



Euroopa Liit  
Euroopa struktuuri-  
ja investeerimisfondid



Eesti  
tuleviku heaks

# **Eesti masina- ja metallitööstuse ettevõtete olukord ning teadus- ja arendustegevuse vajadused**

Uringuaruanne

Eesti Masinatööstuse Liit  
Tallinn 2021

**Koostaja:** Ingrid Joost-Vermeiren

**Keeletoimetus:** Kristel Ress (Päevakera)

**Väljaandja:** Eesti Masinatööstuse Liit, [www.emliit.ee](http://www.emliit.ee)

Uuring on tehtud SA Eesti Teadusagentuur koordineeritava ja Euroopa Regionaalarengu Fondist toetatava programmi RITA tegevuse 6 raames.

**Täname uuringu valmimisele kaasaaitamise eest:** Veljo Konnimois ja kogu Eesti Masinatööstuse Liidu nõukogu, Viktor Muuli ja SA Eesti Teadusagentuur, intervjueeritud ja fookusrühmaintervjuudes osalenud eksperdid.

Väljaande autoriõigus kuulub Eesti Masinatööstuse Liidule. Väljaandes sisalduva teabe kasutamisel palume viidata allikale:

**Eesti Masinatööstuse Liit. Eesti masina- ja metallitööstuse ettevõtete olukord ning teadus- ja arendustegevuse vajadused. Uuringuaruanne. Tallinn, 2021.**

## SISUKORD

<b>EESSÕNA .....</b>	<b>4</b>
<b>LÜHIKOKKUVÕTE .....</b>	<b>6</b>
<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>7</b>
<b>SISSEJUHATUS.....</b>	<b>9</b>
<b>1. MASINA- JA METALLITÖÖSTUSE ETTEVÕTETE OLUKORD .....</b>	<b>10</b>
1.1. MASINA- JA METALLITÖÖSTUSE SEKTORI VÕIMEKUS JA MÕJU.....	10
1.2. PÕHINÄITAJAD .....	13
1.3. TÖÖJÕUD.....	16
1.4. KONKURENTSIVÕIME .....	19
1.5. TEADUS- JA ARENDUSTEGEVUS .....	20
1.5.1. Teadus-arenduskeskus OÜ IMECC .....	22
1.5.2. Tallinna Tehnikaülikool.....	23
1.5.3. Tartu Ülikool .....	24
1.5.4. Eesti Maaülikool.....	26
1.5.5. Tallinna Tehnikakõrgkool.....	26
1.5.6. Rahvusvahelised võrgustikud .....	27
<b>2. METOODIKA.....</b>	<b>29</b>
2.1. VALIM.....	29
2.2. ANDMETE KOGUMISE JA ANALÜÜSI MEETOD.....	32
<b>3. SEKTORI TEADUS- JA ARENDUSTEGEVUSE SUUNDADE PÕHINÄITAJAD JA ANALÜÜS 33</b>	
3.1. MASINA- JA METALLITÖÖSTUSE ÜLEILMSED SUUNDUMUSED .....	33
3.2. TOOTEARENDEUS JA INNOVATSIOON MASINA- JA METALLITÖÖSTUSES .....	36
3.3. MASINA- JA METALLITÖÖSTUSE TOOTLIKKUS JA INVESTEERINGUD.....	39
3.4. MASINA- JA METALLITÖÖSTUSE ETTEVÕTETE ARENG .....	41
3.4.1. Peamised tegurid, mis takistavad masina- ja metallitööstuse ettevõtete arengut .....	43
3.4.2. Masina- ja metallitööstuse peamised arenguvõimalused .....	44
3.5. MASINA- JA METALLITÖÖSTUSE ETTEVÕTETE KOOSTÖÖ TEADUS- JA ARENDUSASUTUSTEGA.....	45
3.6. MASINA- JA METALLITÖÖSTUSE TEADUS- JA ARENDUSTEGEVUSE PÕHISUUNAD .....	48
<b>KOKKUVÕTE .....</b>	<b>50</b>
<b>ETTEPANEKUD.....</b>	<b>53</b>
<b>KASUTATUD ALLIKAD.....</b>	<b>58</b>

## EESSÕNA

### Võtkem fookusse teadus- ja arendustöö

Eesti Masinatööstuse Liit MTÜ on viimastel aastatel jõudsalt kasvanud. Praegu oleme arvukaima liikmeskonnaga (147 liiget) tööstuse erialaliit, mis näitab sektori senisest suuremat huvi olla kaasatud ja otsida tihedamat koostööd erinevate partneritega. Meie liikmete seas on nii tootmisettevõtted kui ka haridusasutused. Kogu ühiskonna arengu vaatest on õige küsida, kuidas saab suurendada teaduse panust reaalmajandusse. Kuidas jõuaks meie ülikoolide oskusteave ja tugi nende ettevõtteni, kellel on valmisolek innovatsiooniks ja tootearenduseks? Kuidas määratleda, millised ettevõtted ja mis põhjustel on oodatud tegema koostööd ülikoolidega?

Eestis toodetakse palju. Meil on põnevaid omatooteid, mis on võetud eksporditurgudel soojalt vastu. Sellised on näiteks Saunumi innovaatiline saunalahendus, uue põlvkonna kännufrees Dipperfox, Ampler Bikesi elektrijalgrattad ja skannimislahendus GScan, samuti luksusjahid, treilerid, metsandustehnika, droonid jpm. Kui palju on olnud nendele toodetele konkurentsieeliste ja lisandväärtuse loomisel toeks teadus, teavad ainult need ettevõtjad ise.

Arvestades maailmas toimuvaid muutusi – sealhulgas rohe- ja digipööret –, on ülitähtis selliste inseneride järelkasv, kellel on huvi ja tahe ise luua. Kui akadeemiline inseneriõpe sisaldab elulisi näiteid, reaalseid tooteid ja edulugusid, millest õppida, ja kui sellele õppele on eeskujuks innustunud liidrid, suudame motiveerida inseneeriafanaatikuid edasi liikuma.

Eesti on liiga väike, et õpetada väga spetsiifilisi ja kitsaid teemasid, mida vajavad ainult teatud ettevõtted – palju tuleb ise juurde õppida. Ettevõtetal tuleb hakata valdkonna järelkasvu ise panustama tunduvalt rohkem, muu hulgas praktiliste näidetega õppes, praktikakohtadega, lõputööde alal ja osalemisega projektides.

Äärmiselt vajalik on pöörata tähelepanu kogu tehnilise kallakuga keskastme õppele ja kutseõppele, sealt saadavatele algteadmistele ning esimestele praktilistele kogemustele. Juba maast madalast saadud tehnilise valdkonna eduelamus loob parimad eeldused selleks, et saavutatakse parimad tulemused nii teaduse kui ka tootearendusega seotud tegevuses.

Siinsest uuringus tuleb esile väga huvitavaid seoseid, ent on selgelt näha, et ettevõtete ja ülikoolide teadus- ja arenduskoostöö peab tõusma uuele tasemele, kus järjepidev ja tulemuslik suhtlus kujunebki uueks normaalsuseks. Ilma selleta ei ole võimalik luua teadusmahukaid tooteid ja teenuseid. Maailma tippülikoolidel on näidata ette väga palju lepinguid erasektoriga ja nende kõik projektid on seotud reaalmajandusega. Ka meie eesmärk peaks olema jõuda selleni, et teadus teeniks senisest palju rohkem majanduse huve.

