud ekspertintervjuud valdkonna ekspertidega. Antud lähenemine sai valitud selleks, et kinnitada töö aktuaalsust ja probleemi olemasolu. Samuti oli üheks ekspertintervjuude läbiviimise eesmärgiks saada sisend andmete kogumiseks mõeldud küsimustiku välja töötamisele.

Intervjuude läbi viimiseks tuli autoril kõigepealt seada eesmärgid, mida intervjuude käigus saavutada planeeris. Autoril puudus eelnevalt teaduslike tööde jaoks läbi viidavate intervjuude kogemus ja seetõttu tutvus autor kõigepealt erinevate intervjuu läbiviimise liikidega ja valis selle põhjal sobivaimaks intervjuu vormiks poolstruktureeritud intervjuu. Poolstruktureeritud intervjuu kasutamise kasuks otsustas autor seetõttu, et autor soovis kasutada intervjuukava ehk eelnevalt ette valmistatud küsimustikku, aga samas jätta ka võimalus intervjuu muutmiseks vastavalt intervjuu käigule. Enne intervjuude toimumist, tuli autoril koostada intervjuukava, mida on võimalik näha lõputöö lisas (Lisa 1). Kava koostamiseks tutvus autor eelnevalt erialase teadusliku kirjandusega, Eesti Masinatööstuse kohta läbi viidud varasemate uuringutega ja veebikeskkonna teemaveebides avaldatud sisuga.

Koos intervjuukava välja töötamisega tegi autor valiku sobilike ekspertide osas, kellega intervjuu läbi viia. Antud töö kontekstis on eksperdiks isik, kes on laialdaselt kokku puutunud tootmisvaldkonna arengu ja selle arendamisega. Eksperdi kvalifitseerimiseks lähtus autor eelkõige akadeemilisest taustast ja varasematest kogemustest Tööstus 4.0 valdkonnas. Selleks, et tuvastada eksperdid Tööstus 4.0 valdkonnas, uuris autor erinevaid valdkonda puudutavaid artikleid ning konverentse, kus valdkonna eksperdid oma ettekannetega on esinenud. Peale erinevate valdkonnaga seotud artiklitega ja konverentsi ettekannetega tutvumist tegi autor valiku esitada intervjuu läbi viimise soov kolmele valdkonna eksperdile. Kõik valitud eksperdid on töötleva tööstuse ja selle digitaliseerimise valdkonnas tuntud ning lisaks põhjalikele teadmistele on esinenud erinevatel Tööstus 4.0 temaatikat puudutavatel konverentsidel. Peale ekspertidega kontakteerumist elektroonkirja vahendusel, sai autor intervjuude läbi viimiseks nõusoleku kahelt valitud eksperdilt. Kolmanda eksperdiga kahjuks ühendust ei õnnestunud saada ja arvestades, et

autoril oli kahe eksperdi nõusolek olemas, siis ei otsinud autor asendusvalikut, sest kahe eksperdi arvamusest piisas intervjuuga soovitud eesmärkide saavutamiseks.

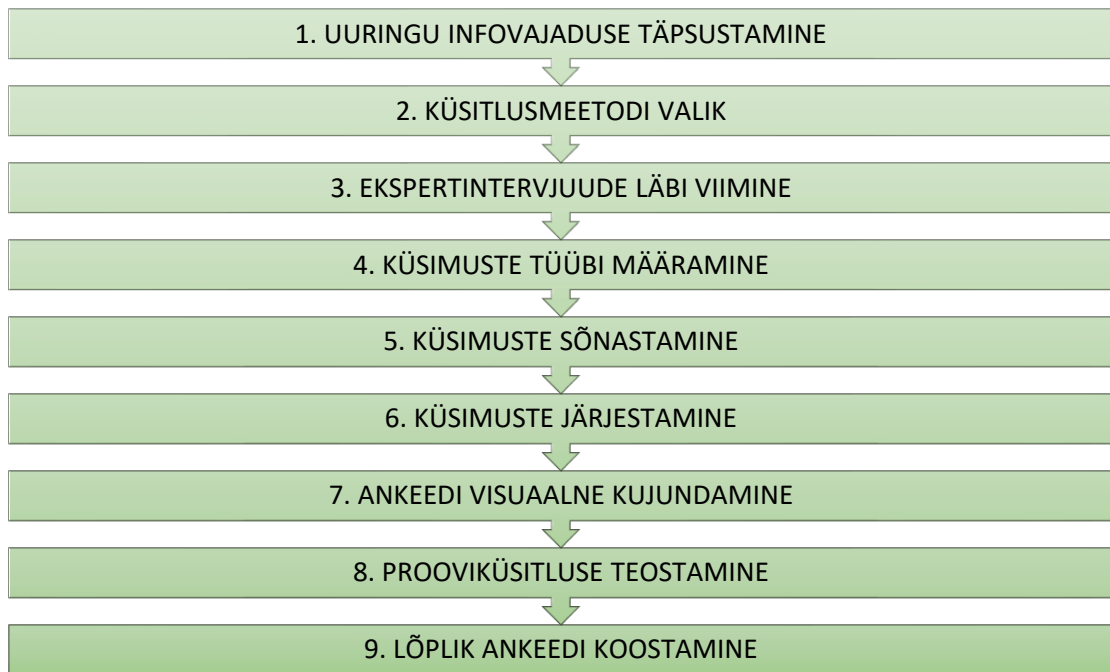
### **2.1.2. Küsimustiku koostamine**

Lisaks poolstruktureeritud intervjuudele oli teiseks andmekogumise meetodiks antud lõputöö kontekstis ankeetküsimustik. Küsitlusmeetodi kasutamisel uuringus on määravaks ankeetküsimustiku asjatundlik koostamine. Küsimustiku ülesehitus peab kindlustama võimalikult täiusliku teabe uurimisprobleemis püstitatud infovajadustele. Ankeedi koostamine eeldab põhjalikku tööd eelnevates uuringuetappides ning on neile loogiliseks jätkuks. Teisalt on vaja küsimustik koostada nii, et see võimaldaks efektiivselt kasutada soovitud andmekogumis-, andmetöötlemis- ja andmeanalüüsi meetodeid. [20]

Küsitlusuuringute eeliseks peetakse asjaolu, et nende abil saab koguda suure andmestiku. Kui küsimustik on koostatud hoolikalt ja põhjalikult, saab andmeid kiiresti talletada ning analüüsida. Küsitlusel on ka lisaks paljudele eelistele puudusi. Peamisteks puudusteks küsitluste puhul on [18]:

- ei ole võimalik kontrollida, kui tõsiselt vastajad uurimusse suhtuvad;
- pole selge, kas küsimusi on valesti mõistetud;
- pole teada, kas vastajad on kõnealuse valdkonnaga kursis või selles kogunud;
- küsimustiku koostamine nõuab ajalist ressursi ning eeldab uurija mitmekülgseid teadmisi valdkonnast;
- vastamata jäänud küsimuste hulk võib kujuneda üsnagi suureks.

Ankeetküsimustiku koostamisel läbis autor mitmed etapid, mis on välja toodud alloleval joonisel (Joonis 2.1). Selleks, et kinnitada asjakohaste ning eesmärgi saavutamist toetavate küsimuste koostamise, viis autor läbi 2 poolstruktureeritud ekspertintervjuud.



Joonis 2.1 Ankeetküsimustiku koostamise etapid

Allikas: [20]; autori poolt kohandatud

Kuigi vastamist mõjutab eelkõige uurimuse teema, annab suure eelise ka ankeedi läbimõeldud koostamine ja küsimuste hoolikas kavandamine. Küsimusi võib esitada mitmeti ning tavaliselt kasutatakse kolme tüüpi küsimusi [18]:

1. Avatud küsimused, kus esitatakse ainult küsimus ning jäetakse tühi koht vastuse kirjutamiseks.
2. Valikvastustega küsimused, kus uurija on koostanud nummerdatud vastusevariandid, mille hulgas vastaja tähistab risti või ringiga kas ühe vastusevariandi või mitu vastusevarianti vastavalt talle antud juhtnööridele.
3. Astmestikel ehk skaaladel põhinev küsimustüüp, kus esitatakse erineva tugevusastmega väited, milles vastaja valib endale sobivaima.

Autor koostas veebikeskkonnas täidetava küsimustiku *Google Forms* keskkonnas ning küsimused koosnesid avatud ja valikvastustega küsimustest. Küsimustikuga on võimalik tutvuda käesoleva lõputöö lisas (Lisa 2). Uuritud kirjanduse ja intervjuude põhjal kujunes küsimustiku mahuks 20 küsimust, mida sai teemade järgi jagada kaheks. Esimese küsimustiku osa moodustasid küsimused masinatööstuse valdkonnas tegutseva ettevõtte üldandmetest ning ettevõtte üldisest Tööstus 4.0 ja Logistika 4.0 teadlikkusest. Teise teemablokki kuulusid küsimused, mille eesmärgiks oli välja selgitada peamised juurpõhjused, miks on Tööstus 4.0 valdkonna areng Eesti masinatööstuse valdkonnas tegutsevates ettevõtetes olnud aeglane. Kuna uuringu temaatika on seotud ettevõtte

tarneahelaga, siis peamiselt oli küsitlus suunitletud ettevõtte tarneahela juhtimisest ülevaadet omavatele töötajatele. Peamiste vastajatena nägi autor ettevõtte tegevjuhte, tarneahela juhte, ostujuhte ja logistikajuhte ning valimi koostamisel eelmainitud juhtide otseseid kontakte autor leida püüdis. Selleks, et vastajad saaksid küsimustiku tulemuste kohta tagasisidet, lisas autor küsimustiku lõppu vastajatele võimaluse lisada oma elektronposti aadress, kuhu autor saadab tulemused peale küsimustiku sulgemist ja andmete analüüsi.

Selleks, et alustada andmete kogumist ankeetküsimustiku abil, oli autoril vaja koostada valim Eesti masinatööstuse valdkonnas tegutsevatest ettevõtetest ja leida vastuste kogumiseks õiged kanalid. Autoril oli teada, et üldkogumisse ehk Eesti masinatööstusesse kuulub ligikaudu 2000 ettevõtet. Valimi koostamiseks küsis autor nõu erinevatelt Eesti masinatööstusega seotud osapooltelt ning vastavalt soovitudele koosnes suurem osa valimist Eesti Masinatööstuse Liidu liikmetest. Seda just seetõttu, et Eesti Masinatööstuse Liidu veebilehelt oli võimalik saada masinatööstuse ettevõtete kontakte küsimustikule vastamiseks kutse saatmisel. [21] Lisaks eelpoolmainitud veebilehele, kasutas autor Äripäeva Infopanka, sest antud veebisaidilt oli võimalik otsida ettevõtteid nende tegevusvaldkonna järgi. [22] Kombineerides kahte valimi koostamise allikat, kujunes valimi mahuks 135 Eesti masinatööstuse ettevõtet. Valimi koostamise kokkuvõtteks võib öelda, et valimi koostamine oli aeganõudev protsess, sest polnud andmebaasi, kuskohas on leitavad kõik Eesti masinatööstuse ettevõtted. Teiseks takistavaks asjaoluks kujunes valimisse valitud ettevõtete kontakti ehk elektroonposti aadressi leidmine, sest paljudel ettevõtetel oli kodulehel kirjas ainult ettevõtte üldine elektroonposti aadress ja see raskendas jõudmist autori poolt soovitud vastajateni.

Koostatud valimile saatis autor elektronkirja koos kutsega küsimustikule vastamiseks. Korduvalt saadetud elektronkirja kutsetele laekus vastuseid oodatust vähem ja seetõttu tuli autoril kasutada ka teisi vahendeid masinatööstuse ettevõtetenii jõudmiseks. Vahendiks kujunes sotsiaalmeediakanali Facebook platvorm, kus on mitmeid tööstusega seotud teemalehti, kus autor palus küsimustikku nende lehtede haldajate poolt jagada. Facebooki platvormi teemalehtedeks, kus küsimustiku jagati, olid järgnevad:

- Facebooki grupp "Eesti Masinatööstuse Liit ja tema sõbrad";
- Facebooki leht "TalTech Logistika - TalTech Logistics";
- Facebooki leht "Tööstusuudised.ee".

Nii elektroonkirjade kui Facebook'i kanali abil laekunud vastuste arvu osas täpne teave puudub, sest küsimustik oli samaaegselt vastamiseks mitmel erineval Facebook-i teemalehel ja autor saatis ettevõtetele korduskutseid küsimustikule vastamiseks. Autori arvates laekus rohkem vastuseid e-

kirjade näol, sest sel viisil oli võimalik otse jõuda ettevõtteni ja sealse tarneahela valdkonnaga kokkupuutuva isikuni. Kokkuvõtvalt saab autor peale andmekogumise lõpetamist tõdeda, et ettevõtetest andmete kogumine oli keeruline, kuna vastuseid laekus eeldatavast vähem ning andmeanalüüsiks soovitud vastuste arvu saavutamiseks tuli autoril läbi eelmainitud kanalite kutset küsimustikule vastamiseks saata korduvalt.

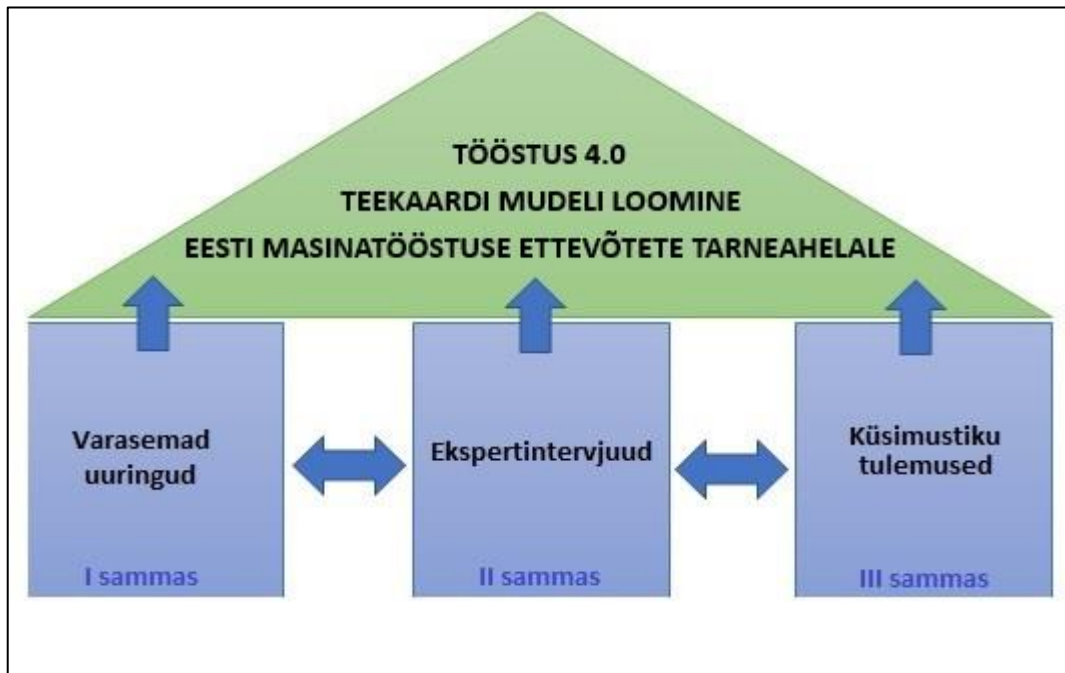
Autori poolt koostatud küsimustik oli vastuste laekumiseks avatud alates 29.03.2019 kuni 30.04.2019. Eelnimetatud perioodil vastas küsimustikule 30 ettevõtet. Lähtuvalt valimile seatud kriteeriumitest, tuli autoril vastuste hulgast eemaldada 5 vastust, sest antud vastustest tuli välja, et ettevõtted ei kuulu masinatööstuse sektorisse. Ühe takistava tegurina vastuste laekumisel nägi autor valimi koostamisel leitud elektroonposti aadresse, sest iga ettevõtte jaoks ei õnnestunud leida just selle töötaja kontakti, kes võiks omada ülevaadet ettevõtte tarneahelast ning paljudel juhtudel tuli küsimustiku kutse saata ettevõtte üldisele elektroonposti aadressile. Seega jätkab autor töö edasises osas analüüsi 25. vastuse põhjal, sest uurimuse lähteülesanne näeb ette ainult masinatööstuses tegelevate ettevõtete kajastamist.

### **2.1.3. Analüüsi meetodid**

Uurimustöö läbi viimiseks kasutab autor erinevaid andmekogumise meetodeid ning järgnevas alapeatükis on kajastatud kasutatud analüüsimeetodid. Peamiselt kasutab autor deduktiivset analüüsimeetodit, sest uurimusteema kohta leidub teooriaid ja varasemaid uurimusi, mida saab töö empiirilises osas kontrollida ja edasi arendada. Deduktiivse meetodi kasutamist andmete analüüsis võib nimetada ka suunatud sisuanalüüsiks. [23] Lisaks deduktiivsele analüüsile kombineerib autor erinevaid analüüsimeetodeid ja esitab neist alljärgnevalt ülevaate.

Ühe analüüsimeetodina kasutab autor kirjeldavat statistikat. Antud meetodit kasutades saab anda ülevaate kogutud andmetest ning analüüsi tulemused esitatakse kas tabelina, tekstina või diagrammina. Tabelina andmete esitamist kasutatakse siis, kui on vaja anda edasi täpset arvulist infot või võrreldavate arvnäitajate suurusjärgud on väga erinevad. Andmete esitamist tekstina kasutatakse sellisel juhul, kui on korraka vaja esitada vaid üks-kaks arvulist näitajat. Diagrammi kasutatakse siis, kui soovitakse eelkõige anda kiiret ülevaadet üldtendentsidest ja suundumustest. [Ibid]

Töö kolmandas ehk empiirilises osas keskendub autor nende andmekogumise meetodite analüüsile ja võrdlusele, mille eesmärgiks on kinnitada uurimisprobleemi olemasolu ning leida uurimisprobleemile lahendused. Uurimustöö tulemuseni jõudmiseks kasutab autor kolme andmekogumise allikat. Alloleval joonisel (Joonis 2.2) on välja toodud, et nendeks on varasemad uuringud, ekspertintervjuud ja küsimustiku tulemused, mida autor kasutab töö tulemusena valmiva Tööstus 4.0 tarneahela teekaardi mudeli loomiseks.



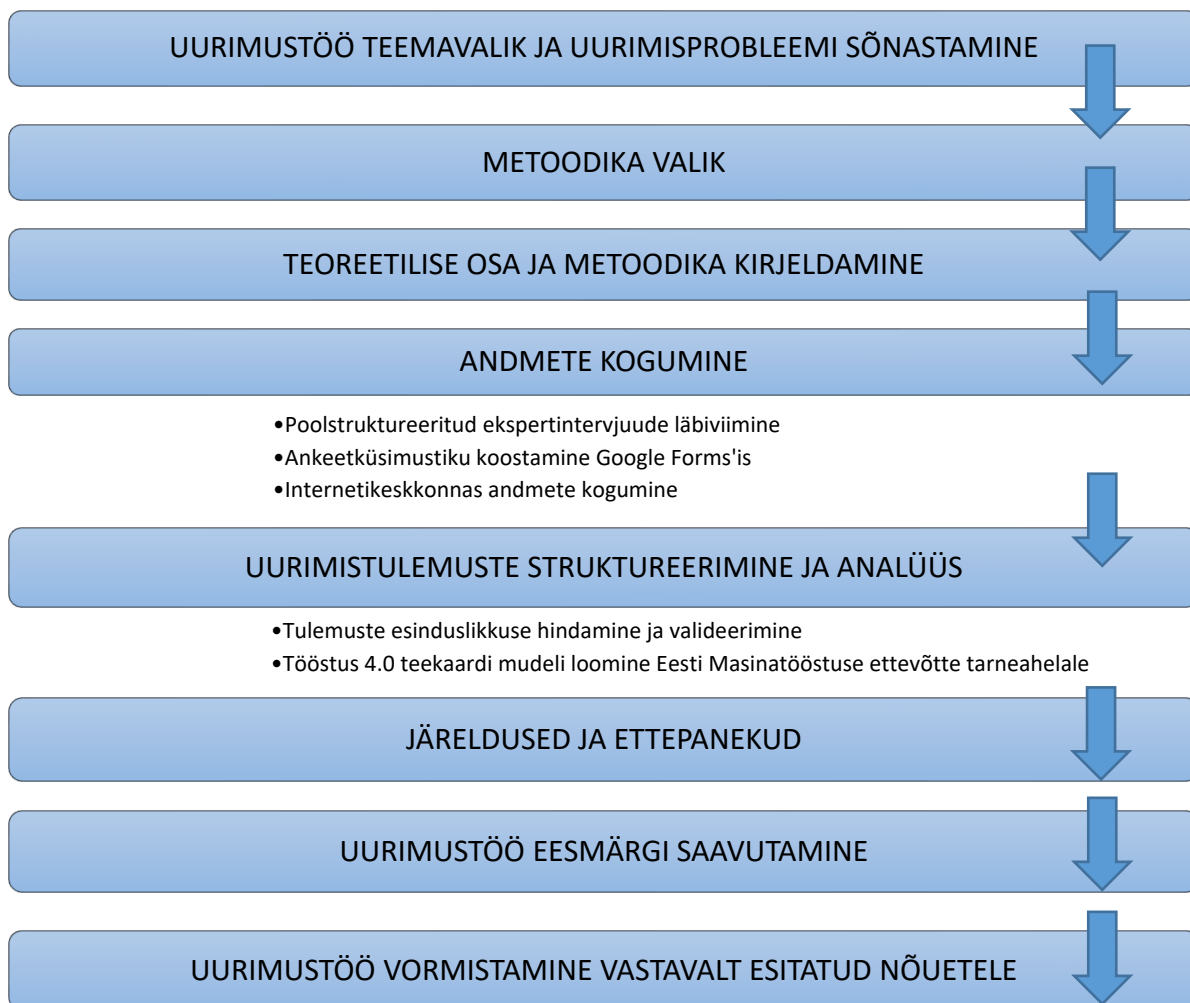
Joonis 2.2 Tööstus 4.0 teekaardi mudeli loomise struktuur[Autori poolt koostatud]

Kombineerides kolme andmekogumise allikat, loob autor Tööstus 4.0 teekaardi mudeli Eesti masinatööstuse ettevõtete tarneahela jaoks ning esitab probleemi lahendamiseks ettepanekud ja edasised uurimissuunad. Uurimustöö analüüsi jaoks kasutab autor erinevaid andmetötlusviise ning kasutab andmetötlusvahendina Microsoft Excel tarkvara. Valik Microsoft Exceli tarkvara kasuks langes seetõttu, et autoril on eelnevalt tarkvara kasutamisel kogemusi ja tarkvara võimaldab uurimustöö andmeid edukalt analüüsida.