Veel peaks tegema hoopis rohkem koostööd sektoriülesest. Selle hea eeskujuna on Eesti maavara ja puiduväärindamisega seotud ettevõtete koostöö teadusasutustega, millest on ka teistel sektoritel õppida ja kasu. Näiteks luuakse puidutööstuse uusi keemilisi ühendeid nii, et neid õnnestub kasutada võimalikult erinevates toodetes, sealhulgas aseainena ringmajanduses või uuenduslikes toodetes ja teenustes. Loodud innovatsioon mõjutab ka teisi sektoreid.

Kindlasti aitavad rahvusvahelised rahastusvõimalused tuua Eestisse ressursse, millest saaksid osa nii teadlased kui ka ettevõtjad, sest tootearenduse üks suurim takistus on see, et see on väga kulukas ettevõtmine. Kogemus näitab, et teised riigid osalevad aktiivselt rahvusvahelistes võrgustikes – ja mitte ilmaasjata. Eestigi jaoks on see võimalus seada endale võrgustikes osalemiseks vajalikud eesmärgid, et tuua võidud koju.

Kutsun kõiki teadlasi ja ettevõtteid üles otsima kokkupuutepunkte, mis aitaksid kaasa inseneeria, toodete ja teenuste arengule, sest see mõjutab otseselt Eesti majandust ning siinse tööstuse konkurentsivõimet.

Eesti Masinatööstuse Liidu nimel

Veljo Konnimois  
nõukogu esimees

## LÜHIKOKKUVÕTE

Selle uuringu eesmärk on anda ülevaade Eesti masina- ja metallitööstuse ettevõtete olukorrast ning arenguvajadustest. Selleks tehti 1.–15. novembrini 2021 fookusrühmaintervjuud seitsme valdkonnas tegutseva suurettevõtte esindajaga, üheksa keskmise suurusega ettevõtte esindajaga ja üheksa väikeettevõtte esindajaga. Valdkonna üleilmsete suundumuste väljaselgitamiseks tehti fookusrühmaintervjuud tööstusvaldkonna ekspertide ja Eesti Masinatööstuse Liidu nõukoguga. Andmekogumise meetodina kasutati fookusrühmaintervjuud ja andmeanalüüsi meetodina kvalitatiivset sisuanalüüsi.

Selle põhjal selgitati välja, millised on Eesti masina- ja metallitööstuse ettevõtete

- 1) tootearenduse ja innovatsiooni senised põhisuunad,
- 2) tootearenduse ja innovatsiooniga tegelemist takistavad tegurid ja arenguvajadused.

Analüüsi, millised on masina- ja metallitööstuse trendid nii maailmas kui ka Eestis, ning ettevõtete koostööd teadus- ja arendusasutuste ning võrgustikega.

Uuringust selgus, et kõigi Eesti masina- ja metallitööstuse ettevõtete peamine nõrk külg ning arengut takistav tegur on tööjõuressursi, ennekõike tippspetsialistide ja inseneride nappus. Lisaks on eksperdid seisukohal, et töötavaid inimesi jääb Eestis lähima 20 aasta jooksul 60 000 võrra ja 30 aasta jooksul 100 000 võrra vähemaks.

Kõik uuringus osalenud ettevõtted on viimastel aastatel investeerinud automatiseerimisse, robotiseerimisse ja digilahendustesse ning kavatses seda tegevust jätkata ka järgmisel kolmel kuni viiel aastal.

Uuringus osalenud ettevõtted näevad vajadust teha teadus- ja arendustööd, kuid selle põhitakistus on tippspetsialistide ning aeg-ajalt ka ideede puudus teemal, kuidas edasi liikuda. Ettevõtted otsivad süsteemselt võimalusi luua suuremat lisandväärtust, olgu see siis omatoodete arendamine või toote juurde suure lisandväärtusega teenuse arendamine.

## **EXECUTIVE SUMMARY**

The following survey examines the current state of the Estonian mechanical and metalworking industries. To understand the situation, focus group interviews were conducted with 7 representatives of large companies, 9 representatives of medium sized companies and 9 representatives of small companies. To map out the global trends in the subject field, these interviews were conducted with industry experts and the Federation of Estonian Engineering Industry council.

In this survey, the interviews were used as the method for data collection. The method of data analysis was qualitative content analysis.

Based on this, the following were determined:

- The main direction of innovation and product development in the Estonian mechanical and metalworking industries, development needs and which factors impede innovation and product development;
- The development needs of Estonian mechanical and metalworking companies and which factors impede development.

The mechanical and metalworking industry trends internationally, and in Estonia were observed, additionally the collaboration of companies with science and development programs was studied. All companies mentioned the shortage of labour resources, specialists and engineers as the main obstacle and development impeding factors for mechanical and metalworking companies. Furthermore, the companies drew attention to the fact that, in the next 20 years the amount of working people will have decreased by 60 000, and in the next 30 years by 100 000 people.

All companies who took part in the survey have invested into automation, robotisation and digital solutions in the past years, and are planning to continue in the following 3-5 years.

The companies see the need to contribute to research and development, if the main obstacle is the shortage of specialists and often the shortage of ideas. The companies are systematically

looking for opportunities to create increased surplus value, be it developing products, or developing services with increased surplus value for the product.

The given survey was conducted within the RITA program activity 6 coordinated by Estonian Research Council and supported by the European Regional Development Fund.



## **SISSEJUHATUS**

Uuringu eesmärk on teha ülevaade Eesti masina- ja metallitööstuse ettevõtete tootearenduse ja innovatsiooni põhisuundadest, arenguvajadustest ning teadus- ja arendustegevuse suundadest keskpikas (kolm kuni viis aastat) ning pikas plaanis (üle viie aasta). Ülevaade tehakse sektori põhilistest majandusnäitajatest, valdkonna ettevõtete teadus- ja arendustegevuse vajadustest, teadus- ja arendustegevuse peamistest partneritest ning nende partnerite tegevusest.

Et analüüsida paremini masina- ja metallitööstuse arengusuundi, võetakse vaatluse alla ka maailmamajanduse suundumused. Masina- ja metallitööstus on Eesti suurima osakaaluga eksportiv töötleva tööstuse valdkond ning maailmamajandus avaldab tugevat mõju ka selle sektori ettevõtetele. Kuna maailmamajanduses toimuvad praegu suured muutused, võib see tähendada Eesti ettevõtetele uusi võimalusi. Uuringus püütaksegi välja selgitada, millised need muutused on ja kuidas need mõjutavad uuritavat sektorit.

Lisaks analüüsitakse masina- ja metallitööstuse ettevõtete arengut ning sellega seotud takistusi, aga loetletakse ka arenguvõimalusi. Kesksel kohal on teadus- ja arendusasutuste ning võrgustikega tehtava koostöö analüüs. Selgitatakse välja, kui palju teadus- ja arendusprojekte on masina- ja metallitööstusega seotud valdkondades viimasel neljal aastal tehtud ning milliste teadusasutuste vahel need jagunevad.

Uuringu üks eesmärk on juhtida tähelepanu valdkonna arengu ja konkurentsivõime säilitamise võimalustele ning sellele, milliseid ressursse ettevõtted selleks vajavad.

Uuring on tehtud Eesti Teadusagentuuri eestvedamisel Euroopa Regionaalarengufondi programmi RITA tegevuse 6 raames.

## **1. MASINA- JA METALLITÖÖSTUSE ETTEVÕTETE OLUKORD**

Masina- ja metallitööstus on Eesti suurim tööstusvaldkond: selles tegutseb üle 1700 ettevõtte [1]. Sektori ettevõteteid koondav katusorganisatsioon on Eesti Masinatööstuse Liit, mille eelkäija oli 85 aastat tagasi Tallinnas asutatud Üleriiklik Eesti Metallitöösturite Liit. Selle peamine ülesanne oli koondada kohalikke metallitööstureid, arendada metallitööstust ning püüda parandada selle kultuurilist ja majanduslikku olukorda. Need teemad kõnetavad ka praeguse Eesti Masinatööstuse Liidu liikmeid.

Eesti Masinatööstuse Liit ühendab 147 liikmesorganisatsiooni, kelle huvi on edendada Eesti inseneeriat ning masina- ja metallitööstust. Liikmeskonda kuuluvad kõik, kes soovivad vabatahtlikult arendada Eesti suurimat tööstussektorit, sealhulgas tootjad, inseneribürood, müügi-ettevõtted ja teenuseosutajad ning kõrgkoolid ja kutseõppeasutused [19].

Eesti Masinatööstuse Liit on keskendunud kolmele masina- ja metallitööstust mõjutavale teemale [19]:

- 1) noored ja sektori järelkasv,
- 2) sektori esindamine riigi tasandil ja valdkonna propageerimine,
- 3) äriarendus.

### **1.1. Masina- ja metallitööstuse sektori võimekus ja mõju**

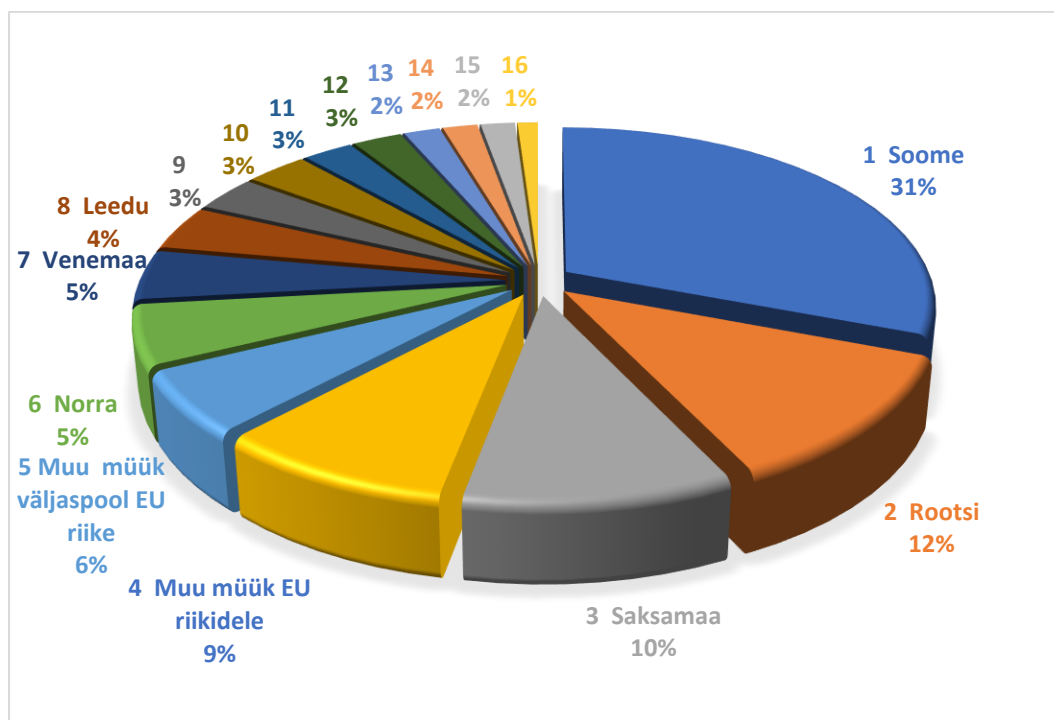
Valdkonna ettevõtetel on läinud hoolimata maailmamajanduse keerulisest olukorrast viimastel aastatel väga hästi. Swedbanki uuringu „Masina- ja metallitööstus. Tööstusettevõtete uuring 2021“ andmetel kasvas masinate ja seadmete eksport 2020. aastal võrreldes 2019. aastaga 6%, samal ajal on Eestis toodetud kaupade kogutulu aga vähenenud [2].

Töoga hõivatutest tegutseb 4,2% just masina- ja metallitööstuses. Kogu Eesti erasektori töötajatest ning erasektori käibest annab sektor 3,3% ja kasumist 3,1%. Sektori rentaablus on 5,5%, mis on 0,3 protsendipunkti alla Eesti keskmise. Töötajakohane käive on 78%, kasum 74% ja

lisandväärtus 95% Eesti keskmisest. Sektori keskmine töötasu on 3% kõrgem Eesti keskmisest töötasust [3].

Eesti päritolu kaupade kogueksport oli 2020. aastal 10,2 miljardit eurot. Sellest 3,4 miljardit eurot moodustas masina- ja metallitööstuse toodang. Masina- ja metallitööstuse ekspordi peamised sihtturud on Soome, Rootsi, Saksamaa, Norra, Venemaa ja Leedu. Teised Euroopa Liidu riigid on väiksema osakaaluga: eksport Lähti, Hollandisse ja Türgi oli 2020. aastal 3% ning Prantsusmaale, Taani, Poolasse ja Belgiasse 2%.

Väljaspool Euroopa Liidu riike oli suurim eksport Venemaale (5%) ja USA-sse (3%). Väga suure osakaaluga (9%) on „Muu müük ELi riikidele“. Kahjuks ei ole ettevõtted oma majandus- aasta aruannetes täpsustanud, millistesse riikidesse seda eksporti tehakse (joonis 1) [3].



Joonis 1. Eesti masina- ja metallitööstuse 2020. aasta ekspordi jaotus % [3]

Swedbanki uuringust [2] selgub, et 47% selles osalenud masina- ja metallitööstusega seotud ettevõtetest plaanib laiendada uutele sihtturgudele. Kokku nimetasid ettevõtted 18 plaanitavat sihtriiki, kuid enim võimalusi nähti Saksamaa, Norra ja Rootsi turgudel [2].

Masina- ja metallitööstuse suurim eksportija oli BLRT Grupp AS, kes eksportis 2020. aastal kaupu 329 miljoni euro väärtuses. See on ligikaudu 10% sektori ekspordist [3].

Swedbanki uuringu [2] järgi prognoosib 52% masina- ja metallitööstusega seotud vastanutest lähiaastateks käibe kasvu. 35% uuringus osalenud valdkonna ettevõtete hinnangul jääb nende käive samaks ja ainult 13% ootab käibe vähenemist. 70% vastanud ettevõtetest, kes on seotud masina- ja metallitööstusega, plaanib kasumlikkuse suurenemist või samaks jäämist.

Seega võib öelda, et masina- ja metallitööstusega seotud ettevõtjad on optimistlikud ning nende kindlustunne on paranenud. Seda kinnitavad ka investeeringuprognosid. Swedbanki uuringu [2] alusel prognoositi 2021. aastal masina- ja metallitööstuse investeeringute mahu kasvuks ligikaudu 4,6% ning ka enamik siinses uuringus osalenud ettevõtetest kavatseb seda mahtu üha kasvatada. Kindlasti mõjutavad investeerimisotsuseid veel tööjõu saadavus ja kallinemine tööjõuturul ning energia kallinemine [2].