## 2.2. Uurimisstrateegia

Käesolevas alapeatükis kirjeldab autor, millist meetodilist lähenemist kasutati uurimustöö läbi viimiseks ning kuidas antud meetodika osasid uurimustöös rakendati. Uurimustöö on eri etappidest koosnev plaaniline ja eesmärgipärane loov protsess. Selle alla kuuluvad teemasse sisse elamine ja

plaani koostamine, uurimuse teostamine ja uurimisraporti koostamine. Alljärgnevalt autori koostatud jooniselt (Joonis 2.3) on näha uurimuse kavandamise etappe, mille järgi autor oma uurimistööd läbi viis. [18]



Joonis 2.3 Uurimuse kavandamise etapid [Autori poolt koostatud]

Uurimustöös püstitatud probleemidele vastuste leidmiseks kasutab autor kvalitatiivset uurimismeetodit ja uurimisstrateegiana ülevaateuurimust. Järgnevates tekstilõikudes kirjeldab autor uurimustöös kasutatavat uurimismeetodit ja -strateegiat. Kvalitatiivse uuringu puhul tegeleb uurija nähtustega, mida on raske või ebaotstarbekas mõõta statistiliste meetoditega, näiteks ettevõtte arvamused, hinnangud, hoiakud, eelistused, soovid, käitumine. Uuritavast sihtrühmast eraldatakse valim, küsitletakse selles olevaid firmasid või tarbijaid ning tulemused laiendatakse kogu sihtrühmale. Kvalitatiivse uurimismeetodi valim on suhteliselt väike ja moodustatud kindlate kriteeriumide alusel. [24]

Kvalitatiivses uuringus on tüüpilisteks tunnusteks [18]:

- uurimus on loomult tervikut haarav;
- andmete kogumisel kasutatakse kvalitatiivseid meetodeid;
- kasutatakse induktiivset analüüsi;
- uurimisobjektid valitakse eesmärgipäraselt, mitte juhusliku valimi menetlust kasutades;
- uurimuse kava kujuneb uurimuse käigus;
- juhtumeid käsitletakse kui ainulaadseid ja vastavalt sellele tõlgendatakse ka andmeid.

Autori valitud uurimisstrateegia ülevaateuurimuse korral kogutakse andmeid standardiseeritud viisil. Kogutud materjali abil püütakse kirjeldada, võrrelda ja seletada nähtusi. Ülevaateuurimuses on tüüpilisteks tunnusteks [18]:

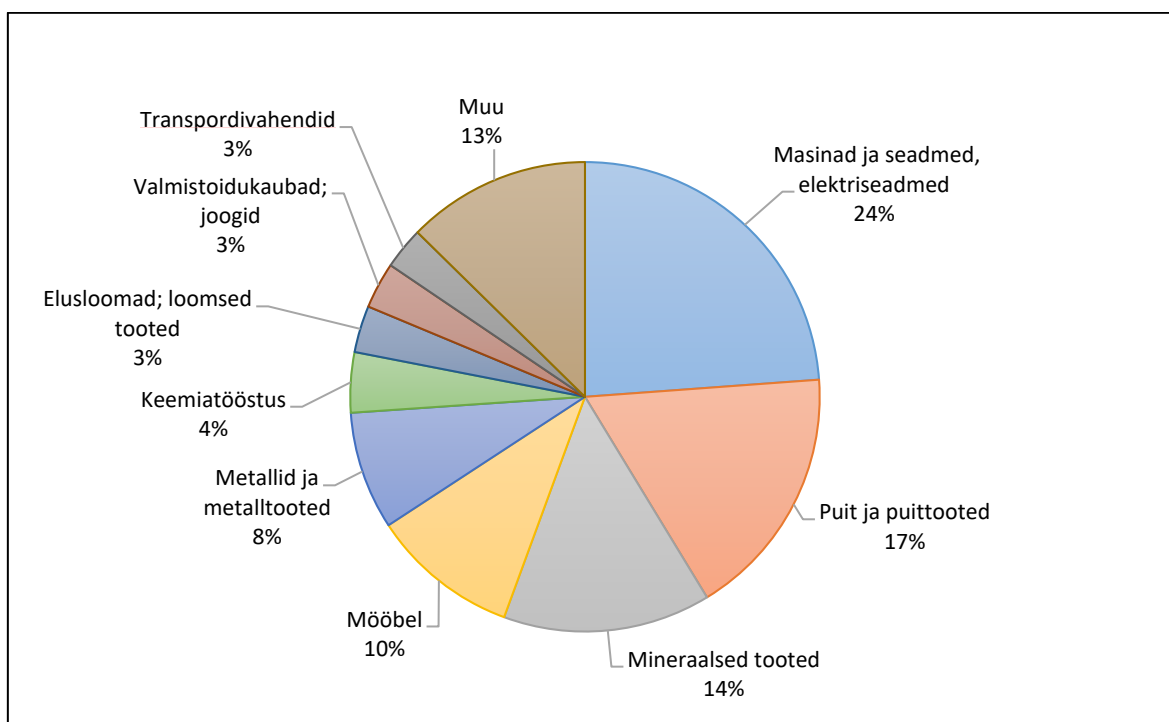
- teatud inimeste rühmast koostatakse valim;
- kogutakse andmestik;
- andmed igalt isikult struktureeritud viisil;
- tavaliselt kasutatakse küsimustikke või struktureeritud intervjuud;
- kogutud materjali abil püütakse kirjeldada, võrrelda ja seletada nähtusi.

Olenemata esmaste andmete kogumiseks kasutatavatest meetoditest, peab uuringu teostaja otsustama kas andmeid kogutakse uurimise all oleva üldkogumi igalt liikmelt või piirdatakse osaga üldkogumist. Valim ehk väljavõtukogum on teatud elementide (inimesed, firmad, kauplused) koguhulgast uurija poolt välja valitud alamhulk, mille põhjal saab teha järeldusi kogu üldkogumi kohta. [20] Kõige üldisemalt jaotatakse valimid juhuslikeks ja mittejuhuslikeks valimiteks. Antud uurimustöö eesmärgini jõudmiseks pidas autor kõige sobivaimaks valimi valiku meetodiks mittejuhuslikku otsustusväljavõtuga valimit, sest uurimisobjektiks on Eesti masinatööstuse ettevõtted ning üldkogumi arv ületab antud uurimustöö plaanitavat mahtu. Teiseks otsustavaks faktoriks antud valimimeetodi valikul sai asjaolu, et autoril puudus ligipääs tervele üldkogumile. Otsustusväljavõtuga valimi korral otsustab uurija, millised on tema arvates antud uuringu puhul kõige sobivamad üldkogumi liikmed, keda valmisse lisada. Antud meetodit on sobiv kasutada, kui valimi suurus on suhteliselt väike. Siinkohal tuleb arvestada, et mida väiksem on valim, seda suurem on tõenäosus, et valim saab olla täpne koopia üldkogumist. [20]



## 2.3. Eesti masinatööstus ja varasemad uuringud

Töötleva tööstuse puhul on tegu Eesti suurima majandussektoriga ning osa sellest moodustab ka masinatööstus. Rääkides töötleva tööstuse tulemuslikkuse näitajatest, siis moodustab sektor 72% kõikide Eestis toodetud kaupade ekspordist ning ligikaudu 15% SKP-st. Allpool oleval joonisel (Joonis 2.4) on näha tööstusettevõtete 2018. aasta Eesti päritolu kaupade ekspordi jaotumust erinevate töötleva tööstuse sektorite vahel ning selgub, et masinatööstuse sektor ehk masinad, seadmed ja elektriseadmed moodustavad sellest kõige suurema osa (24%). [25]



Joonis 2.4 Eesti päritolu kaupade eksport 2018. aastal

Allikas: [25]; autori poolt kohandatud

Käesolevast uuringust lähtuvalt moodustavad masinatööstuse sektori masina-, metalli-, aparaadi-elektroonikatööstus ja transpordivahendite tootmine. EMTAK 2008 (Eesti Majanduse Tegevusalade Klassifikaator) põhjal kuuluvad masinatööstuse sektori nimistusse C24-C30 tegevusvaldkondades tegutsevad ettevõtted. Täpsemalt kuuluvad masinatööstuse sektori alla järgnevad tööstuse tegevusalad [26]:

- metallitootmine (C24);
- metalltoodete tootmine, v.a masinad ja seadmed (C25);
- arvutite, elektroonika- ja optikaseadmete tootmine (C26);
- elektriseadmete tootmine (C27);

- mujal liigitamata masinate ja seadmete tootmine (C28);
- mootorsõidukite, haagiste ja poolhaagiste tootmine (C29);
- muude transpordivahendite tootmine (C30).

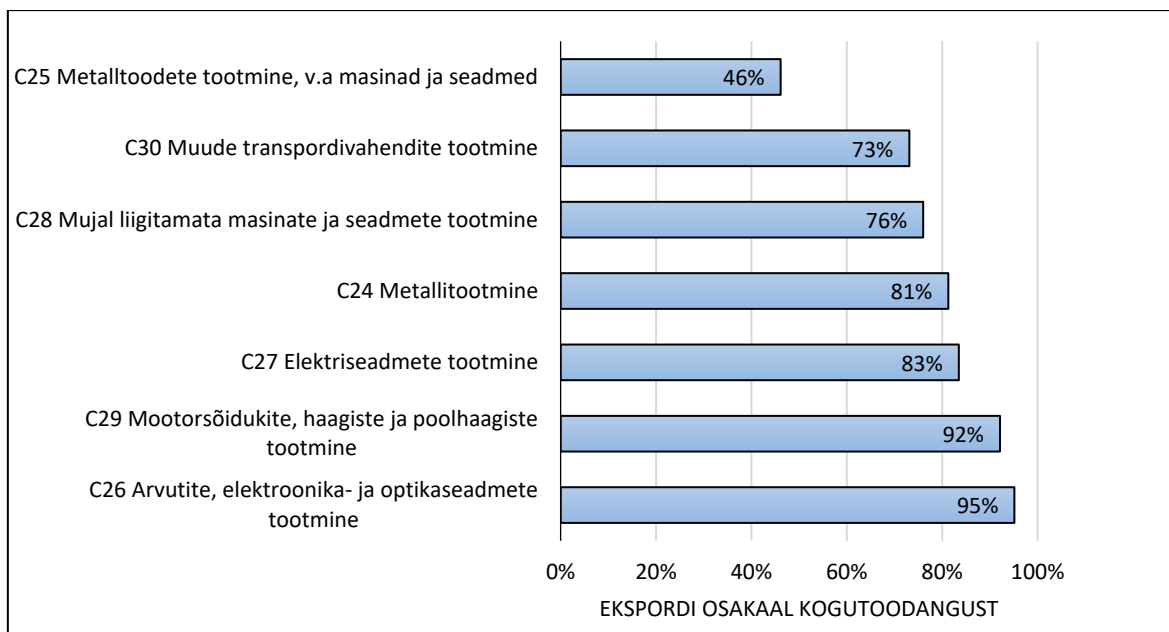
2017. aasta Statistikaameti andmetele tuginedes oli Eesti masinatööstuses tegutsemas 1936 ettevõtet koos ligikaudse tööhõivega 34 000 töötajat ning müügituluga 4,4 miljardit eurot. Allpool olevast tabelist (Tabel 2.1) selgub, et kõige suurema osakaalu ettevõtteid masinatööstuse sektorist moodustab metalltoodete tootmine, v.a masinad ja seadmed (C25) tegevusvaldkond. Müügitulu põhjal panustab masinatööstuse sektorisse kõige enam arvutite, elektroonika- ja optikaseadmete tootmise (C26) tegevusvaldkond, moodustades kogu sektori ettevõtete arvust ainult 6,1%. [4] [5]

Tabel 2.1 Eesti masinatööstuse ettevõtete arv ning müügitulu tegevusvaldkondade järgi (2017)

Allikas: [4]; autori poolt koostatud

| <b>Tegevusvaldkond (EMTAK 2008)</b>                    | <b>Ettevõtete arv, TK</b> | <b>Osakaal kõikidest sektori ettevõtetest, %</b> | <b>Müügitulu, tuhat eurot, €</b> | <b>Müügitulu, tuhat eurot, %</b> |
|--|---------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|
| C24 Metallitootmine                                    | 21                        | 1,1  | 101 958                          | 2,3                              |
| C25 Metalltoodete tootmine, v.a masinad ja seadmed     | 1 320                     | 68,2   | 1 299 364                        | 29,5                             |
| C26 Arvutite, elektroonika- ja optikaseadmete tootmine | 118                       | 6,1  | 1 346 304                        | 30,6                             |
| C27 Elektriseadmete tootmine                           | 136                       | 7,0  | 749 421                          | 17,0                             |
| C28 Mujal liigitamata masinate ja seadmete tootmine    | 184                       | 9,5  | 412 482                          | 9,4                              |
| C29 Mootorsõidukite, haagiste ja poolhaagiste tootmine | 69                        | 3,6  | 405 093                          | 9,2                              |
| C30 Muude transpordivahendite tootmine                 | 88                        | 4,5  | 88 448                           | 2,0                              |

Autor tõi antud peatüki alguses välja, et Eesti masinatööstus moodustab töötleva tööstuse sektoritest kõige suurema ekspordimahu ning järgnevalt toob autor välja, kuidas on eksporditava kauba jaotumine masinatööstuse sektorisiselt. Masinatööstuse toodangust suurem osa läheb ekspordiks ning kõikide masinatööstuse sektori tegevusvaldkondade põhjal moodustas 2017. aastal sektori eksport 76% kogutoodangust. Alloleval joonisel (Joonis 2.5) on autor välja toonud masinatööstuse tegevusvaldkondade järgi ekspordi osakaalud kogutoodangust ning sellest selgub, et peaaegu kogu toodangust ekspordivad arvutite, elektroonika- ja optikaseadmete tootmise (95%, C26) ning mootorsõidukite, haagiste ja poolhaagiste tootmise (92%, C29) tegevusvaldkonnad. Selgelt kõige vähem kogutoodangust ekspordib C25 tegevusvaldkond ehk metalltoodete tootmine, v.a masinad ja seadmed. Antud tegevusvaldkond moodustab küll kõige suurema osa kogu sektori ettevõtete arvust, aga saab öelda, et valdkonnal on arenguruumi ekspordivõimekuse tõstmisel.



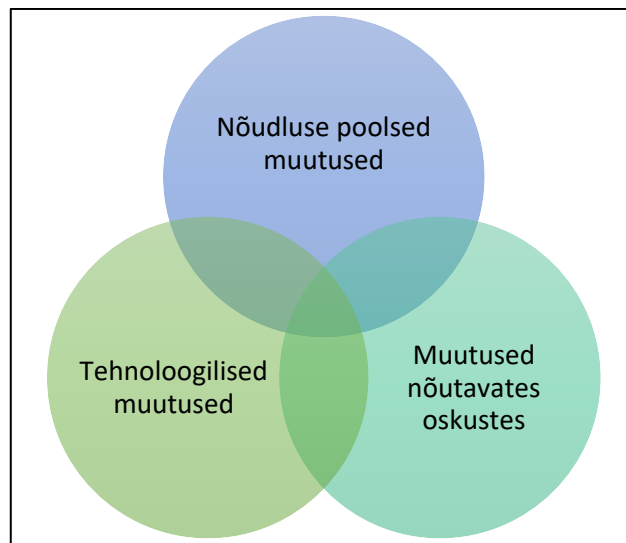
Joonis 2.5 Eesti masinatööstuse ettevõtete ekspordi osakaal kogutoodangust tegevusalade põhjal (2017)

Allikas: [4]; autori poolt koostatud

Alljärgnevalt annab autor ülevaate masinatööstuse globaalsetest trendidest, mille abil on võimalik mõista Eesti masinatööstuse väljakutseid ja võimalusi tulevikus. Masinatööstus moodustab arvestatava osa kogu maailma majandusest ja seetõttu on sektor mõjutatud kogu maailma majanduses toimuvast. Järjest suureneva globaliseerumise taustal on globaalsete trendide levikuperiood ajaloos lühenenud. Kui näiteks 19. sajandil söeenergia leviku tõttu leidsid aset muutused transpordis, tööstustootmises jt harudes, siis võttis see kõik aega rohkem kui 50 aastat. 1990. aastatel hakkas laialdasemalt levima internet ning see muutis inimeste eluviisi juba vähem kui kümne aastaga. [26] Nende kahe näite puhul saab öelda, et erinevad muutused maailmas avaldavad üha kiiremat mõju inimeste igapäevaelule.

Järgnevad masinatööstust mõjutavad trendid on välja toodud 2011. aasta Eesti masinatööstuse sektoruuringus, aga autori arvates on need ka aktuaalsed töö kirjutamise hetkel. Alljärgnevalt jooniselt (Joonis 2.6) on näha, et nendeks kolmeks masinatööstust mõjutavaks trendiks on tehnoloogilised muutused, nõudlusepoolsed muutused ning muutused nõutavates oskusetes. [26] Lähtuvalt töö teemast mõjutavad autori arvates Tööstus 4.0 seisukohalt nendest trendidest kõige enam tehnoloogilised muutused ja muutused nõutavates oskustes. Tehnoloogiliste muutuste osas mängib Tööstus 4.0 ideoloogia suurt rolli, sest üldiselt on digitaliseerimiseks vaja muuta või kohendada tootmiseks vajalikke tehnoloogiaid ning nendega seonduvaid protsesse. Samas on tehnoloogiliste muutuste läbi viimiseks ning kasutuselevõtuks vaja vajalikke oskusi ja teadmisi. Ilma

vajalike teadmisteta ei saa juurutada Tööstus 4.0 tehnoloogiaid ning nagu on kirjeldatud ka viimatises Eesti Masinatööstuse sektoruuringus, siis on kõrgetasemeline teadus- ja arendustegevus konkurentsivõime seisukohalt üks peamisi tingimusi. Uuringus toodi veel välja, et on raske ette näha milliseid konkreetseid oskusi on vaja tulevikus ja õppeasutustel on raske ette valmistada inimesi töökohtade jaoks, mida veel ei eksisteeri. [26] Autori arvates on Tööstus 4.0 seisukohalt olukord paranenud ja õppeasutused oskavad üha enam Tööstus 4.0 tehnoloogiate kasutuselevõtuks vastavat haridust pakkuda. Võib öelda, et oskuste seisukohalt on hetkel puudu pigem inimestest, kes vastavat haridust omandama asuks.