Investeerimisvaldkondadest peavad ettevõtted oluliseks järgmisi [2]:

- 1) tõhususe kasvatamine,
- 2) tootmisvõimsuste suurendamine,
- 3) tootearendus,
- 4) tööstusjäätmete vähendamine,
- 5) energia kokkuhoid.

Plaanitud käivet, kasumlikkust ja pikaajalist konkurentsivõimet suurendavate investeeringute eesmärk on kasvatada suurema lisandväärtusega tootmist, mille puhul määrab tulemuse kasutatav tehnoloogia ja kompetentsid.

Tõhususe suurendamise puhul on nii ettevõtja kui ka riigi jaoks keeruline leida kvalifitseeritud tööjõudu ja seda koolitada. Kutsekoja tööjõuvajaduse seire- ja prognoosisüsteemi OSKA töötleva tööstuse uuringust selgus, et töötajate puudus töötlevas tööstuses takistab Eesti majanduse arengut [4]. Arendustegevused digitaliseerimise ja automatiseerimise ning materjali-tehnoloogiate valdkonnas suurendavad tööstus- ja tootearendusinseneride nõudlust veelgi. Sama kehtib mehhatroonikute ja robottehnikute vajaduse kohta uuendusliku tehnoloogia rakendamisel tööstuses.

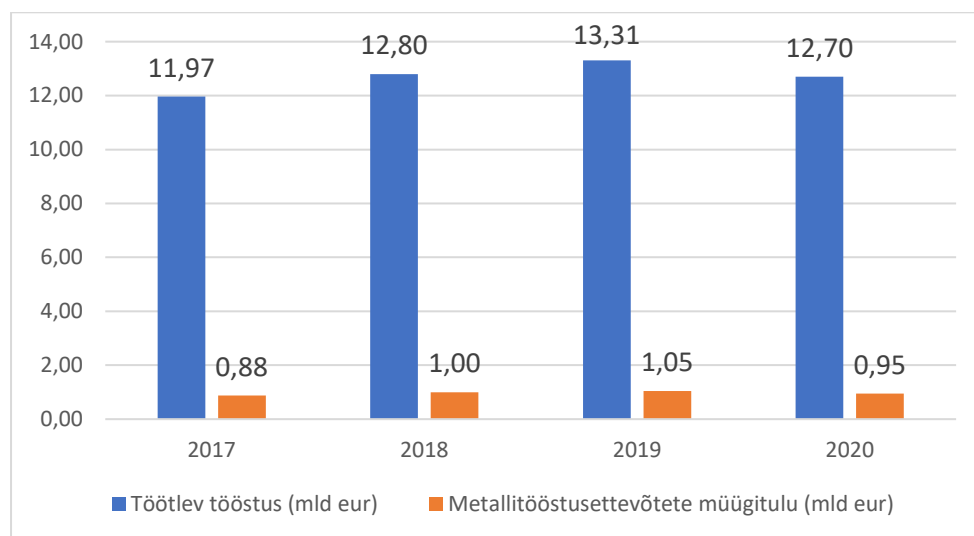
## 1.2. Põhinäitajad

Selles alapeatükis esitatakse Eesti masina- ja metallitööstuse ettevõtete põhinäitajad. Need pärinevad Statistikaameti avalikest andmeallikatest ja on saadud nelja tegevusala summeerimise tulemusena. Need tegevusalad on

- 1) metallitootmine;
- 2) metalltoodete tootmine, v.a masinad ja seadmed;
- 3) mujal liigitamata masinate ja seadmete tootmine;
- 4) mootorsõidukite, haagiste ja poolhaagiste tootmine.

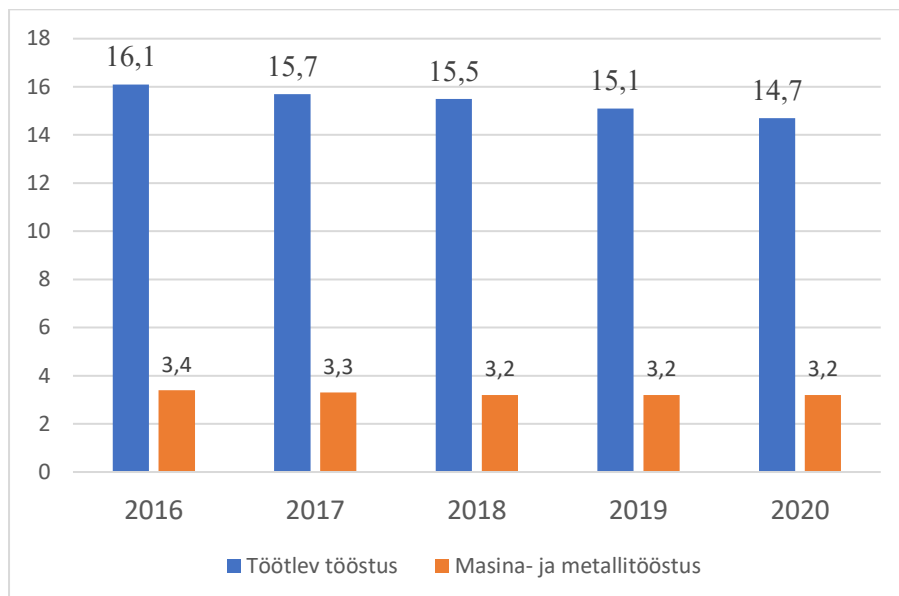
Lisaks võrreldakse masina- ja metallitööstuse põhinäitajaid töötleva tööstuse põhinäitajatega.

Andmetest on näha, et 2020. aastal vähenes masina- ja metallitööstuse ettevõtete müügi käive võrdluses eelmise aastaga, samas kahanes selle valdkonna ettevõtete näitaja vähem kui kogu töötleva tööstuse sektoris (joonis 2).



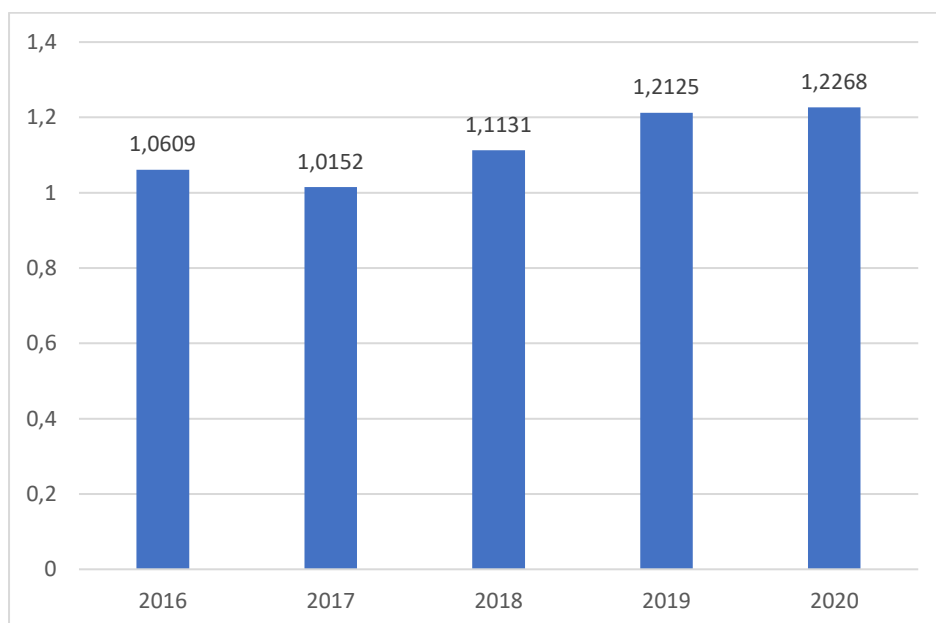
Joonis 2. Masina- ja metallitööstuse ettevõtete müügi käive võrreldes kogu töötleva tööstuse sama näitajaga mld eurodes 2017–2020 [1]

Vaadates masina- ja metallitööstuse ettevõtete osatähtsust Eestis loodavas lisandväärtuses aastatel 2019 ja 2020, selgub, et näitaja püsis neil aastatel samana (joonis 3).



Joonis 3. Masina- ja metallitööstuse osatähtsus Eestis loodavas lisandväärtuses võrdluses kogu töötleva tööstuse sama näitajaga % 2016–2020 [1]

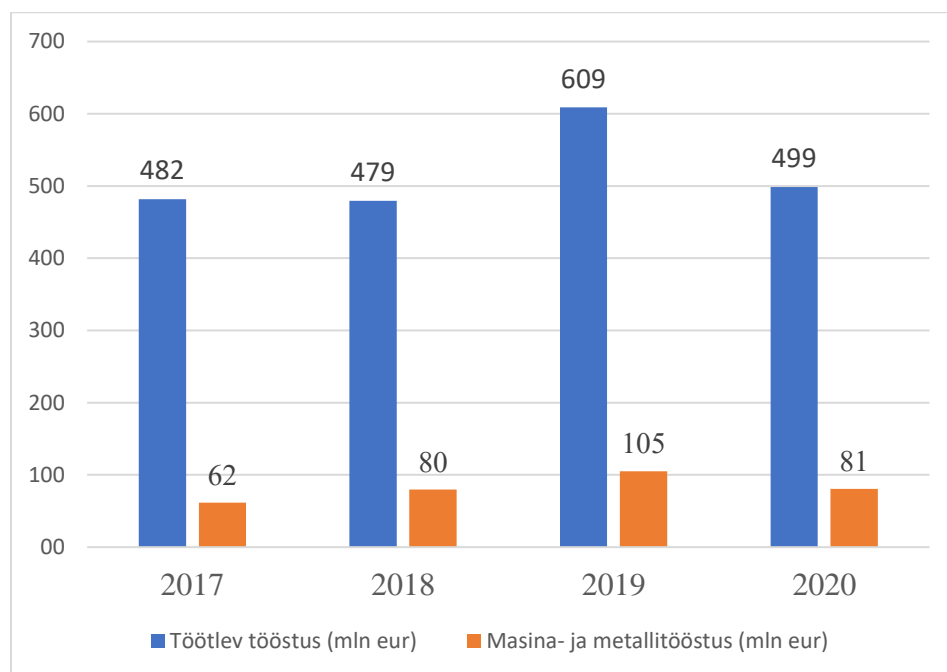
Ilmneb, et masina- ja metallitööstuse kaupade eksport on viimastel aastatel suurenenud, sealhulgas 2020. aastal võrdluses eelmise aastaga (joonis 4), ent samade aastate võrdluses ettevõtete müügi käive vähenes (joonis 2).



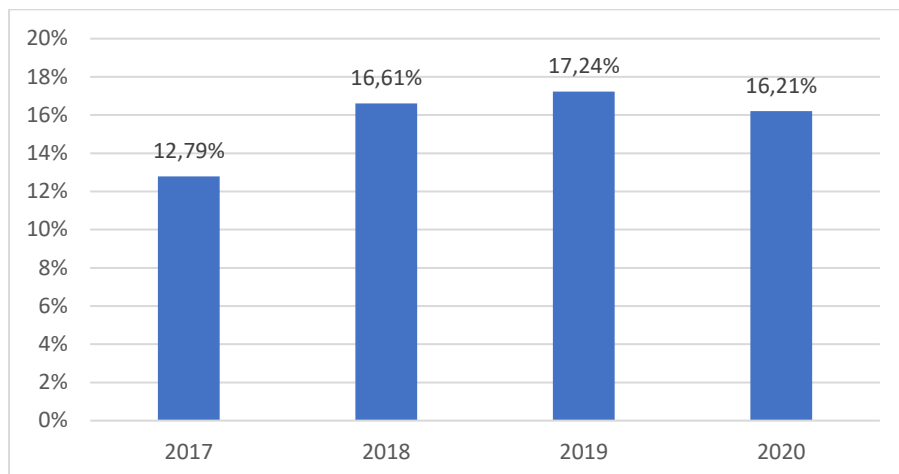
Joonis 4. Masina- ja metallitööstuse ettevõtete kaupade eksport mld eurodes 2016–2020 [1]

Andmetest võib järeldada, et 2020. aastal masina- ja metallitööstuse eksport kasvas ning müügikäive kahanes siseturu tellimuste arvel. Seda saab seletada asjaoluga, et masinatööstuse suurettevõtted teevad allhanketöid sektori teistele väikeettevõtetele ja koroonapandeemia Covid-19 alguse ajal tellimuste maht vähenes. Sellest tingituna ei tellitud Eesti-siseselt enam sama palju allhanget, vaid tööd tehti pigem ettevõtete enda ressurssidega.

Kogu töötleva tööstuse investeeringud kahanesid 2020. aastal võrreldes 2019. aastaga. Töötleva tööstuse koguinvesteeringutega kõrvutades on näha, et masina- ja metallitööstuse ettevõtete investeeringud kahanesid protsentuaalselt vähem. Ühtlasi on masina- ja metallitööstuse investeeringute osakaal kogu töötleva tööstuse investeeringutes pidevalt kasvanud (joonised 5, 6).



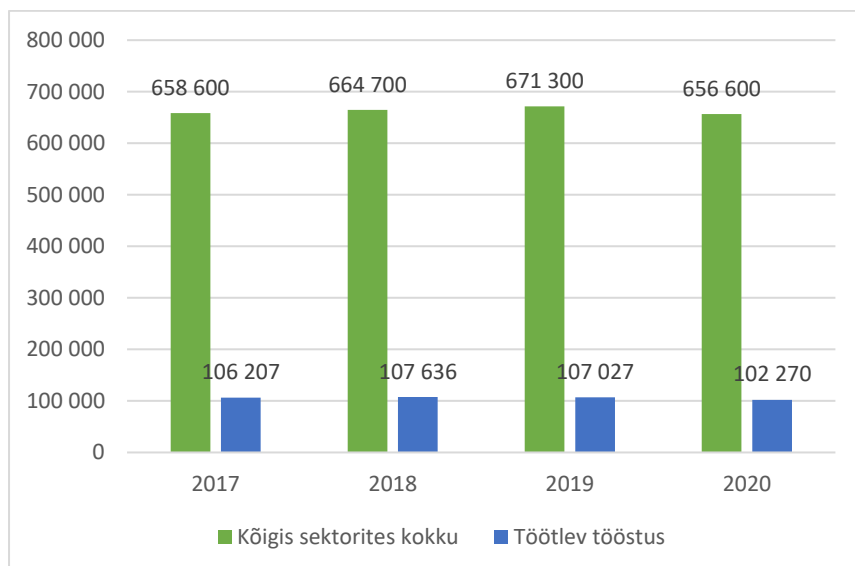
Joonis 5. Masina- ja metallitööstuse ettevõtete investeeringud materiaalsesse põhivarasse võrdluses kogu töötleva tööstuse sama näitajaga mln eurodes 2017–2020 [1]