Joonis 2.6 Masinatööstust mõjutavad trendid  
Allikas: [26]; autori poolt kohandatud

Selleks, et Tööstus 4.0 ideoloogiat rakendada, on vaja teadmisi ning siinkohal saavad panustada teadus- ja õppeasutused. Eestis on eelpool mainitud valdkonnas võimalik ennast harida peamiselt Tallinna Tehnikaülikoolis ja Tallinna Tehnikakõrgkoolis. Viimases neist alustatakse peagi robotitehnika õppekavaga, millele annab eelduse ning toe Tööstus 4.0 labor, kus on võimalik õppida erinevate Tööstus 4.0 tootmislahenduste kasutamist. Samuti on Tallinna Tehnikakõrgkoolis Logistikalabor, mis autori arvates avab koos Tööstus 4.0 laboriga tulevastele tarneahela juhtidele suurepärase väljaõppe võimaluse. [27] [28]

Tööstuse digitaliseerimine ehk Tööstus 4.0 on hetkel aktuaalne teema, siis on nii maailmas kui Eestis läbi viidu mitmeid uuringuid. Varasemad uuringud on peamiselt läbi viidud lähtudes üldisest Tööstus 4.0 kontseptsioonist ja ettevõtete hetkeolukorrast ning tulevikuplaanidest Tööstus 4.0 juurutamisel. Eestis on uuringuid tellinud ja tööstuse digitaliseerimise valdkonda enamjaolt vedanud Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus (EAS), kellel on ka ettevõtte struktuuris vastav

valdkond kajastatud. EAS-i kaudu on ettevõtetal võimalik saada abi tööstuse digitaliseerimise valdkonnas läbi pakutava digiauditi läbiviimise toetuse ja erinevate programmide. [29]

Lisaks eelnevale on EAS tellinud uuringuid, et kaardistada Eesti ettevõtete olukorda tööstuse digitaliseerimisel. Hiljutine EAS-i poolt tellitud uuring viidi läbi jaanuaris 2019 uuringufirma Rait Faktum-Ariko poolt ja seda teemal „Tootmisprotsesside juhtimise digitaliseerimine tööstuses“. Sihtrühmaks olid tootmisettevõtted ning uuringu valimisse kuulus 300 tootmisettevõtet erinevatest valdkondadest. Siinkohal tuleb ära märkida, et valimisse kuulus 104 masinatööstuse tootmisvaldkonda kuuluvat ettevõtet, mis moodustas 35% koguvalimist. Uuring viidi läbi CATI ehk telefoniintervjuu meetodit kasutades. Uuringus käsitleti järgnevaid teemasid: arusaam tööstuse digitaliseerimise mõistetest; arvuti abil juhitavate tööpinkide ja/või robotite osa tootmisprotsessi etappides; edasised plaanid tootmisprotsesside digitaliseerimisel; põhjused miks ei jätkata/alustata digitaliseerimisega; milliste protsesside efektiivistamine oleks uute tarkvara- või tehnoloogiliste lahendustega võimalik ning millistest organisatsioonidest saab ettevõtte abi, kui soovitakse alustada tööstuse digitaliseerimisega. [30]

Tellitud uuringu tulemustest selgus, et tööstuse digitaliseerimiseks arvatakse olevat kõige enam uute arvutiprogrammide kasutuselevõtt (90%), juhtimisprotsesside tõhustamine digirakenduste abil (85%) ja arvuti abil juhitavate robotite kasutamine (77%). Keskmiselt on masinatööstuse valdkonna ettevõtetes digitaliseeritud 21,8% tootmisprotsessi etappidest ning koguvalimist on tootmisprotsesside digitaliseerimine kõrgem suurema töötajate arvuga ettevõtetes (100+ töötajat). Märkimist väärt asjaoluna saab välja tuua, et koguvalimist 26% vastas digitaliseerimisega tegelemise kohta, et rohkem pole enam võimalik digitaliseerida. Autori arvates on siinkohal tegu enamjaolt ettevõtetega, kel puuduvad tööstuse digitaliseerimisest vajalikud teadmised, et selgitada välja kohad ettevõttes, kus oleks digitaliseerimine võimalik. Siinkohal abi olla EAS-i poolt pakutava digiauditi programmiga liitumisest. Enim võimalusi protsesside efektiivistamiseks nägid ettevõtted tootmisprotsessides (69%), laoarvestuses (60%), juhtimises (55%), tellimises-väljastamises (54%). Uuringu tulemustest selgus veel, et 53% ettevõtetest ei tea kuskohast saaks ettevõtte abi, kui on soov alustada protsesside digitaliseerimisega. [Ibid] Uuringu tulemuste kokkuvõtteks arvab autor, et ettevõtete teadlikkus tööstuse digitaliseerimisest on nõrk ning selle parandamisele tuleks rohkem rõhku pöörata.

Lisaks hiljutisele EAS-i poolt tellitud uuringule, tellis 2018. aastal tööstuse digitaliseerimise kohta analüüsi Majandus- ja Kommunikatsiooni ministeerium (MKM). Analüüs on viidi läbi DIGINNO (ingl.k *Digital Innovation Network*) *INTERREG Baltic Sea Region* programmi 2014-2020 poolt finantseeritud projekti raames, mille üldisem eesmärk on kiirendada Läänemere piirkonna liikumist toimiva digitaalse ühtse turu suunas. Uuring viidi läbi MKM-i poolt perioodil 01.10. – 20.10.2018 internetiküsitluse ja hiljem fookusgrupi intervjuude meetodit kasutades. Kokku osales uuringus 38 ettevõtet: 17 masina- ja metallitööstusest, 14 puidutööstusest, 6 elektroonikatööstusest ja 1 muu valdkonna ettevõtte. Uuringu käigus käsitleti järgnevaid teemasid: digitaalsete tehnoloogiate kasutamise olulisus ettevõtte jaoks, erinevate digitaalsete tehnoloogiate kasutamise olulisus hetkel ja nende kasutamise olulisus 5 aasta perspektiivist vaadatuna, uute ärimudelite tekkimine läbi digitaalsete lahenduste kasutamise, digitaliseerimise mõju konkurentssituatsioonile ja ärikeskkonna roll digitaalsete tehnoloogiate kasutuselevõtmisel. [31]

Uuringu tulemustest selgus, et nii metalli- kui ka puidutööstuse valdkonna ettevõtete tase digitaalsete tehnoloogiate kasutamisel on ebaühtlane ja rohkem erinevaid digitaalseid tehnoloogiaid kasutatakse puidutööstuse valdkonna ettevõtetes. Viimast asjaolu saab põhjendada sellega, et metalli- ja masinatööstuse toodangu sortiment on üldjuhul laiem ja keerulisem, kui puidutööstuse toodangu sortiment ning antud asjaolu muudab protsessides digitaalsete tehnoloogiate kasutamise keerulisemaks. Lisaks saab välja tuua, et ettevõtete digitaalsete tehnoloogiate kasutamist mõjutab suuresti ka kapitali olemasolu ning sellest tulenevalt on suurte rahvusvaheliste kontsernide ettevõtted tunduvalt paremas seisus, kui Eesti kapitalil baseeruvad ettevõtted. Uuringust ilmnes, et paljud ettevõtted ei näe veel võimalusi väga innovaatiliste tehnoloogiate kasutamiseks oma protsessides (nt. virtuaal- ja liitreaalsus, droonid) ja ettevõtetes ei ole piisavalt ressursi, kes tegeleks igapäevaselt protsessidele erinevate digitaalsete tehnoloogiate arendamise ja juurutamisega. Positiivsena saab välja tuua, et kõikidel ettevõtetel, kes uuringus osalesid, oli selge arusaamine, et digitaalsete tehnoloogiate kasutamine loob konkurentsieelise ning võimaldab kliendile pakkuda tarnetäpsust, kiirust ning seda kulutõhusamalt. Lisaks nägid ettevõtted, et protsesside digitaliseerimine pikast perspektiivist vaadatuna möödapääsmatu ning tagab ettevõtte jätkusuutlikkuse. [31]

Töö teoreetilises osas tõi autor välja peamised väljakutsed Tööstus 4.0 rakendamisel ettevõttes ning sellega seoses kajastab autor järevalt 2015. aastal Saksamaal läbi viidud uuringu tulemusi Tööstus 4.0 väljakutsetest. PwC (PricewaterhouseCoopers) poolt tellitud uuringu tulemused Tööstus 4.0 väljakutsetele keskendudes on välja toodud allolevas tabelis (Tabel 2.2). [32]

Tabel 2.2 Peamised takistused Tööstus 4.0 lahenduste juurutamisel Saksamaal

Allikas: [32]; autori poolt kohandatud

| Nr | Peamised probleemid                               | Osatähtsus, % |
|----|---|---------------|
| 1. | Investeeringute tasuvuse ebaselgus                | 46            |
| 2. | Puudulikud teadmised ja kompetentse tööjõu puudus | 30            |
| 3. | Standardite ja regulatsioonide puudulikkus        | 26            |
| 4. | Mittepiisav riigi tugi                            | 22            |
| 5. | Puudujäägid olemasoleva tehnoloogia võimekuses    | 20            |
| 6. | Andmeturvalisuse probleemid                       | 19            |
| 7. | Juhtkonna kõhklused                               | 18            |
| 8. | Aeglane põhitehnoloogiate levik (lairibaühendus)  | 13            |
| 9. | Ebapiisav võrgu stabiilsus/andmete varundamine    | 6             |

Peamised väljakutsed nagu ebaselgus investeeringute tasuvusel ja kompetentse tööjõu puudus on välja tulnud ka Eesti ettevõtete kohta tehtud uuringutest ning võib öelda, et üldjoontes samade väljakutsetega seisavad silmitsi ka teised Euroopa riigid. [Ibid] Selleks, et neid väljakutseid paremini lahendada, tuleks uurida kuidas on teised riigid nende lahendamisel käitunud ja leida positiivseid edulugusid välisriikidest.

## 2.4. Ekspertintervjuude kokkuvõte

Mõlema intervjuu eelselt saatis autor intervjuueeritavatele tutvumiseks intervjuukava, et intervjuueeritavatel oleks enne intervjuu toimumist parem ettevalmistus intervjuu käigus küsitavateks küsimusteks. Lõputöö lisa (Lisa 1) kajastatud ekspertintervjuu kava koosnes 18. küsimusest ning selleks, et hiljem vastuseid edukalt analüüsida, küsis autor enne intervjuu algust mõlemalt eksperdilt luba intervjuud salvestada diktofoniga.

Esimene intervjuu toimus 22.03.2019 kell 13:00 Tallinna Tehnikaülikoolis ja kestis 45 minutit. Intervjuueeritavaks eksperdiks oli professor Tauno Otto, kes on töötanud Tallinna Tehnikaülikooli inseneriteaduskonna arendusjuhina ning mehaanika- ja tööstustehnika instituudis professorina. Eksperti kogemusest valdkonnas ülevaate saamiseks toob autor allpool valikuliselt välja nimekirja

erinevatest teadusorganisatsioonilistest ja -administratiivsetest tegevustest, kus ekspert osaleb või on osalenud. [33]

Tauno Otto teadusorganisatsioonilised ja -administratiivsed tegevused: [33]

- Tehnika, Tootmise ja Töötlemise Kutsenõukogu, aseesimees;
- Euroopa tööstuse digitaliseerimise koostöövõrgustiku EDEN, ekspertkogu liige;
- Euroopa Komisjoni Tehisintellekti Digiuenduskeskuste võrgustiku AI DIH Network, liige;
- Tallinna Tehnikaülikooli integreeritud tehnoloogiate õppekava, programmijuht;
- Manufuture HLG, liige;
- Eesti Akrediteerimiskeskus, ekspert;
- Euroopa Teadusuuringute Rakendusamet, ekspert;
- SA INNOMET, nõukogu liige;
- OSKA programm, ekspert metalli- ja masinatööstuse valdkonnas;
- Masina-, Metall- ja Aparaaditööstuse Kutsenõukogu, kutsekomisjoni esimees.

Teine intervjuu toimus 25.03.2019 kell 11:00 IMECC OÜ ruumides ja kestis 30 minutit. Autori teiseks intervjuueeritavaks oli professor Jüri Riives, kes on Tehnoloogia Arenduskeskuse IMECC juht. Eksperti kogemusest valdkonnas ülevaate saamiseks toob autor allpool valikuliselt välja nimekirja erinevatest teadusorganisatsioonilistest ja -administratiivsetest tegevustest, kus ekspert osaleb või on osalenud. [34]

Jüri Riivese teadusorganisatsioonilised ja -administratiivsed tegevused: [34]

- Mehhatroonika Assotsiatsioon, juhatuse liige
- SA Tallinna Teaduspark Tehnopol, mehhatroonika prototüüpimise ja mõõtetehnika keskus, ekspert
- Eesti Masinatööstuse Liit, juhatuse esimees
- Masina-, Metall- ja Aparaaditööstuse Kutsenõukogu, esimees
- Eesti Kvaliteediühing, liige
- Eesti Teadus- ja Arendusnõukogu, liige
- Eesti Talleks, nõukogu esimees
- Tallinna Tehnikaülikooli mehaanika ja tööstustehnika instituut, professor

Järgnevalt kirjeldab autor ekspertintervjuude tulemusi alljärgnevas tabelis (Tabel 2.3), kus toodud intervjuu teemade järgi mõlema eksperdi vastused autori poolt kohandatud kujul. Vastuste sarnasuse alusel koostatud tabelist saab välja tuua, et mõlemal oma tuntud eksperdil on sarnane arvamus nii Tööstus 4.0 definitsioonist, Eesti Masinatööstuse teadlikkusest Tööstus 4.0 kontseptsioonist, masinatööstuse digitaliseerituse tasemest võrreldes välisriikidega ning ettevõtte suuruse mõjust digitaliseerimisele. Peale tabelit esitab autor väljavõtte ekspertintervjuude huvitavamatest tähelepanekutest kohandatud kujul.



Tabel 2.3 Ekspertintervjuude tulemused sarnasuse alusel [Autori poolt koostatud]

| <div style="text-align: right;"><b>Ekspert</b></div> <div style="text-align: left;"><b>Küsimus</b></div> | <b>Tauno Otto, PhD</b>   | <b>Jüri Riives, PhD</b>   |
|--|--|---|
| <b>Tööstus 4.0</b>   | Poliitika  | Poliitika, neljas tööstusrevolutsioon, automatiseerimise ja digitaliseerimise lahendused, tootmise paradigma muutus |
| <b>Logistika 4.0</b>   | Ei oska vastata, pole intervjuueeritava valdkond   | Vähese teadlikkusega kiiresti arenev valdkond, jälgitavuse printsiip väga oluline                                   |
| <b>Eesti Masinatööstuse teadlikkus Tööstus 4.0 kontseptsioonist</b>                                      | Teadlikkus kõikuv  | Teadlikkus kõikuv   |
| <b>Eesti Masinatööstuse digitaliseerituse tase võrreldes välisriikidega</b>                              | On riike, kus on asi palju halvem ja riike, kus on asi palju parem, aga üldiselt on tase keskmine  | Tuntud ja arenenud tööstusriikidest jääme maha  |
| <b>Ettevõtte suuruse mõju digitaliseerimisele</b>  | Suureks edasiarenduseks on vaja ettevõtet, kellel on ajalugu, enda arendusosakond, rahaline võimekus ning väikefirmad saavad olla edukad uuendusliku äriidee poolest | Edukad nii väikesed kui suured ettevõtted, kuigi tüüpiliselt on suured ettevõtted rohkem võimelised digitaliseerima |
| <b>Peamised takistused digitaliseerimisel</b>  | Põhiliselt teadlikkuse ja oskuste taga   | Väikese lisandväärtusega tooted, väikesed tootmismahud ja ebakindel tootmisprogramm                                 |
| <b>Tarneahela valdkond, mille digitaliseerimine keerukaim</b>  | Ladustamine  | Kõikide tarneahela protsesside digitaliseerimiseks on piisavalt tarkvaralisi vahendeid                              |
| <b>Riigi tugi tööstuse digitaliseerimiseks</b>   | Hetkel on riigi toetust vähe   | Alati saaks palju paremini teha, aga tugi ettevõtetele on selgelt olemas  |

Tauno Ottoga läbiviidud intervjuust toob autor välja järgnevad tähelepanekud:

- Peamiselt sõltub ettevõtete suutlikkus rakendada Tööstus 4.0 sellest, et kas on olemas vajalikud teadmised Tööstus 4.0 tehnoloogiatest.
- Heal ettevõttel on kollektiivne juhtimissüsteem ja see määrab ära, et ettevõttes peab olema visioon. See omakorda näitab, et ettevõttel peab olema pikaajaline vaade tulevikku.
- Kui digitaliseerimist ettevõttes ei toimu, siis juhtub nii, et tootmine liigub odavamatesse riikidesse.
- Robotiseerimine võtab ära kõik tööd, mis on korratavad ja tehisintellekt võtab ära tööd, mis teevad keskmise raskusastmega tööd.
- 5 aasta perspektiivis on üheks suurimaks arengusuunaks suurandmete (ingl.k *Big Data*) kasutamine.

Jüri Riivesega läbiviidud intervjuust toob autor välja järgnevad tähelepanekud:

- Tähtsad on ärimudeli ülesehitus, nutikas protsesside automatiseerimine ja suutlikkus hästi tootmist tootmismahutudega katta. Tuleb püüelda täiuslikuma ärimudeli poole ja kõrgema lisandväärtusega tootmise poole.
- Lihtsa ja väikese lisandväärtusega toote puhul puudub vajadus digitaliseerimiseks.
- Lihtsat tööd pole mõtet teha käsitsi, sest ressursi kulu on läinud kõrgeks.
- Väliskapitalil põhinevate ettevõtete tehnoloogiline suutlikkus on kõrgem, kui Eesti kapitalil põhinevatel ettevõttel ja sellest tekib ebavõrdsus.
- Eesti üheks probleemiks tööstuse digitaliseerimisel on asjaolu, et on vähe edukaid ettevõtteid, kes saaksid olla teistele ettevõtetele eeskujuks.

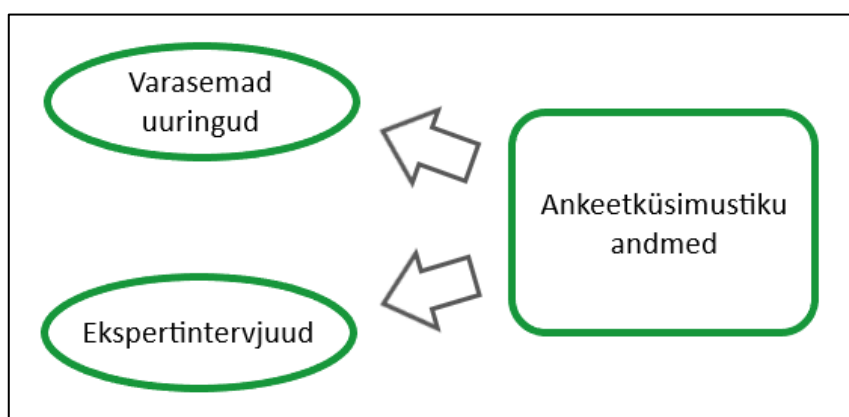
### 3. MASINATÖÖSTUSE TARNEAHELA DIGITALISEERITUSE UURING

Järgnevates alapeatükkides kirjeldab autor läbi viidud küsimustiku tulemuste esinduslikkust ja laekunud andmeid. Ühe olulise osa peatüki sisust moodustab küsimustiku andmete võrdlevanalüüs läbi viidud ekspertintervjuude ja varasemate uuringute vahel. Peatüki lõpuosas esitab autor koostatud teekaardi mudeli tarneahela digitaliseerimiseks ja tulemustest tulenevad järeldused ning ettepanekud edasisteks tegevusteks tarneahela digitaliseerimise valdkonnas.

#### 3.1. Tulemuste esinduslikkuse hindamine

Autori koostatud valimisse kuulus 135 masinatööstuse ettevõtet ning kuu aega kestnud andmekogumise perioodil vastas küsimustikule 30 ettevõtet. Vastanud ettevõtetest viis vastust ei kvalifitseerunud masinatööstuse ettevõtete tegevusvaldkondadesse ning seetõttu tuli autori viis vastust eemaldada ja jätkata andmete analüüsi tuginedes 25. ettevõtte vastusele.

Hoolimata autori pingutustest korduvalt kutsuda koostatud valimi ettevõtteid küsimustikule vastama, jäi valimit arvestades vastuste osakaal väheseks, sest vastas ligikaudu 18% valimisse kuulunud ettevõtetest. Sellegipoolest saab lähtuvalt laekunud andmetele viia läbi uuringu, sest lisaks küsimustiku andmetele kasutas autor andmete kogumismeetoditena veel varasemaid uuringuid ning läbi viidud ekspertintervjuusid. Alloleval joonisel (Joonis 3.1) on autor välja toonud uuringu andmeanalüüsi ülesehituse. Uuringu andmeanalüüsi ülesehitus tugineb ankeetküsimustiku andmete võrdlusele, kasutades selleks varasemaid uuringuid ja läbi viidud ekspertintervjuusid.



Joonis 3.1 Uuringu andmeanalüüsi ülesehitus [Autori poolt koostatud]

Lähtuvalt uurimisprobleemist ja laekunud tulemustest teostab autor kolme andmeallikale tuginedes tulemuste valideerimise järgnevatel teemadel: Tööstus 4.0 teadlikkus, digitaliseerituse

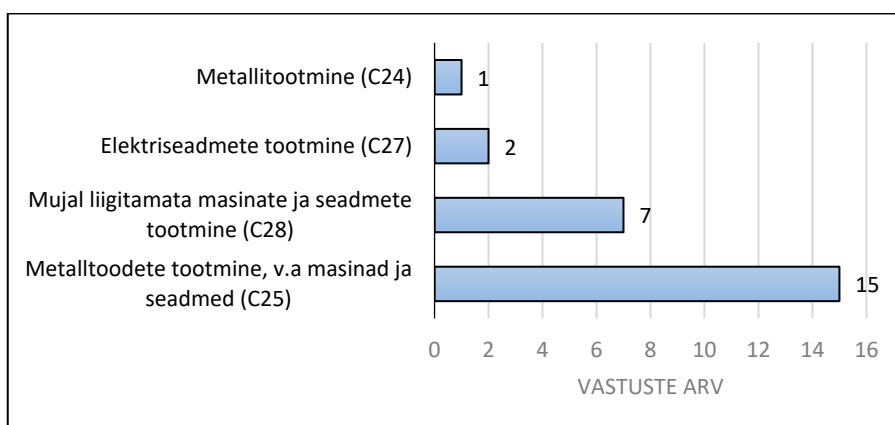
tase, pikaajalise strateegia olulisus ning takistused digitaliseerimisel. Valideerimise tulemusena koostab autor tarneahela digitaliseerimise teekaardi mudeli ning esitab varasematele tulemustele tuginedes järeldused ja ettepanekud digitaliseerimise taseme tõstmiseks.

## 3.2. Uuringusse kaasatud ettevõtete üldandmed

Eelnevas alapeatükis kirjeldatud küsimustiku tulemustena kvalifitseerusid 25 masinatööstuse ettevõtte vastused ning nende vastuste põhjal esitab autor järgnevalt tulemused vastanud ettevõtete üldandmetest. Uuringus käsitletava valimi kirjeldamiseks esitab autor antud alapeatükis järgmisi andmeid: ettevõtte tegevusvaldkond, ettevõtte jaotumus kapitali järgi ja ettevõtte suurus töötajate arvu põhjal.

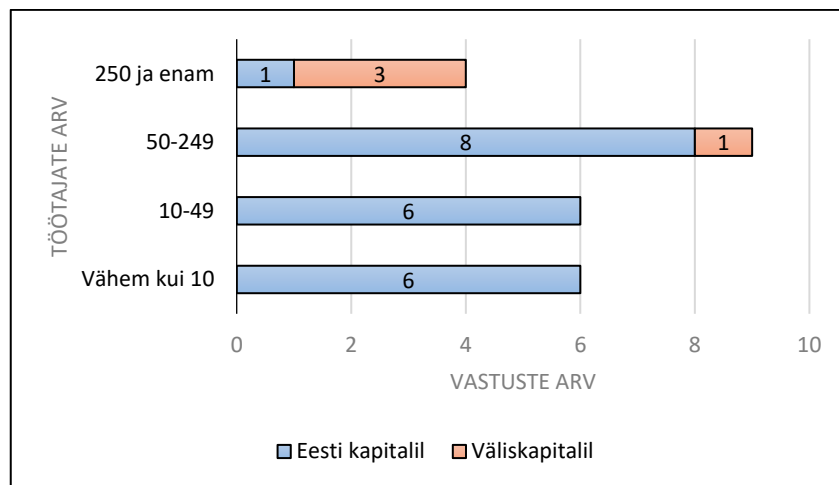
Selleks, et tuvastada, millises masinatööstuse harus ettevõtte tegutseb, esitas autor esimese küsimusena selle välja selgitamiseks vastava küsimuse. Vastusevariantide loomisel võttis autor aluseks EMTAK 2008 nimekirja. [35] Vastavalt 2011. aastal läbi viidud Masinatööstuse sektoruuringule vastavad masinatööstusele EMTAK 2008 valdkonnad C24-C30. [26]

Tulenevalt laekunud vastustest, on alloleval joonisel (Joonis 3.2) esitatud tulemus, et autori uuringule vastas seitsmest masinatööstuse valdkonnast nelja valdkonna esindajad. Kõige enam ja üle poole vastustest laekus valdkonna metalltoodete tootmine, v.a masinad ja seadmed (C24) valdkonna ettevõtetelt. Järgmisena laekus arvestatav hulk vastuseid mujal liigitama masinate ja seadmete tootmise (C28) valdkonna ettevõtetelt ning vähesema vastuse hulga moodustasid elektriseadmete tootmise (C27) ja metallitootmise (C24) vastused.



Joonis 3.2 Ettevõtte peamine tegevusvaldkond[Autori poolt koostatud]

Järgnevalt küsis autor ettevõttes töötavate töötajate arvu, tootmise asukohta riigi täpsusega ning kas ettevõtte põhineb Eesti- või väliskapitalil. Töötajate arvu küsis autor selleks, et identifitseerida ettevõtte suurust. Vastavalt Raamatupidamise seadusele jagunevad ettevõtted suuruse järgi mikroettevõteteks (vähem kuni 10 töötajat), väikeettevõteteks (10-49 töötajat), keskmise suurusega ettevõteteks (50-249 töötajat) ja suurettevõteteks (250 ja enam töötajat). [36] Ettevõtte tootmise asukohta riigi täpsusega küsis autor selleks, et saada ülevaade, et kas vastanud ettevõtete tootmine asub Eestis või osales uuringus ettevõtteid, kelle tootmine on näiteks üle viidud välisriiki. Laekunud vastused näitasid, et kõikide vastanud ettevõtete tootmine asub Eestis ning nende vastuste kajastamisel autor pikemalt ei peatu. Ekspertintervjuudest selgus, et tihtipeale on digitaliseerimisel edukamad just väliskapitalil põhinevad ettevõtted ning seetõttu küsis autor ettevõtete kapitalil põhinemist. Alloleval joonisel (Joonis 3.3) on autor välja toonud laekunud vastused ettevõtte suuruse ja kapitalil põhinemise kohta.



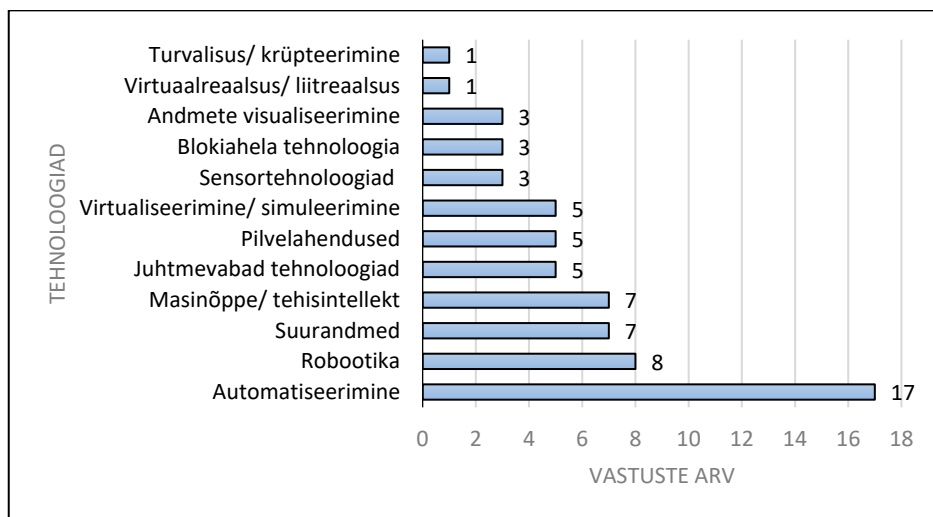
Joonis 3.3 Ettevõtte suurus töötajate arvu järgi ja kapitalil põhinemine [Autori poolt koostatud]

Ettevõtte suuruse osas vastas kõige enam küsimustikule keskmise suurusega ettevõtteid ning neile järgnesid võrdse vastuste arvuga mikroettevõtted ja väikeettevõtted. Kõige vähem laekus vastuseid suurtelt ettevõtetelt. Kapitalil põhinemise vastustest selgus, et 84% ettevõtetest baseeruvad Eesti kapitalil ning väliskapitali ettevõtteid iseloomustab laekunud vastuste järgi ettevõtte suurus. Neljast vastanud suurettevõttest (250 ja enam töötajat) kolm põhinevad väliskapitalil. Kui võtta aluseks Eesti suurettevõtted, siis tihtipeale toimub ettevõtte edukuse kasvades ettevõtte müük mõnele välisinvestorile ja seetõttu on ka suurettevõtete seas palju väliskapitalil põhinevaid ettevõtteid. Vastuste arvu vähesuse tõttu ei saa kindlalt väita, aga suure tõenäosusega oleks vastuste osakaal sarnane ka üldkogumis.

### 3.3. Tööstus 4.0 rakendamine tarneahelas

Järgnevas alapeatükis kirjeldab autor uuringusse kaasatud masinatööstuse ettevõtete ankeetküsimustiku tulemusi lähtuvalt Tööstus 4.0 rakendamisest tarneahelas ning teemadest, mida varasemate uuringute ja ekspertintervjuudega ei saa võrrelda. Alljärgnevalt toob autor välja eelistatud digitaliseerimise tehnoloogiad tarneahelas, kasutegurid Tööstus 4.0 rakendamisel tarneahelas, vajalikud oskused/teadmised digitaliseerimiseks ja riigi abi Tööstus 4.0 juurutamisel. Lisaks eelnevale uuris autor veel teadlikkust Logistika 4.0 tähendusest ettevõtete jaoks ning huvitavamad vastused on toodud välja lõputöö lisa (Lisa 3).

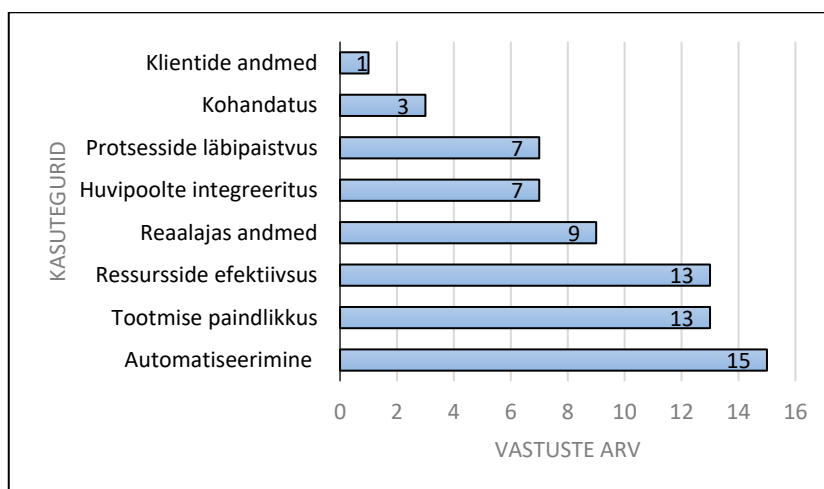
Digitaliseerimine on enamjaolt seotud **tehnoloogiate rakendamisega** ning sellega seoses esitas autor ettevõtetele küsimuse „Millistest Tööstus 4.0 digitaalsetest tehnoloogiatest oleks Teie arvates kõige rohkem kasu Teie ettevõtte tarneahelale?“. Vastamiseks andis autor ettevõtetele valikuvariandid erinevatest tehnoloogiatest ja palus ettevõtetel valida maksimaalselt 3 varianti. Alloleval joonisel (Joonis 3.4) välja toodud tulemustest selgus, et kõige enam kasu tarneahelas näevad ettevõtted automatiseerimisest, robotite kasutamisest, suurandmetest ja masinõppe/tehisintellekti kasutamisest.



Joonis 3.4 Tööstus 4.0 tehnoloogiate kasu ettevõtte tarneahelale[Autori poolt koostatud]

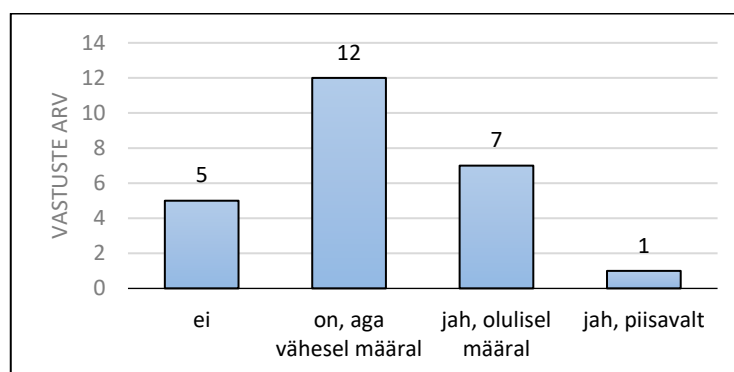
**Kasutegurid** Tööstus 4.0 rakendamisel tarneahelas. Rakendatud tehnoloogiate rakendamise eesmärgiks on muuta protsessi täiuslikumaks ning saavutada efektiivsuse kasv. Sellest tulenevalt esitas autor ettevõtetele küsimuse „Millised oleks Teie arvates 3 kõige suuremat kasutegurit Tööstus 4.0 rakendamisest ettevõtte tarneahelas?“. Allpool nähtaval joonisel (Joonis 3.5) esitab autor küsimusele laekunud tulemused ning selgus, et ka nagu tehnoloogiate puhul, näevad

ettevõtted kõige suuremat kasu automatiseerimisest. Lisaks automatiseerimisele loodetakse tarneahela digitaliseerimisest saavutada parem tootlikkuse paindlikkus, ressursside efektiivsem kasutamine ja reaalajas andmete kasutamise võimalus.



Joonis 3.5 Kasutegurid Tööstus 4.0 rakendamisel tarneahelas [Autori poolt koostatud]

Ühe tähtsa osa tarneahela digitaliseerimisest moodustavad digitaliseerimiseks **vajalikud oskused ja teadmised**. Selgitamaks, kuidas ettevõtted hindavad enda ettevõttes vajalike oskuste ja teadmiste olemasolu tarneahela digitaliseerimiseks, küsis autor ettevõtetelt „Kas Teil on ettevõttes piisavalt oskusi/teadmisi Tööstus 4.0 rakendamiseks ettevõtte tarneahelas?“. Alloleval joonisel (Joonis 3.6) nähtavatest tulemustest selgus, et suuremal osal vastanud ettevõtetest oskusi ja teadmisi on, aga vähesel määral. Oli ka ettevõtteid, kes hindavad oskuste ja teadmiste olemasolu heaks ning ettevõtteid, kes hindasid, et nende ettevõttes tarneahela digitaliseerimiseks vajalikud teadmised puuduvad. Tulemustest võib järeldada, et pigem on ettevõtetel vajalikest teadmistest ja oskustest puudu ning selle parandamiseks esitab autor töö hilisemas osas ettepanekud.



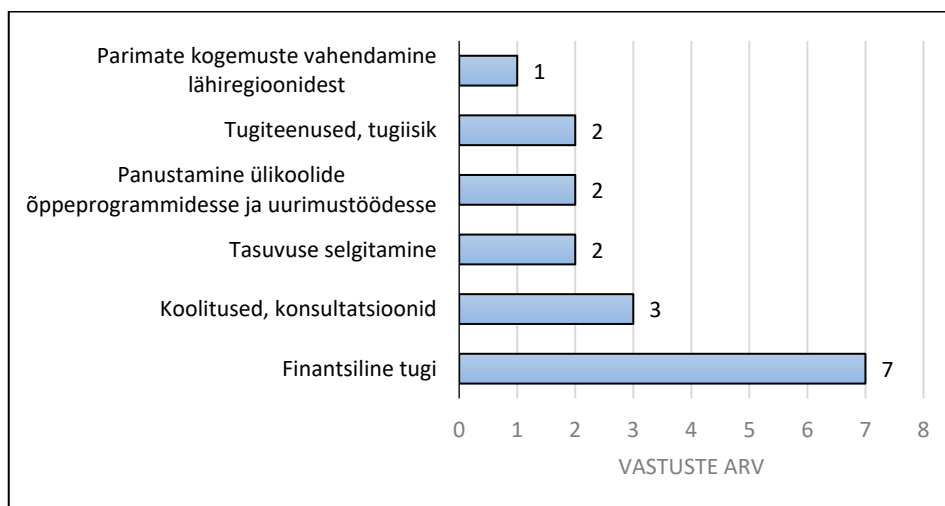
Joonis 3.6 Oskuste ja teadmiste olemasolu Tööstus 4.0 rakendamiseks [Autori poolt koostatud]

Ekspertintervjuudest selgus, et digitaliseerimisel on üheks suureks probleemiks vajalikud oskused ja teadmised ning saamaks teada, mis teadmistest ja oskustest on ettevõtetel puudu, küsis autor

„Milliseid oskusi/teadmisi on Teie ettevõttel vaja Tööstus 4.0 võimekuse saavutamiseks ja taseme tõstmiseks?“. Vastustest selgus, et Tööstus 4.0 võimekuse saavutamiseks ja taseme tõstmiseks on vajalikud oskused/teadmised:

- protsesside parem visualiseerimise oskus;
- tulevikuvisioni olemasolu;
- avatud mõtlemine;
- vastava kvalifikatsiooniga insenerid;
- machine learning/AI, IT;
- tööprotsesside lahendamine Tööstuse 4.0 vaatevinklist;
- praktilised oskused, millest alustada digitaliseerimisel.

Ankeetküsimustiku lõpuosas uuris autor uuringus osalenud ettevõtetelt **riigipoolse abi ootustest**. Küsimusele „Kas Te ootate ettevõttes Tööstus 4.0 rakendamiseks abi riigilt?“ selgus, et veidi üle poole ehk 13 ettevõtet vastanutest ootab Tööstus 4.0 rakendamisel abi riigilt ning 12 ettevõtet seda ei oota. Vastuste laekumisest võib järeldada, et ootus riigi abile on olemas ning selle osas peaks riik panustama, et pakkuda ettevõtetele tuge Tööstus 4.0 juurutamisel ettevõttes. Iseasi on, kas ettevõtete ootused ja riigi võimekus ühtivad. Et selgitada välja, mis abi riigilt oodatakse, küsis autor abi ootavatel ettevõtetelt lisaks küsimuse „Missugust abi riigilt ootate?“. Laekunud vastused jaotas autor kategooriatesse ning esitab need alloleval joonisel (Joonis 3.7). Tulemustest selgus, et peamiselt ootavad ettevõtted finantsilist tuge ja siinkohal võib öelda, et antud toe pakkumine on eeldatavalt kõige keerulisem, sest riigi võimekus on piiratud ja riik ei suuda kõiki töötleva tööstuse ettevõtteid aidata. Hetkel on EAS-il digitaliseerimisega alustamiseks digidiagnostika ning teekaardi koostamise toetus loodud ning autor arvab, et sellest on suur abi ettevõtetele. [29]



Joonis 3.7 Riigilt oodatava abi liik Tööstus 4.0 rakendamiseks [Autori poolt koostatud]



### 3.4. Tulemuste valideerimine

Järgnevas alapeatükis keskendub autor tulemuste valideerimisele. Peatüki alguses kirjeldas autor, et tulemuste valideerimiseks kasutab autor varasemaid uuringuid, ekspertintervjuude tulemusi ning ankeetküsimustiku tulemusi. Tulenevalt lõputöö uurimisprobleemist ja eesmärgist, teostab autor valideerimise alljärgnevas tabelis (Tabel 3.1) nähtavate aspektide lõikes ning esitab tulemustest kokkuvõtte alapeatüki lõpus.

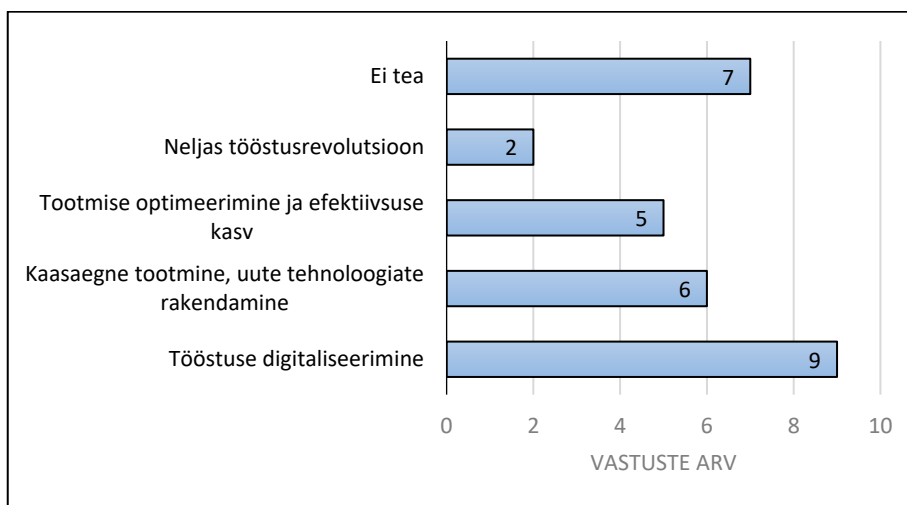
Tabel 3.1 Tulemuste valideerimisel võrreldavad aspektid [Autori poolt koostatud]

| Võrreldav aspekt                | Varasemad uuringud | Ekspertintervjuud | Ankeetküsimustiku tulemused |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|
| Tööstus 4.0 teadlikkus          |                    |                   |                             |
| Digitaliseerituse tase          |                    |                   |                             |
| Takistused digitaliseerimisel   |                    |                   |                             |
| Pikaajalise strateegia olulisus |                    |                   |                             |

Võttes arvesse, et Tööstus 4.0 kontseptsiooni laialdasem levik Eestis on alguse saanud viimastel aastatel ja suur osa ettevõteteid alles teevad plaane, kuidas liikuda digitaliseerituma tootmise poole, siis oli otstarbekas uurida, et milline on Eesti masinatööstuse ettevõtete teadlikkus Tööstus 4.0 kontseptsioonist. 2019. aasta jaanuaris avalikustatud ning EAS-i poolt tellitud uuringust tootmisprotsesside juhtimise digitaliseerimisest tööstuses selgus, et tööstuse digitaliseerimise all mõistetakse peamiselt uute arvutiprogrammide kasutuselevõttu (90%), juhtimisprotsesside tõhustamist digirakenduste abil (85%) ja arvuti abil juhitavate robotite kasutamist (77%). [30] Autori poolt läbi viidud ekspertintervjuudest selgus, et mõlema eksperdi arvates on teadlikkus tööstuse digitaliseerimisest kõikuv, sest on ettevõtteid, kes on hästi teadlikud ja ettevõtteid, kes pole kontseptsioonist veel kuulnudki.