Joonis 6. Masina- ja metallitööstuse ettevõtete investeeringute osakaal kogu töötleva tööstuse investeeringutes % 2017–2020 [1]

### 1.3. Tööjõud

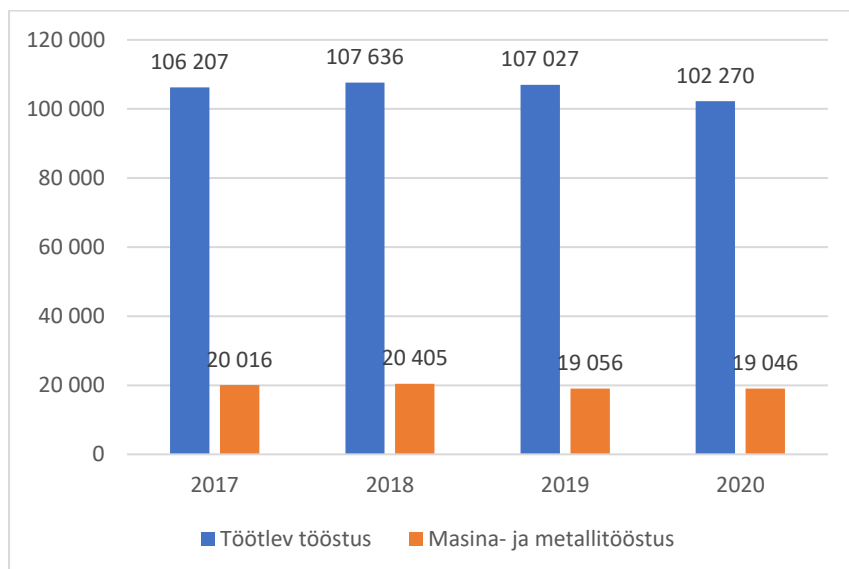
Statistikaameti andmetel oli Eestis 2020. aastal 656 600 tööga hõivatud inimest ja nendest 16% (102 270 inimest) oli otseselt hõivatud töötlevas tööstuses (joonis 7).



Joonis 7. Töötlevas tööstuses tööga hõivatute arv võrdluses kõigis sektorites kokku hõivatute arvuga 2017–2020 [1]



Masina- ja metallitööstuses oli tööga hõivatuid üle 19 000, mis moodustab ligikaudu 19% kogu töötlevas tööstuses hõivatud inimestest (joonis 8).



Joonis 8. Masina- ja metallitööstuses tööga hõivatute arv võrdluses kogu töötleva tööstuse sama näitajaga 2017–2020 [1]

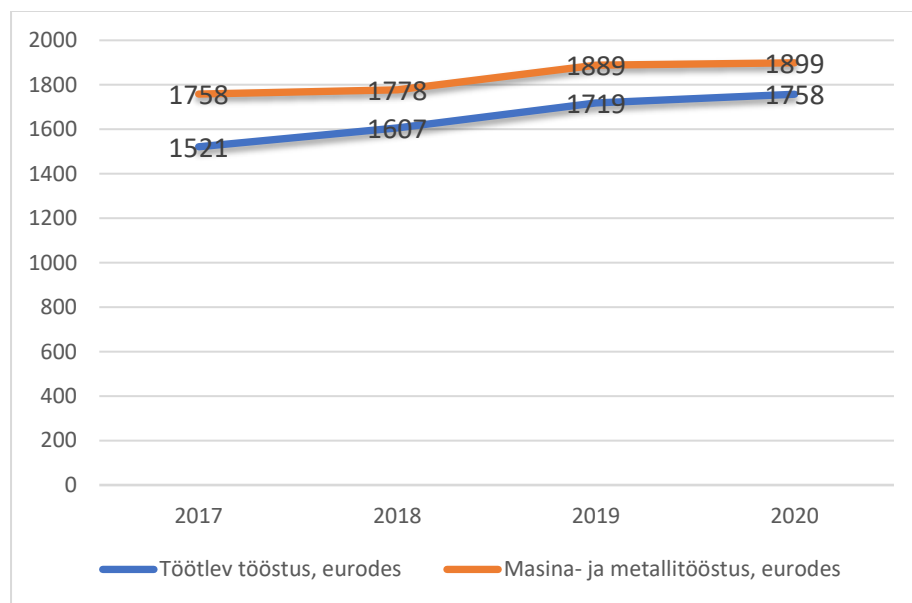
OSKA aruandest ilmneb, et valdav osa masina- ja metallitööstuse hõivest on koondunud Harjumaale (51%), Ida-Virumaale (13%), Tartumaale (10%), Pärnumaale (5%) ja Lääne-Virumaale (4%). Teistes Eesti piirkondades on valdkonna hõive 1–3% piires [4].

Valdkonna põhikutsealade töötajatest on enamus (77%) mehed. Naiste osakaal on suurim juhtide ja spetsialistide ametirühma põhikutsealadel (nt müügi- ja turundusjuhid: 41%, tootja tarneahelajuhi: 31%) ning oskustöötajatest seadmete koostajate ja koostelukkseppade hulgas (66%). Äärmiselt suure meeste osakaaluga paistavad silma keevitajate, metalltoodete ja -konstruktsioonide valmistajate ning masinamehaanikute ja lukkseppade põhikutsealad, mille puhul ligineb see näitaja 100%-le [4].

Põhikutsealadel hõivatute vanusejaotuse puhul on näha, et keskmisest kiiremini kasvab keskmine vanus masinamehaanikute ja lukkseppade, metalltoodete ja -konstruktsioonide valmistajate ning hooldustehnikute ja mehhatroonikute põhikutsealadel hõivatute puhul. Keskmisest „nooremad“ on seevastu seadmete koostajate ja koostelukkseppade, viimistlejate, keevitajate põhikutsealad. Nii nooremaid (alla 30 a) kui ka vanemaid (üle 60 a) töötajaid rakendub keskmisest rohkem sellistel põhikutsealadel nagu insenerid, pinkide seadistajad ja

operaatorid. 30–49-aastaste töötajate suurim osakaal on kõigil juhtimisfunktsiooniga seotud kutsealadel [4].

Palgatase on masina- ja metallitööstuse kõigil tegevusaladel kõrgem (8%) kui töötlevas tööstuses keskmiselt (joonis 9).



Joonis 9. Masina- ja metallitööstuse ettevõtete keskmine töäjõukulu kuus töötaja kohta eurodes võrdluses kogu töötleva tööstuse sama näitajaga 2017–2020 [1]

Masina- ja metallitööstuse põhiprobleeme on sobivate oskustega töötajate nappus. Samuti viidatakse OSKA analüüsis töötajate keskmise vanuse kiirele tõusule. Sellest tingituna tekib vajadus luua konkurentsivõime säilitamiseks täiend- ja ümberõppevõimalusi, et hoida töötajad tööturul võimalikult kaua [4].