Autori poolt läbi viidud ankeetküsimustikus esitas autor erinevalt EAS-i tellitud uuringule küsimuse teadlikkuse kohta avatud küsimusena ja vastusevariante vastajatele ette andmata. Arvestades, et küsimus oli vastamiseks vabatahtlik, siis ei vastanud sellele küsimusele kõik ettevõtted ning valimisse kvalifitseerunud ettevõtetest vastas küsimusele 20 ehk 80% vastanud ettevõtetest. Vastavalt laekunud vastustele kategoriseeris autor vastused ning esitab tulemused alloleval joonisel (Joonis 3.8). Oli ettevõtteid, kes vastasid põhjalikumalt ja nende vastusest võis välja lugeda mitmesse kategooriasse sobivaid vastuseid. Viie vastamata jätnud ettevõtte vastused arvestas autor kategooriasse „Ei tea“, sest suure tõenäosusega puudub neil vastamata jätmise tõttu teadlikkus Tööstus 4.0 kontseptsioonist. Kategoriseeritud vastustest selgus, et kõige enam

arvatakse Tööstus 4.0 olevat tööstuse digitaliseerimine (9 vastust). Järgnevalt kogusid kõige rohkem vastuseid kaasaegne tootmine ning uute tehnoloogiate rakendamine (6 vastust), tootmise optimeerimine ja efektiivsuse kasv (5 vastust) ja neljas tööstusrevolutsioon (2 vastust). Kaks ettevõtet vastasid küsimusele „Ei tea“ ja koos vastamata jätnud ettevõtetega näitab see, et ligikaudu 30% ettevõtetest ei tea, mis on Tööstus 4.0. Üldiselt võib aga järeldada ja nõustuda ekspertide arvamusega, et teadlikkus on kõikuv, sest oli vastuseid, mis olid väga põhjalikud ning head teadlikkust näitavad ja vastuseid, mis olid napisõnalised või vastuseta. Põhjalike ja huvitavamate vastustega Tööstus 4.0 tähendusest ettevõtetega jaoks saab tutvuda käesoleva lõputöö lisa (Lisa 3).



Joonis 3.8 Tööstus 4.0 tähendus Eesti masinatööstus ettevõtetega jaoks [Autori poolt koostatud]

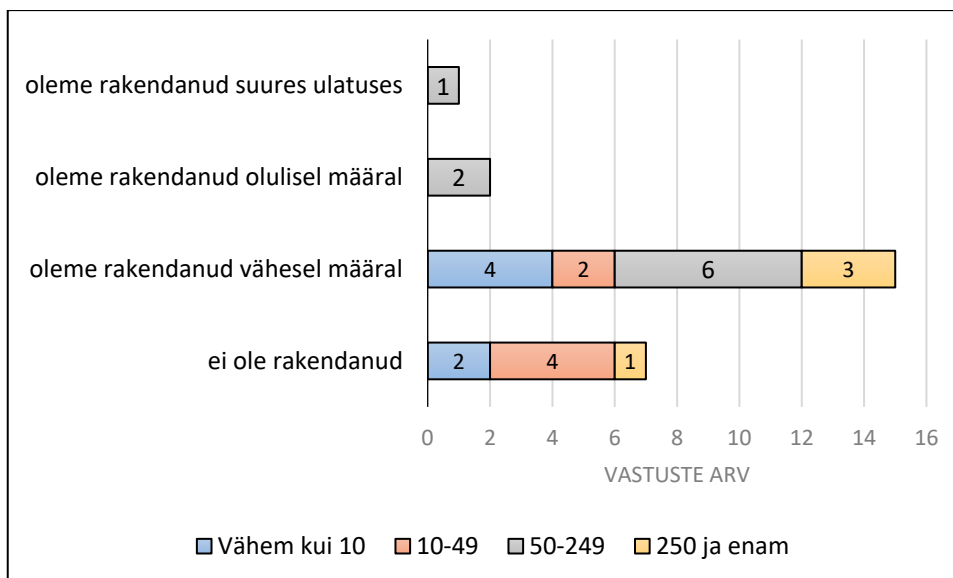
Käesoleva lõputöö uurimisprobleemiks on asjaolu, et Eesti masinatööstuse **digitaliseerituse tase** on võrreldes Euroopa riikidega madal ning sellest tulenevalt keskendus autor ühe olulise osa selle taseme kinnitamisele ja välja selgitamisele. Digitaliseerituse taseme välja selgitamiseks võrdleb autor omavahel varasemate uuringute, ekspertintervjuude ja ankeetküsimustiku tulemusi.

EAS-i tellitud uuringust „Tootmisprotsesside juhtimise digitaliseerimine tööstuses“ selgus, et kogu töötlevat tööstust ja 300 ettevõttega valimi puhul on ettevõtetes digitaliseeritud 23,9% tootmisprotsessi etappidest. Eraldi tuleks välja tuua, et 35% ettevõtetest vastas, et digitaliseeritud protsessid ettevõttes puuduvad ning ettevõtte suuruse põhjal on tase kõrgem suuremates ettevõtetes. [30] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi (MKM) poolt tellitud uuringu kokkuvõttes toodi välja, et digitaalseid tehnoloogiaid kasutatakse ettevõtetes rohkemal või vähemal määral, aga samas ilmnes ka asjaolu, et ettevõtetega tase digitaalsete tehnoloogiate kasutamisel on väga ebaühtlane. [31] Swedbanki 2019. aasta tööstusettevõtetega uuringust otseselt ei saa digitaliseerituse taset välja tuua, küll aga on välja toodud, et automatiseerimine on fookuses

ning tulevikku silmas pidades on võtmeküsimuseks ettevõtete suutlikkus rakendada uusi tehnoloogiaid ja arendada tooteid suurema lisandväärtuse saavutamiseks. [25] Töö esimeses peatükis joonisel (Joonis 1.7) on välja toodud konverentsil Tark Tööstus 2019 esinenud Tõnu Lelumehel IMECC OÜ andmetele tuginev ettekande osa ning sellest selgus, et Eesti tase protsesside digitaliseerimisel võrreldes teiste riikidega on madalam. Tulemustest tasuks välja tuua, et kõige madalam digitaliseeritus iseloomustab logistika protsessi ning seal oleme hetketaseme järgi teistest riikidest maas rohkem kui poole võrra. [10]

Antud teemal vestles autor ekspertintervjuude käigus ekspertidega ning valdavalt mõlema eksperdi arvamused Eesti masinatööstuse digitaliseerituse tasemest ühtivad. Tauno Otto tõi välja, et Eestis masinatööstuse digitaliseerituse tase on keskmine ning on riike, kus tase palju halvem ja riike, kus tase palju parem. Samuti tõi ekspert välja, et suureks edasiarenguks tootmises on vaja ajalooa ettevõtet, kellel on enda arendusmeeskond ja parem rahaline võimekus. Samas väikefirmade kaitseks ütles ekspert, et nende edu võib peamiselt avalduda just läbi uuendusliku äriidee. Jüri Riives omakorda nentis fakti, et tuntud ja arenenud tööstusriikidest jääme digitaliseerituse tasemes maha. Selleks, et digitaliseerituse taset tõsta, tuleks ettevõtetel hoida kasvatempod kõrged ning püüelda suurema lisandväärtusega tootmise poole. Samas märkis Jüri Riives veel, et kui ettevõttel on lihtne ning väikese lisandväärtusega toodang, siis tuleb kriitiliselt mõelda, et kas on mõtet digitaliseerida. Digitaliseerimisel edukad võivad olla nii suured, kui väikesed ettevõtted aga tüüpiliselt on suuremad ja väliskapitalil põhinevad ettevõtted edukamad.

Autori poolt läbi viidud ankeetküsimustiku tulemused Tööstus 4.0 rakendamise ettevõtte suuruse põhjal on kajastatud alljärgneval joonisel (Joonis 3.9). Vastustest selgub, et Eesti masinatööstuse ettevõtete digitaliseerimise tase on madal. Üle poolte ettevõtetest (60%) on Tööstus 4.0 lahendusi ettevõttes rakendanud vähesel määral ning 28% ettevõtetest pole ühtegi Tööstus 4.0 lahendust ettevõttes rakendanud. Vaid 12% ettevõtteid (2+1 vastust) on tööstuse digitaliseerimisega paremal järjel. Laekunud tulemused näitavad veel, et ettevõtte suuruse põhjal on teistest paremas seisus keskmise suurusega ettevõtted (50-249 töötajat) ning just nende ettevõtete seas olid ka kõrgema digitaliseerituse tasemega ettevõtted.



Joonis 3.9 Tööstus 4.0 rakendamine masinatööstuse ettevõtetes ettevõtte suuruse põhjal  
[Autori poolt koostatud]

Selleks, et välja selgitada digitaliseerituse keskmine tase, andis autor igale vastusevariandile väärtuse, mida saab näha tabelis (Tabel 3.2).

Tabel 3.2 Vastusevariantidele antud väärtused [Autori poolt koostatud]

| Vastusevariant                   | Antud väärtus | Vastuste osakaal |
|----------------------------------|---------------|------------------|
| ei ole rakendanud                | 0%            | 28%              |
| oleme rakendanud vähesel määral  | 25%           | 60%              |
| oleme rakendanud olulisel määral | 50%           | 8%               |
| oleme rakendanud suures ulatuses | 75%           | 4%               |

Lähtuvalt antud väärtustest selgus, et keskmine digitaliseerituse tase uuringus osalenud masinatööstuse ettevõtete seas oli 22%. Antud tulemus kinnitab, et digitaliseerituse tase masinatööstuse ettevõtetes on alla keskmise madal ning konkurentsipüsimiseks on vaja taset tõsta. Laekunud vastuste tulemused peegeldavad suurel määral varasemate uurimuste ning läbi viidud ekspertintervjuude tulemusi.

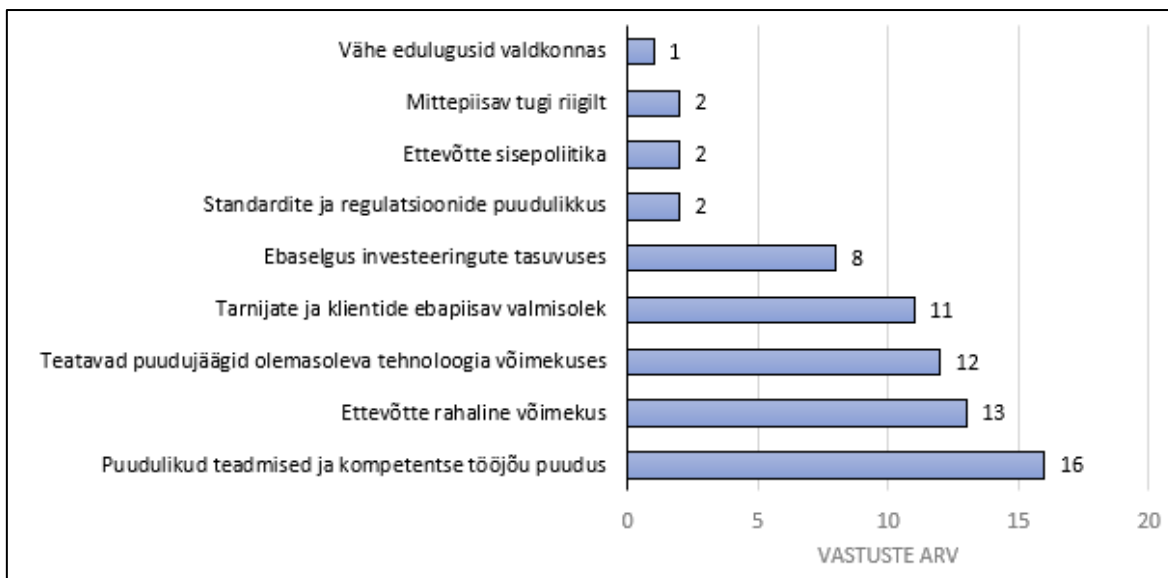
Selgitamaks, millised on peamised **takistused tarneahela digitaliseerimisel**, küsis seda autor ekspertidelt intervjuu ja ettevõtetelt küsimustiku abil. EAS-i poolt tellitud kogu Eesti töötlevat tööstust kajastavast uuringust selgus, et peamisteks takistusteks digitaliseerimisel on vajaduse puudumine, digitaliseerimise võimalik tase on ettevõttes saavutatud, pangast negatiivse laenuotsuse saamine, vähene info võimaluste kohta ning teadlikkuse puudumine digitaliseerimisega alustamise kohta. [30] MKM-i poolt tellitud uuringust selgus, et üheks peamiseks

takistusteks on oskusspetsialistide kättesaadavus digitaalsete tehnoloogiate kasutusele võtmisel ja rakendamisel ettevõtetes. Teise peamise takistusena toodi välja kapitali saadavus ja sellest tulenevalt on suurte rahvusvaheliste kontsernide ettevõtted tunduvalt paremas seisus, kui Eesti kapitalil olevad ettevõtted. [31]

Autori poolt läbi viidud intervjuudest ekspertidega selgusid samuti huvitavad vastused. Esimesena intervjuueeritud eksperdi Tauno Otto arvates on peamiseks takistuseks digitaliseerimisel teadlikkuse ja oskuste puudumine. Veel tõi Tauno Otto ühe takistusena välja ettevõtetes kollektiivse juhtimissüsteemi ja visiooni puudumise. Teisena intervjuueeritud Jüri Riives tõi välja kolm suurimat probleemi digitaliseerimisel. Peamiseks takistuseks on väikese lisandväärtusega tooted, väikesed tootmismahud ja ebakindel tootmisprogramm. Teisena on takistuseks ettevõtete tehnoloogiline suutlikkus ja seda peamiselt seetõttu, et väliskapitalil põhinevate ettevõtete tehnoloogiline suutlikkus on kõrgem, kui Eesti kapitalil põhinevatel ettevõtetel ja sellest tuleneb ebavõrdus. Kolmandana tõi Jüri Riives välja, et Eesti probleemiks on vähene edukate ettevõtete arv, kes saaksid olla teistele ettevõtetele eeskujuks.

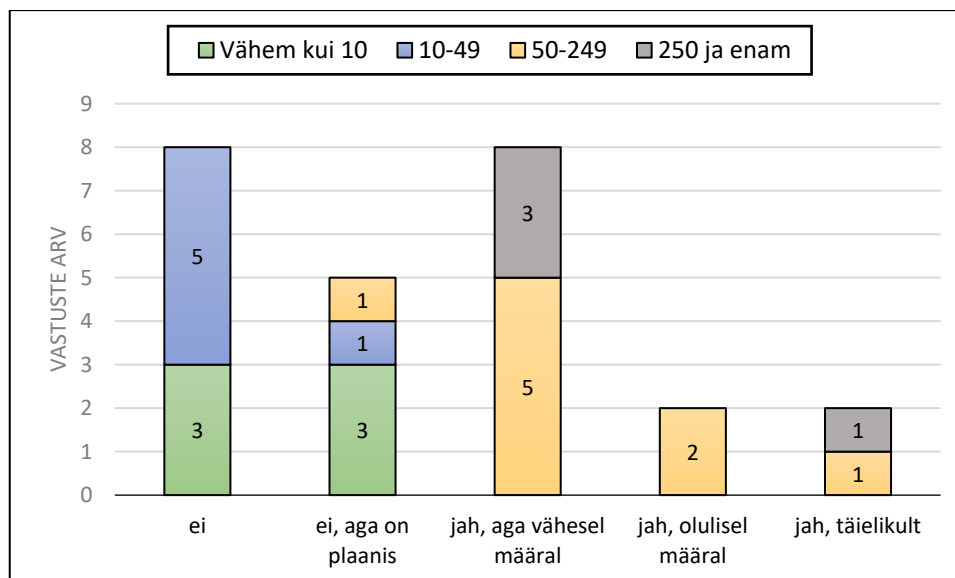
Eelnevad välja toodud takistused digitaliseerimisel põhinevad üldisel Tööstus 4.0 juurutamisel ja seetõttu uuris autor ettevõtete seas läbi viidud ankeetküsimustikus peamisi takistusi, mida ettevõtted näevad Tööstus 4.0 juurutamisel tarneahelas. Ettevõtetel oli võimalus valida autori poolt pakutud variantidest 3 kõige suuremat takistust, mis ettevõtete arvates takistavad Tööstus 4.0 juurutamist tarneahelas. Laekunud tulemused on kajastatud alloleval joonisel (Joonis 3.10). Välja pakutud variantidest kujunesid peamiseks takistusteks Tööstus 4.0 juurutamisel tarneahelas 5 autori poolt välja pakutud varianti. Suur osa ettevõtetest (16 vastust) peab suurimaks takistuseks puudulikke teadmisi ja kompetentse tööjõu puudust. Veel peavad Eesti masinatööstuse ettevõtted peamiseks takistusteks ettevõtte rahalist võimekust (13 vastust); teatavat puudujääki olemasoleva tehnoloogia võimekuses (12 vastust); tarnijate ja klientide ebapiisavat valmisolekut (11 vastust) ja ebaselgust investeeringute tasuvuses (8 vastust). Võrreldes laekunud vastuseid varasemate uuringute ja ekspertintervjuude tulemustega, võib järeldada, et ka tarneahela digitaliseerimisel on üheks suurimaks probleemiks puudulikud teadmised ja kompetentse tööjõu puudumine. MKM-i uurimusest selgunud kapitali saadavuse probleem joonistub hästi välja ka autorile laekunud tulemusest ettevõtte rahalise võimekuse osas. [31] Erinevusena varasematest uuringutest ja just tarneahela valdkonda iseloomustavast takistusest soovib autor välja tuua tarnijate ja klientide ebapiisava valmisoleku. Kui ettevõtte digitaliseerib oma tarneahelast osa, mis hõlmab teataval määral suhtlust kliendi või tarnijaga, siis eeldab see ka kliendi või tarnija süsteemi ühildumist

rakendatud digitaliseeritava tehnoloogiaga. Kui klient või tarnijaga rakendatud tehnoloogiaga ühilduda ei suuda, siis avaldab see suurt mõju tarneahelat digitaliseerivale ettevõttele ja seab kahtluse alla digitaliseerimise otstarbekuse seniks, kuni kliendid ja tarnijad pole ühildumiseks valmis.



Joonis 3.10 Peamised takistused Tööstus 4.0 juurutamisel tarneahelas [Autori poolt koostatud]

**Pikaajalise strateegia** olulisust digitaliseerimisel on hakatud järjest enam tähtsaks pidama ning seda kinnitavad ka varasemad uurimused ning autori poolt läbi viidud ekspertintervjuud. 2018. aastal MKM-i tellimusel läbi viidud tööstuse digitaliseerimise uuringust selgus, et strateegiline lähenemine digitaalsete tehnoloogiate kasutamisele ettevõttes on olulise tähtsusega ning selle vajadusest on arusaam olemas, kuid paljudel ettevõtetel strateegiat ei ole. [31] Strateegilise plaani olulisust rõhutasid ka autori poolt intervjuueeritud eksperdid. Tauno Otto tõi välja asjaolu, et ilma pikaajalise vaatega tulevikku on keeruline protsesse digitaliseerida ning Jüri Riives ütles, et ärimudeli ülesehitus on olulise tähtsusega ning tuleb püüelda täiuslikuma ärimudeli ja kõrgema lisandväärtusega tootmise poole. Tarneahela pikaajalise strateegia olemasolu uuris autor ka läbiviidud ankeetküsimustikus ning alloleval joonisel (Joonis 3.11) kajastatud tulemustest selgus, et 13 uuringus osalenud ettevõtet ei oma tarneahela pikaajalist strateegiat, aga 5 ettevõtet neist plaanib strateegia loomist. Need ettevõtted, kellel tarneahela pikaajaline strateegia oli olemas (12 ettevõtet), ilmnas asjaolu, et kaheksal ettevõttel on strateegia leidnud kasutust vähesel määral. Arvestades, et pikaajalise strateegia kasutamine digitaliseerimisel on nii varasemate uuringute kui ekspertide arvamusel oluline, siis võib nende kaheksa ettevõtte strateegia vajada kohendamist nii, et seda saaks rakendada suurel määral ja tagada digitaliseerimise edukus.



Joonis 3.11 Tarneahela pikaajalise strateegia kasutamine ettevõtte suuruse põhjal [Autori poolt koostatud]

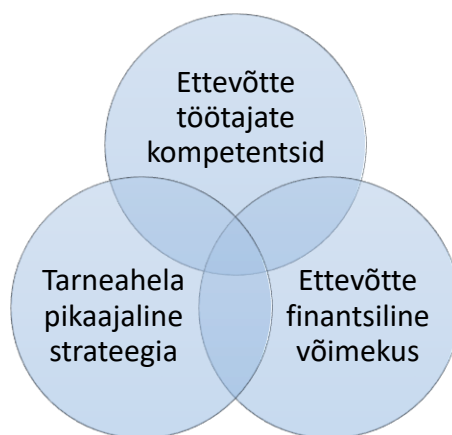
Allolevasse tabelisse (Tabel 3.3) on autor toonud eelmises alapeatükis käsitletud teemade võrdluse erinevate allikate vahel ning selle alusel saab kinnitada, et suurel määral kattuvad tulemused varasemate uuringute, ekspertintervjuude ja ankeetküsimustiku tulemuste vahel. Arvestades, et autori poolt läbi viidud küsimustikule vastas võrdlemisi väike osa valimist, siis tulid siiski välja sarnased tulemused varasemate uuringute ja ekspertintervjuudega. Võib öelda, et digitaliseerituse tase töötlevas tööstuses üldiselt ja masinatööstuse sektoris on madal ning peamiste takistustena näevad ettevõtted vajalike teadmistega spetsialistide puudust ning ebapiisava kapitali olemasolu protsesside digitaliseerimisel.

Tabel 3.3 Võrdlev tabel erinevate aspektide vahel [Autori poolt koostatud]

| Võrreldav aspekt                | Varasemad uuringud   | Ekspertintervjuud  | Ankeetküsimustiku tulemused  |
|---------------------------------|--|--|--|
| Tööstus 4.0 teadlikkus          | Ebaühtlane   | Ebaühtlane   | Ebaühtlane   |
| Digitaliseerituse tase          | Tase madal   | Keskmine, aga jääme palju maha arenenud tööstusriikidest                                     | Tase madal, keskmine tase 22%  |
| Takistused digitaliseerimisel   | Oskusspetsialistide puudus, ebapiisav kapital, vajaduse puudumine, teadlikkuse puudumine | Teadlikkuse ja oskuste puudumine, väikese lisandväärtusega tooted, tehnoloogiline suutlikkus | Teadlikkuse ja oskuste puudumine, ebapiisav kapital, tehnoloogia võimekus, tarnijate ja klientide valmisolek |
| Pikaajalise strateegia olulisus | Oluline  | Oluline  | Oluline, aga kasutamine nõrk   |

### 3.5. Tööstus 4.0 teekaardi mudel Eesti Masinatööstuse ettevõtte tarneahelale

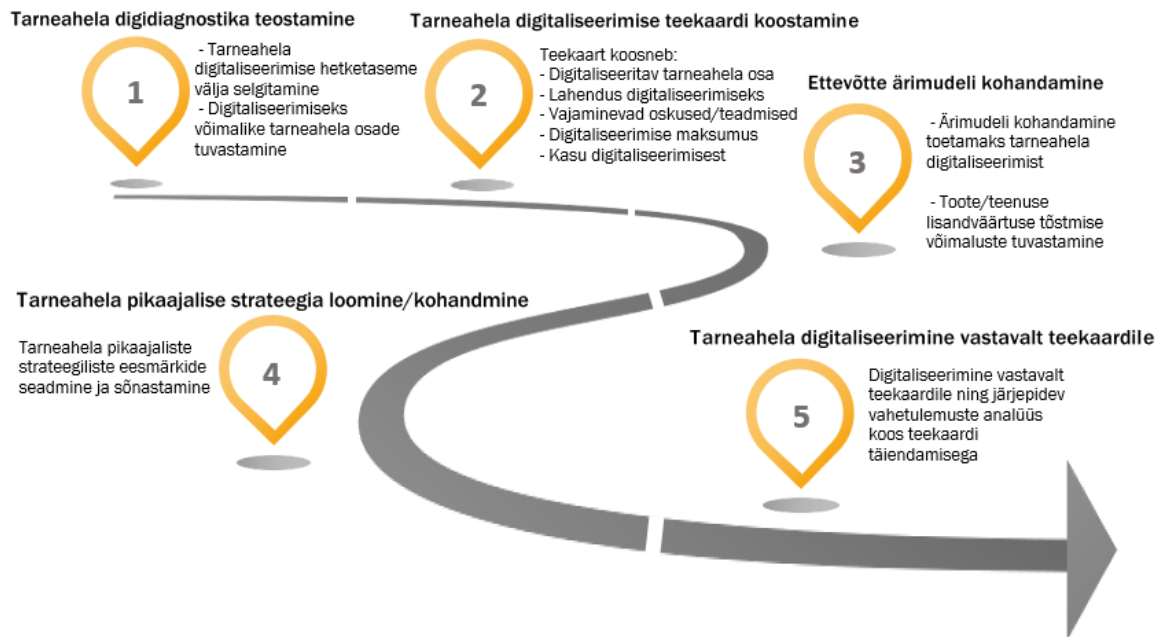
Digitaliseerimise teekaardi kasutamine on üheks peamiseks levinuimaks tööriistaks alustamaks Tööstus 4.0 juurutamisega ettevõttes. Autori arvates on teekaardi kasutamine digitaliseerimiseks hästi kohaldatav ka ettevõtte tarneahela digitaliseerimiseks. Alloleval joonisel (Joonis 3.12) on autor välja toonud varasemate uurimuste, ekspertintervjuude ja küsimustiku tulemuste põhjal täheldatud eeldused, mida vajab ettevõtte tarneahela digitaliseerimiseks. Arvestades, et ettevõtte juhtkonnal on Tööstus 4.0 teadlikkus olemas, siis on nendeks eeldusteks tarneahela pikaajaline strateegia, ettevõtte töötajate kompetentsid ja ettevõtte finantsiline võimekus. Kui need 3 eeldust on täidetud, siis on võimalik ka alustada eduka tarneahela digitaliseerimisega.



Joonis 3.12 Eeldused ettevõtte tarneahela digitaliseerimiseks [Autori poolt koostatud]

**Tarneahela digitaliseerimisega alustamiseks** on vaja teha eeltööd ja tuvastada etapid, mis tuleb enne digitaliseerimist läbida. Tuginedes käesolevas uuringus tuvastatud tulemustele, esitab autor alloleval joonisel (Joonis 3.13) koostatud tarneahela digitaliseerimise etapid. Nagu ka üldiselt Tööstus 4.0 juurutamisega alustamiseks, on esimeseks etapiks tarneahela kontekstis samuti digidiagnostika teostamine. Tarneahela digidiagnostika teostamine aitab välja selgitada digitaliseerimise hetketaseme ning tuvastada need tarneahela osad, kus digitaliseerimine on võimalik ja kasulik. Digidiagnostika teostamiseks on tänaseks päevaks loodud juba mitmeid võimalusi. Üheks riigipoolseseks võimaluseks on digidiagnostika toetuse taotlemine EAS-i kaudu. [29]





Joonis 3.13 Tarneahela digitaliseerimisega alustamise etapid [Autori poolt koostatud]

Peale digidiagnostika teostamist tarneahelas, on järgmiseks sammuks tarneahela digitaliseerimise teekaardi koostamine. Kui üldiselt kogu ettevõtte tasandil on digitaliseerimise teekaart sihtotstarbeliste tegevuste kogum ajalises järjestuses eesmärgiga tõsta ettevõtte konkurentsivõimet ja parandada tulemuslikkust läbi kindlaksmääratud digitaalsete lahenduste kasutamise, siis antud kontekstis on teekaart suunitletud just tarneahela protsessidele. [37] Autori koostatud joonisel (Joonis 3.13) on välja toodud, et tarneahela digitaliseerimise teekaart koosneb digiauditi käigus tuvastatud digitaliseeritavatest tarneahela osadest; lahendustest ehk digitaalsetest tehnoloogiatest, mis tuvastatud probleemi lahendada aitavad; vajaminevatest oskustest ja teadmistest, mis on vajalikud lahenduse ellu viimiseks; tarneahela osa digitaliseerimise maksumusest; rahalisest ja ajalisest kasust, mis tuleneb tarneahela protsessi digitaliseerimisest. Alapeatüki alljärgnevas osas esitab autor enda poolt koostatud digitaliseerimise teekaardi mudeli koos täiendavate selgitustega.

Võib tunduda, et digitaliseerimise teekaardi koostamisega said vajalikud sammud digitaliseerimisega alustamiseks tehtud ja võiks alustada tarneahela protsesside digitaliseerimisega, aga autori arvates tuleks ettevõttel enne seda läbida kaks olulist etappi. Nendeks etappideks on ettevõtte ärimudeli kohandamine ja tarneahela pikaajalise strateegia loomine/kohandamine. Ekspertintervjuude käigus tuvastas autor, et mõlemad eksperdid rõhutasid ärimudeli ja strateegia olulisust, milleta ei ole protsesside digitaliseerimine edukas. Ettevõttel tuleb luua kollektiivne juhtimissüsteem, mis sisaldab selgelt sõnastatud visiooni ja missiooni. Seda kinnitas ka autori läbi

viidud ankeetküsimustik, kus pikaajalise tarneahela strateegia olemasolu küsimusele vastas üle poolte vastanud ettevõtetest, et nemad seda enda ettevõttes ei kasuta.

Ärimudeli kohandamise puhul tuleks veenduda, et see kohandamine toimuks tarneahela digitaliseerimist toetavalt ja tuvastada võimalused, mis aitaks toote või teenuse lisandväärtust tõsta. Tulenevalt ettevõtte ärimudelist, tuleb tarneahela pikaajalist strateegiat kohandada või selle puudumise korral strateegia luua. Vastavalt digitaliseerimise teekaardil planeeritud tegevustele tuleks ettevõttel seada ja sõnastada pikaajalised eesmärgid tarneahela digitaliseerimise toetamiseks. Tegu on pikaajalise strateegiaga ja see eeldab tarneahela strateegia koostamist vähemalt järgneva viie aasta perspektiivis ning iga-aastast strateegia ülevaatust. Kui ettevõtte on eelnevatesse sammudesse piisavalt panustanud ning ka seda järgib, siis on võimalik loota ootuspäraseid tulemusi digitaliseerimisest.

Viimase ja kõige olulisema etapina digitaliseerimisega alustamisel on autor välja toonud tarneahela digitaliseerimise vastavalt teekaardile. Antud etapiga alustamiseks peavad kõik eeltoodud etapid olema hoolikalt läbitud ning sellest sõltub ka kogu tarneahela digitaliseerimise edukus. Vastavalt ettevõtte finantsilisele võimekusele ja oskustele, tuleks alustada kõige probleemsemate tarneahela protsesside digitaliseerimisega, mis tuvastati digidiagnostika käigus ning seati plaaniks tarneahela digitaliseerimise teekaardil. Olulised on siinkohal tegutsemine vastavalt teekaardile ning järjepidev vahetulemuste analüüs. Tulenevalt vahetulemustest või tehnoloogilistest arengutest tööstuses ei saa välistada järjepidevat teekaardi täiendamist.

Järgnevalt tutvustab autor loodud **Tööstus 4.0 teekaardi mudelit** Eesti masinatööstuse ettevõtte tarneahelale. Digitaliseerimine on ettevõtete jaoks palju ressursse nõudev tegevus ning need tegevused tuleb hoolikalt planeerida. Tegevuste planeerimiseks on sobilik kasutada teekaarti ning tuginedes varasemate uuringutele, ekspertintervjuudele ja küsimustiku tulemustele, esitab autor enda poolt koostatud tarneahela digitaliseerimise teekaardi mudeli allolevas tabelis (Tabel 3.4). Loodud tarneahela digitaliseerimise teekaardi mudeli koostamisel võttis autor aluseks EAS-i poolt koostatud teekaardi ning arendas seda edasi. Teekaardi mudel, mis valmis töö tulemusena, koosneb neljast tarneahela funktsioonist: hankimine, tootmine, tarnimine ja tagastus. EAS-i teekaardil on väljunditeks lahendus ja maksumuse suurusjärk ning autori arvates vajaks see tarneahela mõistes rohkem väljundeid. Autori koostatud teekaardi mudel koosneb viiest väljundist ning nendeks on probleem, lahendus, vajalikud teadmised/oskused, maksumus ja kasu.

Tabel 3.4 Tööstus 4.0 teekaardi mudel Eesti masinatööstuse ettevõtte tarneahelale [Autori poolt koostatud]

| 2019 HANKIMINE |          |          |                             |          |      |
|----------------|----------|----------|-----------------------------|----------|------|
| Nr.            | Probleem | Lahendus | Vajalikud teadmised/oskused | Maksumus | Kasu |
| 1.             |          |          |                             |          |      |
| 2.             |          |          |                             |          |      |
| ...            |          |          |                             |          |      |
| 2019 TOOTMINE  |          |          |                             |          |      |
| Nr.            | Probleem | Lahendus | Vajalikud teadmised/oskused | Maksumus | Kasu |
| 1.             |          |          |                             |          |      |
| 2.             |          |          |                             |          |      |
| ...            |          |          |                             |          |      |
| 2019 TARNIMINE |          |          |                             |          |      |
| Nr.            | Probleem | Lahendus | Vajalikud teadmised/oskused | Maksumus | Kasu |
| 1.             |          |          |                             |          |      |
| 2.             |          |          |                             |          |      |
| ...            |          |          |                             |          |      |
| 2019 TAGASTUS  |          |          |                             |          |      |
| Nr.            | Probleem | Lahendus | Vajalikud teadmised/oskused | Maksumus | Kasu |
| 1.             |          |          |                             |          |      |
| 2.             |          |          |                             |          |      |
| ...            |          |          |                             |          |      |

Nagu ka EAS-i digitaliseerimise teekaart, tuleb autori teekaart koostada aastate põhiselt. Eelnevalt kirjeldas autor, et pikaajaline tarneahela strateegia tuleb koostada vähemalt viie aasta perspektiiviga ning samamoodi tuleb lähtuda teekaardi koostamisel. Ehk kui teekaarti hakatakse koostama aastal 2019, siis tuleb teekaardil planeerida digitaliseerimise tegevused järgneviks viieks aastaks ehk antud näite puhul kuni aastani 2024. Autori koostatud teekaardi mudelit võivad ettevõtted vastavalt vajadusele kohendada ning võib olla vajalik lisada sinna liselemente nagu kaasnevad riskid ja projekti eeldatav lõppaeg. Järgnevalt esitab autor allolevas tabelis (Tabel 3.5) teekaardi väljundite sisu selgituse.

Tabel 3.5 Tarneahela digitaliseerimise teekaardi väljundite selgitus [Autori poolt koostatud]

| Teekaardi väljund           | Väljundi sisu selgitus   |
|-----------------------------|--|
| Probleem                    | Digidiagnostika käigus tuvastatud probleemne tarneahela osa, mille digitaliseerimisel on võimalik saavutada efektiivsuse kasv  |
| Lahendus                    | Digitaliseerimise tegevus, mis aitab lahendada digidiagnostika ning eelnevas osas sõnastatud probleemi lahendada   |
| Vajalikud teadmised/oskused | Tulenevalt lahendust pakkuvast digitaliseerimise tegevusest tuleb kaardistada digitaliseerimiseks vajalikud teadmised ja oskused. Vajalike oskuste kaardistamiseks on hea, kui ettevõttel on koostatud ettevõtte töötajate kohta oskusmaatriks, mis näitab ära oskused, mis ettevõtte töötajatel juba olemas. Vastavalt oskusmaatriksile saab ettevõtte tuvastada, kas vajalikud oskused lahenduse juurutamiseks on juba ettevõttes olemas või vaja digitaliseerimist läbi viivat töötajat koolitada. On võimalik, et digitaliseerimise lahendamise juurutamiseks on vaja palgata uus töötaja vastava kogemusega või konsultant. |
| Maksumus                    | Lahenduse väljundi faasis tuvastatud digitaliseerimise tehnoloogia juurutamise maksumus koos vajalike koolituskuludega töötajatele. Siia alla tuleks veel arvestada juurutamiseks kuluva aja kohta juurutamisega seotud töötajate tööaja maksumus.   |
| Kasu                        | Tarneahela osa digitaliseerimise lõpetades saadav kasutegur, mis tuleks eelkõige arvestada aasta lõikes ning peamiselt on mõistlik seda arvutada rahalist ja ajalist kasu arvestades.  |

Et paremini mõista teekaardi mudeli kasutamise põhimõtteid toob autor alljärgnevatel tabelitel välja näited teekaardi täitmisest erinevate tarneahela funktsioonide lõikes. Näited ei ole seotud ühegi kindla ettevõttega ning tegevused erinevad ettevõtete lõikes olenedes ettevõtte hetkelisest digitaliseerituse tasemest ning digidiagnostika käigus välja koorunud probleemsetest tarneahela protsessidest. Allolevas tabelis (Tabel 3.6) on autor välja toonud näite hankimise funktsiooni teekaardi täitmisest. Näites on toodud probleemsete protsessidena välja manuaalselt teostavad ostutellimused ning ressursimahukas hangete korraldamine. Vastavalt probleemidele on lahendustena välja pakutud ERP süsteemi poolt teostavad automaatsed ostutellimused ja hangete läbi viimiseks e-hankimise süsteemi juurutamine.

Tabel 3.6 Näide teekaardi koostamisest – Hankimine [Autori poolt koostatud]

| HANKIMINE |  |  |  |          |                              |
|-----------|--|--|--|----------|------------------------------|
| Nr.       | Probleem                                 | Lahendus                                     | Vajalikud teadmised/oskused  | Maksumus | Kasu                         |
| 1.        | Manuaalsed ostutellimused                | Automaatsed ostutellimused ERP süsteemi abil | <u>Ostuspetsialist:</u><br>Ostuandmete sisestamine ERP süsteemi (min/ max ostukogus, tarneaeg, ... )<br><u>IT spetsialist:</u> ERP süsteemi kohandamine/seadistus, ... | ..... €  | ... €/aastas<br>... h/aastas |
| 2.        | Suur ressursi kulu hangete läbi viimisel | E-hangete süsteem                            | E-hankesüsteemi koolitus   | ..... €  | ... €/aastas<br>... h/aastas |

Järgmises tabelis (Tabel 3.7) on välja toodud tootmise funktsiooni näide teekaardi täitmisel. Näitel on tuvastatud tootmises probleemseteks kohtadeks tootmisandmete vähene jälgitavus, manuaalkeevituse kasutamine ning materjalide, komponentide ja valmistoote vähene jälgitavus. Lahendustena pakub autor antud näites välja peamiselt sensortehnoloogia, robotkeevituse ja RFID süsteemi kasutusele võttu.

Tabel 3.7 Näide teekaardi koostamisest – Tootmine [Autori poolt koostatud]

| TOOTMINE |  |  |  |          |                              |
|----------|--|--|--|----------|------------------------------|
| Nr.      | Probleem   | Lahendus   | Vajalikud teadmised/oskused  | Maksumus | Kasu                         |
| 1.       | Tootmisandmete vähene jälgitavus                           | Masinatele sensorid, mis mõõdavad töö efektiivsust | <u>Insener:</u> Teadmised sensortehnoloogiast<br><u>Tootmisjuht:</u> Koolitus andmete lugemiseks ja analüüsiks | ..... €  | ... €/aastas<br>... h/aastas |
| 2.       | Manuaalkeevitus  | Robotkeevitus                                      | <u>Insener:</u> Masina seadistamine<br>Koolitused tootmistööliste  | ..... €  | ... €/aastas<br>... h/aastas |
| 3.       | Materjalide, komponentide ja valmistoote vähene jälgitavus | RFID   | <u>IT spetsialist:</u> RFID süsteemi õpe<br><u>Töötajad:</u> Koolitus RFID süsteemi kasutamiseks               | ..... €  | ... €/aastas<br>... h/aastas |

Allolevas tabelis (Tabel 3.8) on välja toodud tarnimise funktsiooni näide teekaardi koostamisel. Siinkohal tuleb mainida, et tarnimise funktsioon hõlmab endas lisaks transpordile ka laomajandust.