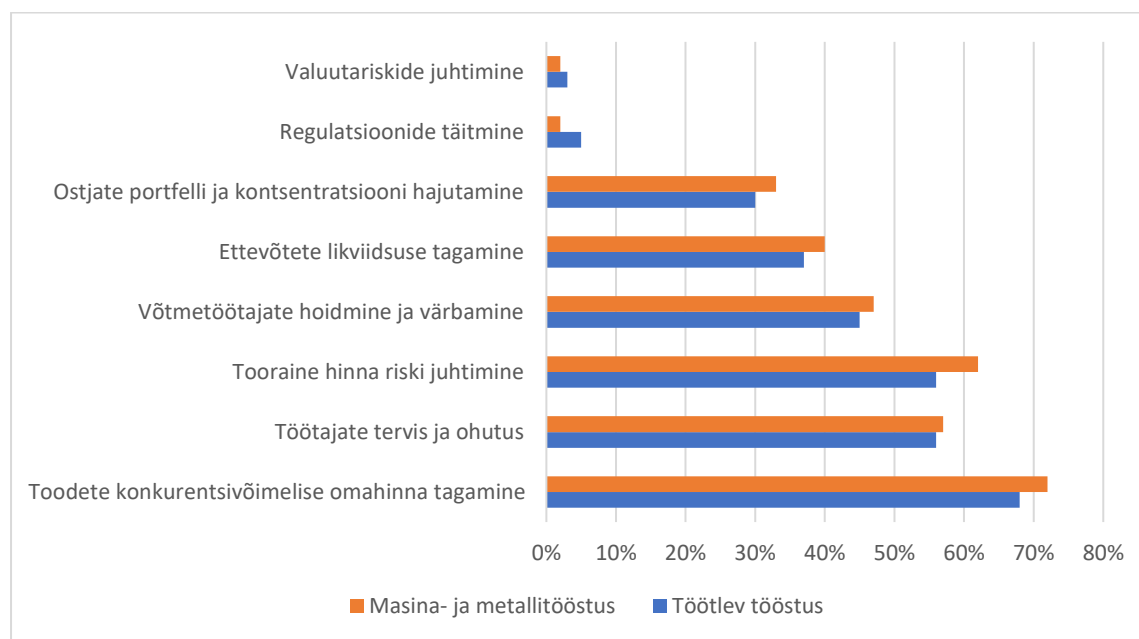
Tehnoloogia arengust tulenevate muutuste (sh üleminek targale tootmisele ehk nn tööstus 4.0) mõjul muutub tööjõu koolitamine keerulisemaks, kuna valdkonnas tegutsemiseks on vajalikud varasemast mitmekesisemad põhiteadmised ja -oskused [4].

Masina- ja metallitööstuses on tähtsaimad märksõnad nn digiajastu põlvkond, uued töövormid ja valdkonna kuvand. Töömaailm peab kohanema uute põlvkondade väärtushinnangutega ja suuremate ootustega töökeskkonnale. Töökorraldus muutub järjest projekti- ja koostööpõhisemaks, mistõttu oodatakse töötajatelt rohkem koostöö-, analüüsi-, otsuste langetamise ja info tõlgendamise oskusi. Töövormide mitmekesisustumine loob eeldused seni masina- ja

metallitööstuse kesksete tegevusalade liikumiseks valdkonnast välja: peale remondi- ja hooldusteenuse muutub üha rohkem sisseostetavaks ka inseneriteenus [4].

#### 1.4. Konkurentsivõime

Viimastel aastatel on olnud masina- ja metallitööstuse ettevõtete arenguplaanide ja -kavade koostamise üks probleemne suundumus toorainehindade pidev ja järsk kasv ning tooraine defitsiit. Ettevõtted näevad suurima riskina toodete konkurentsivõimelise omahinna tagamist: nii vastas Swedbanki analüüsi [2] järgi 68% uuringus osalenud tööstusettevõtetest ning koguni 72% masina- ja metallitööstuse ettevõtetest. Suuruselt teiseks riskiks peavad ettevõtted töötajate tervist ja ohutust ning kolmandaks riskiks tooraine hinnariski juhtimist (joonis 10) [2].



Joonis 10. Masina- ja metallitööstuse valdkonna ettevõtete riskide osakaal võrdluses kogu töötleva tööstuse sama näitajaga % [2]

Inflatsioon ja toorainehindade kallinemine on pannud ettevõtted pingutama juhtimisotsuste kvaliteedi parandamise nimel. Kasutades ära maailmamajanduse seisu ja muutusi tarneahelates, on eestlastel oma ideerohkuse ja töövõime abil head võimalused siseneda uutele välisesturudele, et pakkuda konkurentsi kogu maailmas.

## 1.5. Teadus- ja arendustegevus

Selles alapeatükis antakse ülevaade Eesti masina- ja metallitööstuse valdkonnaga seotud teadus- ja arendustegevusest, sealhulgas selle ala peamistest partneritest, ning analüüsitakse nende arengusuundi.

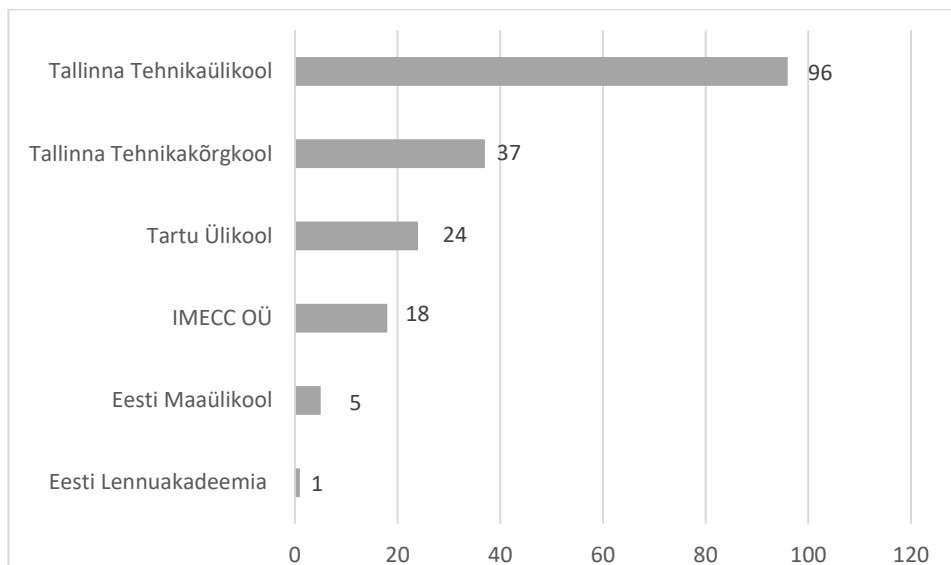
Eesti teadusinfosüsteemi (ETIS) teadus- ja arendusprojektide klassifikaatori järgi jagunevad masina- ja metallitööstuse valdkonnaga seotud teadus- ja arendusprojektid kolme rühma:

- 1) protsessitehnoloogia ja materjaliteadus (4.12);
- 2) mehhanotehnika, automaatika, tööstustehnoloogia (4.13);
- 3) tootmistehnika ja tootmisjuhtimine (4.14).

Neis rühmades on alates 2017. aastast kuni novembrini 2021 masina- ja metallitööstuse valdkonnaga otseselt või kaudselt seotud 181 projekti. Kõige rohkem projekte on viidud ellu Tallinna Tehnikaülikoolis (96), 37 projektiga järgneb Tallinna Tehnikakõrgkool, 24 projektiga Tartu Ülikool ja 18 projektiga OÜ IMECC (joonis 11).