Näitel on tuvastatud tarnimise probleemseteks kohtadeks toodete tarne ning laohaldussüsteemi vähese jälgitavuse. Lahendustena pakub autor antud näites välja suurandmete ehk *Big Data* kasutuselevõttu.

Tabel 3.8 Näide teekaardi koostamisest – Tarnimine [Autori poolt koostatud]

| TARNIMINE |                                     |          |   |          |                              |
|-----------|-------------------------------------|----------|---|----------|------------------------------|
| Nr.       | Probleem                            | Lahendus | Vajalikud teadmised/oskused   | Maksumus | Kasu                         |
| 1.        | Toodete tarne vähene jälgitavus     | Big Data | <u>IT spetsialist:</u> Koolitus Big Data juurutamisest<br><u>Laojuht ja juhtkond:</u> Koolitus Big Data andmetega töötamisest | ..... €  | ... €/aastas<br>... h/aastas |
| 2.        | Laohaldussüsteemi vähene jälgitavus | Big Data | <u>IT spetsialist:</u> Koolitus Big Data juurutamisest<br><u>Laojuht ja juhtkond:</u> Koolitus Big Data andmetega töötamisest | ..... €  | ... €/aastas<br>... h/aastas |

Alljärgnevas näites on tabelis (Tabel 3.9) välja toodud tagastuse funktsiooni probleemsete kohtadena defektse valmistoote aeglane teavitusprotsess kliendilt tehasele ning tarnija teavitamine defektsest hanketoolest. Lahendustena pakub autor välja sensortehnoloogia paigaldamist valmistoodetele ning ERP süsteemi edasi arendamist selliselt, et defektse hanketoote info jõuab reaalajas tarnijale.

Tabel 3.9 Näide teekaardi koostamisest – Tagastus [Autori poolt koostatud]

| TAGASTUS |  |  |   |                |                              |
|----------|--|--|---|----------------|------------------------------|
| Nr.      | Probleem   | Lahendus   | Vajalikud teadmised/oskused   | Maksumuse mõju | Kasu                         |
| 1.       | Defektse toote info jõuab aeglaselt tagasi tehasesse | Toote töökindluse jälgitavuse parendamine sensortehnoloogia abil                           | <u>Insener:</u> Teadmised sensortehnoloogiast   | ..... €        | ... €/aastas<br>... h/aastas |
| 2.       | Defektsest hanketoolest teavitamine                  | ERP süsteemi edasiarendus, kus tarnijale reaal-ajase info nähtav peale kvaliteedikontrolli | <u>IT spetsialist:</u> ERP süsteemi kohandamine/seadistus, ...<br><u>Kvaliteedispetsialist:</u> Koolitus süsteemi kasutamiseks<br><u>Hankespetsialist:</u> Koolitus süsteemi kasutamiseks | ..... €        | ... €/aastas<br>... h/aastas |

### 3.6. Järeldused ja ettepanekud

Käesoleva magistritöö uurimisprobleemi tingis asjaolu, et Tööstus 4.0 juurutamine Eesti Masinatööstuse ettevõtete tarneahelas on võrreldes Euroopa riikidega madal. Uurimisprobleemi asjakohasust kinnitasid nii varasemad uurimused, ekspertintervjuud ning autori poolt läbiviidud küsimustiku tulemused. Järgnevalt keskendub autor töö tulemustele tuginedes järelduste tegemisele ja esitab järeldustest tulenevalt ettepanekud tuvastatud probleemsete kohtade parendamiseks nii riiklikul kui ettevõtte tasandil.

Võrreldes Euroopaga, on Eesti Masinatööstuse ettevõtete digitaliseerimise tase madal ning seda tõestasid nii varasemad uuringud kui autori poolt läbi viidud ekspertintervjuud ning küsimustiku tulemused. Taset saavad tõsta ettevõtted aga selleks on vaja neil ka riigipoolset tuge. Järgnevalt esitab autor ettepanekud riigile digitaliseerimise taseme tõstmiseks. Esimese ettepanekuna tuleks Eesti riigil luua Tööstus 4.0 poliitiline arengukava ning tõstatada tööstuse digitaliseerimise läbi erinevate konverentside ja toetusmeetmete abil aktuaalseks. Teise ettepanekuna tuleks riigil täiendavalt panustada digitaliseerimisega seotud haridusse. Eelkõige saab riik seda teha läbi suurema riigipoolse õppekohtade tellimise Tööstus 4.0 puudutavasse õppekavadesse. Tööstus 4.0 on küllaltki uus kontseptsioon ning ülikoolid peavad koostöös ettevõtjatega pidevalt uuendama enda õppekavasid, et pakkuda just sellist haridust, mida tööturul ning ettevõtetel on vaja digitaliseerimist arvestades. Siinkohal tuleks kindlasti panna rõhku rohkem ka kutseõppe tasemele, sest suur puudus on ka tööjõust, kes oskaks uute tehnoloogiatega opereerida.

Ühena peamistest takistustest tööstuse digitaliseerimisel kujunes välja kompetentse tööjõu puudus. Tööstus 4.0 rakendamine ettevõttes nõuab kõrgeid tehnoloogilisi teadmisi ning hetkel on puudu vastava kvalifikatsiooniga inseneridest, kes oleks võimelised juurutama digitaliseerimise lahendusi ettevõttes. Nagu selgus ka Swedbanki 2018. aasta tööstusettevõtete uuringust, siis inimesed on kõige olulisem ressurss Eesti tööstuses ja senisest enam tuleb investeerida töötajate koolitamise ja haridusse, et võtta kasutusele uued tehnoloogiad ja töömeetodid. [25] Kompetentse tööjõu probleemi lahendamisele saab kaasa aidata riik ning alapeatüki eelnevas osas esitatud ettepanekud riigile hariduse osas aitaksid tõenäoliselt seda probleemi leevendada. Eelnevad ettepanekud olid seotud rohkem uue tööjõu ette valmistamisega, aga ära ei tohi unustada ka olemasolevat tööjõudu. Siinkohal aitaks probleemi lahendada ülikoolide või koolitusettevõtete täiendkoolitused, mida aitaks rahastada riik ning ettevõtted saavad oma töötajaid läbi nende täiendkoolituste tööstuse digitaliseerimise teemadel harida. Ettevõtted aga peavad ka ise

panustama töötajate harimisse ning kui eelnevalt pakutud võimalused on loodud, siis aktiivselt neid kasutama. Üheks töötajate kompetentside välja selgitamise heaks tööriistaks on oskusmaatriks, mille abil saab kaardistada töötajate oskused ja teadmised erinevates valdkondades.

Teiseks peamiseks takistuseks kujunes ettevõtete vähene võimekus digitaliseerimisse investeerimisel ehk piisava kapitali puudumine. Kapitali olemasolu sõltub suuresti ettevõtte edukusest ning kasutatavast ärimudelist. Ekspertintervjuudest selgus, et edukaks digitaliseerimiseks tuleb kohandada ettevõtte ärimudelit nii, et see toetaks digitaliseerimist ning püüelda järjest suurema lisandväärtusega tootmise poole. Seoses kapitaliga selgus veel, et üheks takistuseks on ebaselgus investeringute tasuvusel. Investeringute tasuvuse välja selgitamiseks tuleb ettevõtetel hoolikalt planeerida digitaliseerimist ning järgides autori poolt tuvastatud etappe ja kasutades loodud Tööstus 4.0 teekaardi mudelit, saab digitaliseerimisel algaasis välja selgitada planeeritava digitaliseerimise lahenduse tasuvus.

Uurimustöö tulemustest selgus, et tarneahela digitaliseerimise üheks eelduseks on tarneahela pikaajalise strateegia kasutamine ning ettevõtted kasutavad strateegiat vähe või neil puudub antud strateegia ettevõtte tarneahela digitaliseerimiseks. Antud probleemi aitaks lahendada ettevõtte pikaajalise tarneahela strateegiliste eesmärkide seadmine ja sõnastamine ning strateegia aktiivne kasutamine. Tarneahela digitaliseerimise olulise takistusena näevad ettevõtted tarnijate ja klientide ebapiisavat valmisolekut. Ilma koostööta on tarneahela juhtimine keeruline ning kui tarnijate ja klientide süsteemid ei ühildu ettevõtte omaga, siis on ka tarneahela digitaliseerimisest tulenev kasu väiksem. Seega tasuks tarneahela digitaliseerimisega alustamisel kaasata ja suunata ka ettevõtte koostööpartnereid liikumaks digitaliseerituma tarneahela suunas. Tarnijate poolelt aitab ettevõtetel enda tarneahela ning kogu ettevõtte efektiivsust tõsta tarnijate kaasamine arendus- ja tootmisprotsessi ning tarnijate ja allhankijatega ühise tootmise efektiivsuse parendamise süsteemi välja töötamine.

Rakendades alapeatükis välja pakutud lahendusi, on võimalik tõsta digitaliseerimise taset Eesti masinatööstuse ettevõtetes ning tõsta ettevõtete konkurentsivõimet välisturul. Pole olemas ühte kindlat lahendust, aga kui ettevõtted, riik ja teadusasutused panustavad teemasse, siis on võimalik liikuda soovitud parema digitaliseerituse taseme poole.



## KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö uurimisprobleemi tingis asjaolu, et Tööstus 4.0 juurutamine Eesti masinatööstuse tootmisettevõtete tarneahelates võrreldes Euroopaga on aeglane ning pole teada, millised on peamised kitsaskohad Tööstus 4.0 rakendamisel tarneahelas. Lõputöö eesmärgiks oli välja selgitada, millises olukorras on Eesti Masinatööstuse tootmisettevõtete tarneahelad Tööstus 4.0 rakendamisel ning millised tegurid takistavad Tööstus 4.0 tehnoloogiate juurutamist ettevõtte tarneahelas.

Magistritöös püstitatud uurimisküsimused olid järgmised:

- Milline on Eesti masinatööstuse ettevõtete tarneahela digitaliseerituse tase?
- Millised on peamised kitsaskohad Tööstus 4.0 rakendamisel tarneahelas?

Lõputöös seatud uurimisprobleemi lahendamiseks ning püstitatud eesmärgini jõudmiseks kasutas autor kvalitatiivse ülevaateuurimuse uurimisstrateegiat. Eesti masinatööstuse digitaliseerituse hetketaseme välja selgitamiseks kasutas autor varasemalt teostatud uurimusi ning töö käigus läbi viidud ekspertintervjuude ja ankeetküsimustiku tulemusi. Ekspertintervjuud viidi läbi kahe Tööstus 4.0 valdkonnas tuntud eksperdiga, kes omavad pikaajalist akadeemilist kogemust ning kuuluvad erinevatesse tööstuse arengut toetavatesse ühingutesse. Ankeetküsimustiku koostamisel võttis autor aluseks varasematest uurimustest ja ekspertintervjuudest selgunud tulemused ning kohandas seda vastavalt tarneahela juhtimise teemadele. Küsimustikuga andmete kogumisel kujunes avalikult kättesaadavaks masinatööstuse ettevõtete üldvalimiks 135 masinatööstuse ettevõtet.

Ankeetküsimustikuga koguti andmeid *Google Forms* keskkonnas ning küsimustik oli vastamiseks avatud alates 29.03.2019 kuni 30.04.2019. Eelnimetatud perioodil laekus 30 vastust, millest valimisse kvalifitseerus 25 masinatööstuse ettevõtte vastust. Kuigi andmete kogumise periood oli arvestatava pikkusega ning autor palus küsimustikku jagada ka *Facebooki* keskkonna valdkonnaga seotud gruppides, siis jäi sellegipoolest vastuste arv algselt loodetust väiksemaks. Tulenevalt varasemate uuringute ja ekspertintervjuude kasutamisest andmekogumise meetoditena, piisas laekunud tulemustest uuringu läbi viimiseks ning püstitatud eesmärgi saavutamiseks.

Magistritöö koosnes kolmest osast, kus esimeses peatükis andis autor teoreetilise ülevaate Tööstus 4.0 kontseptsioonist, kasutatavatest tehnoloogiatest, võimalustest ja takistustest Tööstus 4.0

juurutamisel tarneahelas. Töö teises osas keskendus autor uurimustöö läbiviimise meetoditele, Eesti masinatööstuse digitaliseerituse olukorra välja selgitamisele ning läbi viidud ekspertintervjuude objektiivsele arvamusele Eesti masinatööstuse digitaliseeritusest. Magistritöö kolmandas osas esitas autor läbiviidud ankeetküsimustiku tulemusi, teostas nende analüüsi ja valideerimise varasemalt teostatud uuringute ning ekspertintervjuudega. Tulemustele tuginedes koostas autor töö lõpuosas Tööstus 4.0 teekaardi mudeli Eesti Masinatööstuse ettevõtte tarneahelale, mis aitab ettevõtet tarneahela digitaliseerimisel.

Kolme andmekogumi kombineerimisel selgunud tulemused kinnitasid, et Eesti masinatööstuse tootmisettevõtete tarneahelate digitaliseerimise tase on võrreldes Euroopaga madal ning ettevõtted peavad konkurentsipüsimeks tõsiselt kaaluma digitaliseerimisega alustamist. Töö käigus tuvastas autor tarneahela digitaliseerimiseks vajalikud etapid ning koostas Eesti masinatööstuse ettevõtetele Tööstus 4.0 teekaardi mudeli, mille rakendamisel on võimalik oluliselt efektiivsemalt planeerida tarneahela digitaliseerimist ettevõttes.

Uurimisprobleemi ühe osana käsitleti Tööstus 4.0 tehnoloogiate juurutamisel tekkivaid takistusi tarneahelas ning uuringu tulemused näitasid, et peamisteks takistusteks tarneahela digitaliseerimisel on ettevõttes kompetentse tööjõu puudus ja vähene võimekus digitaliseerimise investeerimisel. Tegu on kahe väga olulise eeldusega digitaliseerimisega alustamisel ning edukaks digitaliseerimiseks on ettevõttel vaja ületada mõlemad takistused. Kui eelnevad takistused ilmnevad ka kogu ettevõtte digitaliseerimisel, siis tarneahela valdkonda kõige enam mõjutavast takistusest ilmsid tarnijate ja klientide ebapiisav valmisolek ning tarneahela pikaajalise strateegia puudumine.

Edasise uurimissuunana näeb autor alustamist pilootprojektiga, mis hõlmab endas erinevaid Eesti masinatööstuse ettevõtteid, kes kasutavad tarneahela digitaliseerimisel autori koostatud Tööstus 4.0 teekaardi mudelit. Pilootprojekti tulemusena saab hinnata autori poolt loodud Tööstus 4.0 teekaardi mudeli kasutamise mõju tarneahela digitaliseerimisel. Lisaks pilootprojektile, tuvastas autor töö käigus, et Tööstus 4.0 rakendamisel on oluline osa riigipoolisel tööstuspoliitikal ning Eesti riigil tuleks rohkem tähelepanu pöörata digitaliseerimist soodustava tööstuspoliitika kujundamisele.

# SUMMARY

## INDUSTRY 4.0 IN ESTONIAN ENGINEERING INDUSTRY COMPANIES' SUPPLY CHAIN

Seido Kaur

Research problem of Master's thesis was triggered by the matter that Industry 4.0 implementation rate in Estonian engineering industry companies' supply chain has been low compared to Europe and it was not known what kind of bottlenecks are companies facing when trying to implement Industry 4.0 in company's supply chain. Aim of the thesis was to find out in which situation Estonian engineering industry companies' supply chains are in implementing Industry 4.0 and what factors hinder the implementation of Industry 4.0 technologies in companies' supply chain.

In the beginning of Master's thesis following research questions were formed.

- What is the level of digitization of Estonian engineering industry companies' supply chain?
- What are the main challenges of Industry 4.0 implementing in supply chain?

To solve the research problem and reach objective of thesis, author used qualitative overview study research strategy. In order to identify the current level of digitalization in the Estonian engineering industry, the author used previous research studies, results of expert interviews and questionnaire conducted during the course of the thesis. Expert interviews were conducted with two experts of Industry 4.0 who have long-term academic experience and are part of various industry development associations. For compiling the questionnaire, author took the basis from the results of previous studies and expert interviews. The results were adapted to questionnaire according to supply chain management issues what author wanted to address in the survey. On the basis of the publicly available data of the engineering industry companies', a sample of 135 Estonian engineering industry companies were formed.

For collecting results of survey, Google Forms environment was used and questionnaire was open for responses during the period from 29.03.2019 to 30.04.2019. During aforementioned period 30 responses were received from which 25 companies' responses qualified for the sample of Estonian engineering industry. Although the data collection period was considerable and the author asked to share the questionnaire in Facebook engineering industry related groups, the number of responses were lower than initially expected. Considering the use of earlier studies and expert interviews as data collection methods, the results were sufficient to carry out the study and achieve the set goal.

The Master's thesis consisted of three parts. In the first chapter theoretical overview of the Industry 4.0 concept, the technologies used in digitalization, the opportunities and obstacles in the implementation of Industry 4.0 in the supply chain were given. In the second chapter, the author focused on the methods of conducting the research, level of digitalization in the Estonian engineering industry and expert interviews summary for constituting objective overview on the digitalization of the Estonian engineering industry. In the third part of the thesis, the author presented the results of the questionnaire, carried out their analysis and validation with previous studies and expert interviews. Based on the results, author compiled an Industry 4.0 roadmap model for the supply chain of the Estonian engineering industry, which helps companies to digitalize their supply chain.

The results of combining the three data sets confirmed that level of digitalization of supply chains in the Estonian manufacturing industry's companies is lower when comparing to Europe, and companies have to seriously consider starting digitization in order to remain competitive. In the course of the work, the author identified the stages necessary for the digitization of the supply chain and compiled an Industry 4.0 roadmap model for the Estonian engineering industry companies, which can be used to plan the digitalizing of the supply chain more efficiently.

As part of the research problem, the barriers of deploying Industry 4.0 technologies in the supply chain were identified and the results of the study showed that the main obstacles of digitalizing supply chain are the lack of a competent workforce in the company and the lack of ability to invest in digitalization. These are two very important prerequisites for digitalization, and for a successful digitalization, the company needs to overcome both obstacles. While previous barriers are affecting the digitalization of the entire company, the greatest constraints on the supply chain has been the insufficient readiness of suppliers/customers and the lack of a long-term supply chain strategy.

For future researches, author sees the launch of a pilot project involving a variety of Estonian engineering companies digitalizing the supply chain while using the Industry 4.0 roadmap model developed by the author. As a result of the pilot project, the impact of using the Industry 4.0 roadmap model created by the author can be assessed. In addition to the pilot project, the author found in the course of thesis that the national industrial policy plays an important role in the implementation of Industry 4.0 and that the Estonia should pay more attention to shaping the industrial policy that promotes digitalization.

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] G. Li, Y. Hou ja A. Wu, „Fourth Industrial Revolution: Technological Drivers, Impacts and Coping Methods,“ *Chinese Geographical Science*, pp. 626-637, 2017.
- [2] World Economic Forum, „Fourth Industrial Revolution,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb0000001RIhBEAW?tab=publications>. [Kasutatud 22 mai 2019].
- [3] Euroopa Komisjon, „Digital Transformation Scoreboard 2018,“ Euroopa Komisjon, 2018.
- [4] Statistikaamet, „Statistikaameti andmebaas, EM001,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://pub.stat.ee/px-web.2001/dialog/statfile2.asp>. [Kasutatud 24 aprill 2019].
- [5] Statistikaamet, „Statistikaameti andmebaas, EM041,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://pub.stat.ee/px-web.2001/dialog/statfile2.asp>. [Kasutatud 2 mai 2019].
- [6] K. Balasingham, „Industry 4.0: Securing the Future for German Manufacturing Companies,“ University of Twente, 2016.
- [7] A. Schumacher, S. Erol ja W. Sihn, „A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises,“ *Procedia CIRP*, vol 52, pp. 161-166, 2016.
- [8] H. Kagermann, W. Wahlster ja J. Helbig, *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group*, Saksamaa valitsus, 2013.
- [9] Y. Lu, „Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues,“ *Journal of Industrial Information Integration* 6, 2017.
- [10] T. Lelumees, „Tööstuse digitaliseerimise analüüsi lähtekohad ja olemus,“ %1 *Tark Tööstus: Kuidas maailmaga sammu pidada?*, Tallinn, 2019.
- [11] J. O. Strandhagen, L. R. Vallandingham, G. Fragapane, J. W. Strandhagen, A. B. H. Stangeland ja N. Sharma, „Logistics 4.0 and emerging sustainable business models,“ *Advances in Manufacturing*, pp. 359-369, Detsember 2017.
- [12] C. Prinz, F. Morlock, S. Freith, N. Kreggenfeld, D. Kreimeier ja B. Kuhlenkötter, „Learning Factory Modules for Smart Factories in Industrie 4.0,“ *Procedia CIRP*, vol 54, pp. 113-118, 2016.
- [13] B. Tjahjono, C. Esplugues, E. Ares ja G. Pelaez, „What does Industry 4.0 mean to Supply Chain?,“ *Procedia Manufacturing*, vol 13, pp. 1175-1182, 2017.

- [14] H-G.Kemper, H.Lasi, P.Fettke, T.Feld ja M.Hoffmann, „Industry 4.0,“ *Business & Information Systems Engineering*, 2014.
- [15] K. Bär, Z. N. L. Herbert-Hansen ja W. Khalid, „Considering Industry 4.0 aspects in the supply chain for an SME,“ *Production Engineering*, vol 12, pp. 747-758, 2018.
- [16] S. Luthra ja S. K. Mangla, „Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies,“ *Process Safety and Environmental Protection*, p. 168–179, 2018.
- [17] McKinsey & Company, „Shaping the future of work in Europe’s digital front-runners,“ 2017.
- [18] S. Hirsijärvi, P. Remes ja P. Sajavaara, Uuri ja kirjuta, Kirjastus Medicina, 2005.
- [19] M. Saunders, P. Lewis ja A. Thornhill, Research methods for business students, Pearson Education Limited, 2015.
- [20] R. Sirkel, Turundusuuring, Kirjastus Ilo, 2001.
- [21] Eesti Masinatööstuse Liit, „Eesti Masinatööstuse Liidu liikmed,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.emliit.ee/et\\_EE/members](https://www.emliit.ee/et_EE/members). [Kasutatud 25 märts 2019].
- [22] Äripäev, „Äripäeva infopank,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://infopank.ee/>. [Kasutatud 26 märts 2019].
- [23] M-L. Laherand, Kvalitatiivne uurimisviis, Tallinn: Infotrükk, 2008.
- [24] A.Vihalem, Turundusuuringu alused, Kirjastus Külim, 2001.
- [25] Swedbank, „Tööstusettevõtete uuring,“ Swedbank, 2019.
- [26] Uku Varblane, K. Espenberg, Urmas Varblane ja T. Roolaht, Eesti Masinatööstuse hetkeseis ja arengusuunad, Tartu Ülikooli Kirjastus, 2011.
- [27] Tallinna Tehnikakõrgkool, „Robotitehnika õppekava,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ttkk.ee/sisseastujale/oppekavad/robotitehnika>. [Kasutatud 25 mai 2019].
- [28] Tallinna Tehnikakõrgkool, „Logistikalabor,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ttkk.ee/logistikalabor>. [Kasutatud 25 mai 2019].
- [29] Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus, „Digidiagnostika,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.eas.ee/teenus/digidiagnostika/>. [Kasutatud 18 mai 2019].
- [30] Rait Faktum & Ariko, „Tootmisprotsesside juhtimise digitaliseerimine tööstuses,“ Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus, 2019.
- [31] I. Joost, „Tööstuse digitaliseerimise analüüs,“ Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2018.

- [32] R. Geissbauer, S. Schrauf, V. Koch ja S. Kuge, „Industry 4.0 opportunities and challenges of the industrial internet,“ PwC, 2015.
- [33] Eesti Teadusinfosüsteem, „Tauno Otto CV,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.etis.ee/CV/Tauno\\_Otto/est](https://www.etis.ee/CV/Tauno_Otto/est). [Kasutatud 17 aprill 2019].
- [34] Eesti Teadusinfosüsteem, „Jüri Riives CV,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.etis.ee/CV/J%C3%BCri\\_Riives/est](https://www.etis.ee/CV/J%C3%BCri_Riives/est). [Kasutatud 17 aprill 2019].
- [35] Registrate ja Infosüsteemide Keskus, „EMTAK tegevusalad,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.rik.ee/et/e-ariregister/emtak-tegevusalad>. [Kasutatud 1 mai 2019].
- [36] Riigikogu, „Riigi Teataja, Raamatupidamise seadus, RT I,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/109052017030>. [Kasutatud 30 aprill 2019].
- [37] J.Riives, „Digiauditi olemus ja vajadus,“ Tartu, 2019.
- [38] L-M. Tooding, Andmete analüüs ja tõlgendamine sotsiaalteadustes, Tartu Ülikooli Kirjastus, 2015.

# LISAD

## LISA 1. Ekspertintervjuu kava

### Ekspertintervjuu kava

- Nimi:
- Ametikoht:
- Toimumise kuupäev ja aeg:
- Intervjuu kestvus:
- Koht:
- Nõusolek salvestada intervjuud diktofoniga:

### **Küsimused:**

- 1) Milline on Teie kogemus Tööstus 4.0 rakendamisel?
- 2) Mis on Teie arvates Tööstus 4.0?
- 3) Kuidas hindate Eesti Masinatööstuses teadlikkust Tööstus 4.0 kontseptsioonist?
- 4) Kuidas hindate Eesti Masinatööstuses teadlikkust Logistika 4.0 kontseptsioonist?
- 5) Kuidas hindate Eesti Masinatööstuse teadlikkust Tööstus 4.0 digitaliseerimise võimalustest ja tehnoloogiatest?
- 6) Milline on Teie arvates Eesti Masinatööstuse digitaliseerimise tase võrreldes välisriikidega?
- 7) Euroopa Komisjoni poolt koostatud 2018. aasta digitaliseerimise raportist selgub, et Eestis on digitaliseerimise tase napilt üle Euroopa Liidu keskmise (15. kohal 28-st). Mis mõjutab Teie arvates digitaliseerimise taset Eestis ning mis meetmetega oleks taset võimalik tõsta?
- 8) Milliseks hindate Eesti Masinatööstuse suutlikkust digitaliseerida protsesse?
- 9) Mis on Teie arvates Eesti Masinatööstuse ettevõtetes peamised takistused digitaliseerimisel? Üheks eelduseks tarneahela digitaliseerimisel on andmete läbipaistvus ehk nii klientidega kui tarnijatega andmete jagamine parema planeerimise eesmärgil. Kas Teie arvates on Eesti Masinatööstuse ettevõtete tarneahelad selleks valmis ja kasutavad seda?
- 10) EAS'i poolt telliti hiljuti tööstuse digitaliseerimise kohta uuring, kus 26% ettevõtetest vastasid, et nende arvates pole ettevõttes rohkem võimalik enam digitaliseerida. Kas Teie arvates tingib sellise arvamuse vähenemine teadlikkus digitaliseerimisest või on mõnede ettevõtete digitaliseerimise tase nii kõrge?
- 11) Prologi poolt korraldatud 2019. aasta tarneahela aastakonverentsil ütles Emõke Sogenbits, kes on Hanza Mechanics Tartu juhatuse esimees, et innovatsiooni saab alguse väikestest



ettevõtetest. Kuidas on Teie arvates Tööstus 4.0 puhul, kas edukamad on digitaliseerimisel väiksemad või suuremad ettevõtted?

- 12) Kas Teie arvates on riigipoolne tugi tööstuse digitaliseerimiseks piisav?
- 13) Kuhu või kelle poole pöörduvad ettevõtted digitaliseerimisel abi saamiseks?
- 14) Kuidas hindate Eesti Masinatööstuse ettevõtetes digiauditi kasutamist digitaliseerimisel?
- 15) Kuidas on Teie meelest kõige sobivam alustada protsesside digitaliseerimisega? Kas Eesti Masinatööstuse ettevõtted loovad pikaajalisi plaane tarneahela strateegiliste eesmärkide saavutamiseks ja ka jälgivad neid?
- 16) Milliste protsesside digitaliseerimises on Eesti Masinatööstuse ettevõtted kõige edukamad ning kus nähakse kõige suuremat efektiivsuse kasvu?
- 17) Kui kõrvale jätta tootmine, siis millise tarneahela funktsiooni digitaliseerimine on Teie arvates ettevõtete jaoks kõige keerukam? (nt: hankimine, ladustamine, transport)
- 18) Millised on Teie meelest peamised arengusuunad lähema 5. aasta jooksul tööstuse digitaliseerimisel?

## LISA 2. Küsimustik masinatööstuse ettevõtetele

### Tööstus 4.0 mõju tarneahelale - Eesti Masinatööstus

Hea küsitluses osaleja!

Minu nimi on Seido Kaur ning õpin Tallinna Tehnikaülikoolis Logistika eriala tarneahela juhtimise suunal. Pöördun Teie poole seoses oma magistritööga. Minu lõputöö üheks oluliseks osaks on küsimustik, milles soovin saada teavet Eesti Masinatööstuse ettevõtete hetkeolukorrast ning kitsaskohtadest Tööstus 4.0 rakendamisel tarneahelas. Küsimustikule vastamine võtab aega orienteeruvalt 5-10 minutit.

Palun küsimustikule vastata masinatööstuse ettevõtete tarneahela juhtimisega kokkupuutuvatel isikutel.

Olen väga tänulik ja hindan Teie arvamust kõrgelt!

NB! Mitmete küsimuste puhul on võimalik valida mitu vastusevarianti. Kui leiate, et Teile sobivat varianti pole välja toodud, lisage see reale "Other".

\* märgitud küsimused on vastamiseks kohustuslikud

Täiendavate küsimuste ning ettepanekute osas võtke minuga ühendust alloleva e-maili teel.

Seido Kaur  
seido.kaur@gmail.com

#### **1. Teie ettevõtte peamine tegevusvaldkond?\***

*Kui ettevõttel on mitu tegevusvaldkonda, siis valida variant, mis moodustab ettevõtte põhitegevuse. Kui tegevusvaldkond pole valikus kajastatud, lisada see valides variant "Other".*

- Metallitootmine (C24)
- Metalltoodete tootmine, v.a masinad ja seadmed (C25)
- Arvutite, elektroonika- ja optikaseadmete tootmine (C26)
- Elektriseadmete tootmine (C27)
- Mujal liigitamata masinate ja seadmete tootmine (C28)
- Mootorsõidukite, haagiste ja poolhaagiste tootmine (C29)
- Muude transpordivahendite tootmine (C30)
- Other: .....

#### **2. Teie ettevõtte tootmise asukoht?\***

- Eesti
- Välisriik

#### **3. Millisel kapitalil põhineb Teie ettevõtte?\***

- Eesti kapitalil
  - Väliskapitalil
- 4. Töötajate arv ettevõttes? \***
- Vähem kui 10
  - 10-49
  - 50-249
  - 250 ja enam
- 5. Mis on Teie arvates Tööstus 4.0? Palun kirjeldage.**
- 6. Millisel määral olete oma ettevõttes rakendanud Tööstus 4.0?\***
- ei ole rakendanud
  - oleme rakendanud vähesel määral
  - oleme rakendanud olulisel määral
  - oleme rakendanud suures ulatuses
- 7. Kas Te kasutate ettevõttes Tööstus 4.0 tegevuste planeerimiseks digiauditit?\***
- Digiaudit - Ettevõtte protsesside digitaliseerimise ulatuse ja vajaduse määramine*
- ei
  - ei, aga on plaanis
  - jah, aga vähesel määral
  - jah, olulisel määral
  - jah, täielikult
- 8. Mis on Teie arvates Logistika 4.0? Palun kirjeldage.**
- 9. Millised alljärgnevatest variantidest iseloomustavad Teie arvates Logistika 4.0 keskkonda?\***
- Reaalajas suurandmete (Big Data) analüüsi abil võimalik näha sõidukite, toodete ja rajatiste paiknemist, et leida optimaalne marsruut materjalide ja toodete transpordiks
  - Konteinertranspordi kasutamine võimaldab vähendada toormaterjali ja valmistoodangu ümberlaadimisi
  - Tootmine vastavalt nõudlusele ning paindlikult võimaldab vähendada ladustamise vajadust
  - Ladustamine - autonoomsed robotid ja sõidukid koos jälgimis- ja otsustussüsteemidega aitavad hoida kontrolli varude üle
  - Dokumentatsiooni ja informatsiooni vahetamine erinevate osapoolte vahel paberikandjal võimaldab vähendada küberriske
  - Reaalajas informatsiooni vahetamine erinevate osapoolte vahel eemaldab traditsioonilised logistilised barjäärid, mis võimaldavad vähendada piitsaplaksu (bullwhip) efekti
  - Pikaajaliste puhvervarude hoidmine aitab tagada kauba saadavus juhuks, kui nõudlus kasvab
  - Nutikad tooted ja pilvelahendusega võrk hoiavad infovoos tervena
- 10. Kas Teie ettevõttes toimub tarneahela pikaajaliste strateegiliste eesmärkide seadmine ja elluviimine?\***
- Pikaajaline strateegia: 5+ aastat*
- ei
  - ei, aga on plaanis
  - jah, aga vähesel määral
  - jah, olulisel määral

- jah, täielikult
- 11. Kui suur osa Teie seadmetest on kõrg-automaatsel tasemel (inimtööjõu vajadus vaid tööprotsessi jälgimiseks)? \***
- kõrg-automaatsed seadmed puuduvad
  - on, aga seadmete hulk ei ole märkimisväärne
  - üle poole seadmetest
  - 100%
- 12. Kui suur osakaal Teie poolt kasutatud toorme, komponentide ja tugiteenuste tellimisprotsessist toimub automaatselt spetsiaalse tarkvara abil?\***
- tellimisprotsesse teostavad ettevõtte töötajad
  - vähesel määral
  - üle poolte
  - 100%
- 13. Millistest Tööstus 4.0 digitaalsetest tehnoloogiatest oleks Teie arvates kõige rohkem kasu Teie ettevõtte tarneahelale? Palun valida maksimaalselt 3 varianti.\***
- Sensortehnoloogiad (Sensor Technologies)
  - Juhtmevabad tehnoloogiad (Wireless Technologies)
  - Automatiseerimine (Automation Technologies)
  - Suurandmed (Big Data)
  - Masinõppe/ tehisintellekt (Machine Learning/Artificial Intelligence)
  - Virtuaalreaalsus/ liitreaalsus (Augmented Reality /Virtual Reality/Mixed Reality)
  - Pilvelahendused (Cloud computing)
  - Blokiahela tehnoloogia (Block Chain)
  - Turvalisus/ krüpteerimine (Security/ Encryption)
  - Andmete visualiseerimine (Data Visualization)
  - Virtualiseerimine/ simuleerimine (Virtualization/ Simulation)
  - Robotika (Robotics)
  - Droonid (Drones)
  - Other: .....
- 14. Kas Teil on ettevõttes piisavalt oskusi/teadmisi Tööstus 4.0 rakendamiseks ettevõtte tarneahelas?\***
- ei
  - on, aga vähesel määral
  - jah, olulisel määral
  - jah, piisavalt
- 15. Milliseid oskusi/teadmisi on Teie ettevõttel vaja Tööstus 4.0 võimekuse saavutamiseks ja taseme tõstmiseks?**
- 16. Millised oleks Teie arvates 3 kõige suuremat kasutegurit Tööstus 4.0 rakendamisest ettevõtte tarneahelas?\***
- Huvipoolte integreeritus [*Kõik tarneahelas osalevad üksused jagavad teavet*]
  - Kohandatus [*Erilähenedamine toote disaini, planeerimise, tootmise ja viimase hetke muutuste osas*]
  - Protsesside läbipaistvus [*Terviklik vaade tarneahela osapoolte omavahelisest seotustest ja võimalus langetada paremini otsuseid*]
  - Tootmise paindlikkus [*Kiire kohanemine muutuvate klientide nõuetega ja vastavate muudatustega ettevõtte tootmises*]

- Ressursside efektiivsus [*Küber-füüsikalised süsteemid (CPS) ja suurandmete (Big data) analüüs võimaldavad tootmisprotsesse optimeerida*]
- Reaalajas andmed [*Efektiivsem tootmise planeerimine ja paindlikum reageerimine tarneahela muutustele*]
- Automatiseerimine [*Rutiinsed tööülesandeid täidavad masinad, töötajad keskenduvad kommunikatiivsetele ja loomingulistele väärtust lisavatele ülesannetele*]
- Klientide andmed [*Otsuste langetamine on juhitud kliendiandmetest ja organisatsioon suudab muutustele kiiresti reageerida*]
- Other: .....

**17. Mis on Teie arvates 3 suurimat takistust Tööstus 4.0 juurutamisel tarneahelas?\***

- Ebaselgus investeeringute tasuvuses
- Ettevõtte rahaline võimekus
- Standardite ja regulatsioonide puudulikkus
- Teatavad puudujäägid olemasoleva tehnoloogia võimekuses
- Ettevõtte sisepoliitika
- Mittepiisav tugi riigilt
- Puudulikud teadmised ja kompetentse tööjõu puudus
- Andmeturvalisuse probleemid
- Tarnijate ja klientide ebapiisav valmisolek
- Vähe edulugusid valdkonnas
- Other: .....

**18. Millise abistava allika poole pöörduksite esimesena, kui soovite alustada Tööstus 4.0 juurutamisega?\***

*Juhul kui olete juba pöördunud, valige variant mida esimesena kasutasite abi saamiseks.*

- Vajalikud teadmised ettevõtte sees olemas
- Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus (EAS)
- IMECC (Innovaatiliste Masinaehituslike Tootmissüsteemide Tehnoloogiate Arenduskeskus)
- Eesti Masinatööstuse Liit
- Ülikool
- Ettevõttest, kus on edukalt juurutatud Tööstus 4.0 lahendusi
- Tööstus 4.0 teemat kajastavad konverentsid ja messid
- Internet
- Ei tea
- Other: .....

**19. Kas Te ootate ettevõttes Tööstus 4.0 rakendamiseks abi riigilt?\***

- ei
- jah

**20. Kui vastasite eelmisele küsimusele "jah", palun kirjeldage, missugust abi riigilt ootate?**

*Kui vastasite "ei", siis palun ignoreerige seda küsimust.*

**Kontaktandmed (valikuline)**

Kui soovite uuringu tulemustest saada kokkuvõtet, siis palun sisestage oma e-maili aadress.

E-maili aadress: .....

## LISA 3. Tööstus 4.0 ja Logistika 4.0 tähendus ettevõtete jaoks

Tabel L3.1 Ankeetküsimustiku huvitavamad tähelepanekud Tööstus 4.0 tähendusest [Autori koostatud]

| <b>Ankeetküsimustiku huvitavamad tähelepanekud Tööstus 4.0 tähendusest</b>   |
|--|
| Võimalikult vähe korduma kippuvaid tegevusi inimtöäjõult.  |
| Visioon, mille kaugemais otsas võiks asuda virtuaalne teisik või virtuaalne tehas, mis kirjeldab hetkel toimuvat ja mudeldab kohe või tulevikus juhtuma hakkavat. Kõiki neid tegevusi, mis on vajalikud sellise visiooni lõplikuks elluviimiseks, võikski nimetada Tööstus 4.0. Näiteks võib siia tuua pideva online tagasiside korjamise tootmisest, masinate omavahelise suhtluse, andmete analüüsi jne. |
| Uute tehnoloogiate enda kasuks tööle rakendamine.  |
| Eelkõige protsesside digitaliseerimine ja ühtse pildi loomine.   |
| Targad masinad inimeste asemele, efektiivsuse tõus.  |
| Kaasaegne tootmine, minimeeritud peaks olema igasugune tegevus, mida saaks teha tehnoloogia abil efektiivsemalt, kokkuvõtvalt digitaliseerimine tootmises.   |
| Unelm, mis kahjuks see nõuab rohkem ressursi, kui hetkel võimalik.   |
| Tööstuse neljas revolutsioon, mis kätkeb endas digitaliseeritust, automatiseeritust, masinõpet, Big Data't ning IoT'd. Eesti konkurentsivõime alustala ei ole enam odav tööjõud ning vajadus tootmise efektiivsemaks muutmise järele on äärmiselt kriitiline.  |
| Ettevõtte ressursside tõhus kasutamine läbi nutikate lahenduste ja uute tehnoloogiate.   |

Tabel L3.2 Ankeetküsimustiku huvitavamad tähelepanekud Logistika 4.0 tähendusest [Autori koostatud]

| <b>Ankeetküsimustiku huvitavamad tähelepanekud Logistika 4.0 tähendusest</b>  |
|---|
| Tarneahelate logistika automaatne korraldus läbi ERP süsteemide.  |
| Logistiliste protsesside kaardistamine.   |
| Et lisaks tootmisele on ka logistika täielikult digitaliseeritud, ja reaajas tagasisidestatud. Kuid selleks oleks vaja et kõik allhankijad oleks ka selles süsteemis, mis on kahjuks võimatu.                             |
| Autonoomne transport, value add osakaalu tõstmine läbi automatiseeritud laomajanduse, back to front end läbipaistvus protsessidest, 0- tarne aeg, võib-olla laomajanduse kaotamine. Kokkuvõttes oluline osa Industry 4.0. |
| Digitaliseeritud asja ajamist, failidest kaupadeni.   |
| Transpordi teenuste digitaliseerimine et teenused kättesaadavaks teha ning vähendada kulusid transpordi infrastruktuurile.  |
| Logistika digitaliseerimine ja seal uute tehnoloogiate rakendamine. Nt isejuhtivad sõidukid.  |