Seega võime öelda, et masina- ja metallitööstuse teadus- ja arendustegevuse peamised partnerid Eestis on

- 1) Tallinna Tehnikaülikool,
- 2) Tallinna Tehnikakõrgkool,
- 3) Tartu Ülikool,
- 4) OÜ IMECC,
- 5) Eesti Maaülikool,
- 6) Eesti Lennuakadeemia.



Joonis 11. Masina- ja metallitööstuse valdkonnaga seotud teadus- ja arendusprojektide arv teadus- ja arendustegevuse peamiste partnerite alusel vahemikus 2017 – november 2021 [7]

Kõige rohkem projekte on viinud ellu professor Jüri Riives OÜ-st IMECC, Tallinna Tehnikaülikooli professor Tauno Otto ja dotsent Kristo Karjust, Tallinna Tehnikakõrgkooli professor Tavo Kangru ning Tartu Ülikooli professor Alvo Aabloo (tabel 1) [7].

Tabel 1. Alates 2017. aastast kuni novembrini 2021 masina- ja metallitööstuse valdkonna teadusprojektidega enim seotud Eesti teadlased

Teadusasutus	Teadlane	Projekte
OÜ IMECC	Jüri Riives	18
Tallinna Tehnikaülikool	Tauno Otto	17
	Kristo Karjust	10
	Veiko Karu	5
	Vladimir Kuts	5
	Mart Tamre	5
Tallinna Tehnikakõrgkool	Tavo Kangru	10
	Kristo Vaher	5
Tartu Ülikool	Alvo Aabloo	8

Masina- ja metallitööstus on Eesti üks suurimaid tööstusvaldkondi, kus tegutseb 1700 ettevõtet ning mille eksport moodustab kogu töötleva tööstuse ekspordist kolmandiku. Seda arvestades on sektori teadusprojekte ja nendega seotud teadlasi väga vähe. Pikas plaanis võib see hakata ettevõtete arengut pidurdama. Sektori jätkusuutlikkuse seisukohalt on vajalik, et leiduks piisav arv tugevaid teadlasi, kes saaksid rohkem tegeleda masina- ja metallisektori arendamisega.

Samas on väga rõõmustav, et masina- ja metallitööstuse valdkonnaga seotud peamised teadusasutused on viimastel aastatel investeerinud valdkonna võimekuse suurendamisse ning kavatsevad seda tegevust jätkata.

Kokkuvõtteks võib öelda, et masina- ja metallitööstuse ettevõtetel on teadus- ja arendustegevuseks Eestis viis suurt partnerit. Enim tehakse koostööd Tallinna Tehnikaülikooli, Tallinna Tehnikakõrgkooli ning teadus-arenduskeskusega OÜ IMECC. Järk-järgult on suurenenud valdkonna teadus- ja arendusvaldkonna koostöö Tartu Ülikooliga, mis hõlmab ettevõtete mõndagi innovaatilist projekti ja edulugu. Näiteks GScan OÜ ja teadlaste koostöös on tootearendusprojektist sündinud uudne skannimislahendus, mida soovitakse tootma hakata.

Seni on tehtud vähem koostööd Eesti Maaülikooliga, ehkki selle ülikooli uurimissuundade seas on mitu tulevikku suunatud valdkonda. Kindlasti võiks mitmes nende valdkondade arendustegevuses oma kogemustega osaleda ka masina- ja metallitööstuse ettevõtted, olgu see näiteks integreeritud taastuvenergeetika lahenduste väljatöötamine või loomafarmide tehnoloogia, tehnika ja biotehniliste süsteemide ergonoomika.

### **1.5.1. Teadus-arenduskeskus OÜ IMECC**

Masina- ja metallitööstuse valdkonnas on teadus- ja arendustegevusega seotud teadus-arenduskeskus OÜ IMECC (innovaatiliste masinaehituslike tootmissüsteemide tehnoloogiate arenduskeskus, ingl *innovative manufacturing engineering systems competence centre*). Ettevõtte eesmärk on pakkuda tipp tehnoloogilisi lahendusi ja insenerituge, mis aitab kasvatada Eesti ettevõtete jätkusuutlikkust ja konkurentsivõimet ning tugevdada Eesti töötleva tööstuse positsiooni nii Eestis kui ka rahvusvaheliselt [21].

OÜ IMECC on eest vedanud järgmisi rahvusvahelisi projekte (või olnud nendega seotud), mis hõlmavad ettevõtete ja ülikoolide koostööd: „TAK I“ (EU30006), „TAK II“ (EU48685), „NEDIA“, „CLUSME“ (CB216), „INSMER“, „Manufuture2017“, „L4MS“, „InforM“, „INLEARC“ ja „TOURINGS“.

IMECC osutab järgmisi teenuseid:

- 1) tööstusettevõtete digianalüüs,
- 2) teenindusettevõtete digivõimekuse hindamine,
- 3) ettevõtete protsesside tulemuslikkuse analüüs „Kuhu kaob aeg?“,
- 4) robotiseerimise otstarbekuse analüüs,
- 5) kulusäästliku tootmise meetodikad,
- 6) tootmisandmete halduslahendused ettevõtetele,
- 7) ettevõtete digivõimekuse teekaardi koostamine,
- 8) ettevõtete ekspordivõrgustiku arendamine,
- 9) projektide kirjutamine ja juhtimine,
- 10) õppematerjalide koostamine,
- 11) ekspertkonsultatsioonid ja uuringute tegemine.

Samuti viib IMECC ellu teadus- ja arendustegevusega seotud projekte koostöös erasektori partneritega (inseneribürood, tootearendajad jt), kuid nende projektide kohta puudub Eestis mõõdetav statistika.

Masina- ja metallitööstuse sektori teadus- ja arendustöö puhul väärrib eraldi tähelepanu Tallinna Tehnikaülikooli professor Jüri Riives, kes on aastaid tegutsenud tehnikavaldkonna õppejõuna, tehnikateadlase ja praktikuna, nõustades tootmisettevõtteid. Selle kaudu on ta sektori arengut mõjutanud pikka aega. Ta on vedanud sektori arengut eest teadus- ja arenduskeskuse OÜ IMECC ning erialaliidu Eesti Masinatööstuse Liit kaudu. Tema algatatud ja ellu viidud rahvusvahelised projektid on aidanud kujundada Eesti kui tööstusriigi mainet [23].

Professor Riivese teadustöö põhisuunad on keeruliste süsteemide (tootmissüsteemid) analüüsi ja sünteesi teooria, integreeritud ja raalintegreeritud (paindootmissüsteemid) süsteemide olemus, kasutusvaldkonnad, projekteerimise põhimõtted ning vastavate metodoloogiliste aluste väljatöötamine ja tootmistehnika. Ta on avaldanud üle 40 teaduspublikatsiooni ja õppematerjali [24].

### **1.5.2. Tallinna Tehnikaülikool**

Tallinna Tehnikaülikooli juurde on loodud partnerlus- ja koostöövõrgustik, millega kaasatakse ettevõtjaid ja teisi partnereid ning mida toetab oma tegevusega innovatsiooni- ja ettevõtluskeskus Mektory [9].

Näiteks on Tallinna Tehnikaülikooli arengukavas aastateks 2021–2025 nähtud ette järgmised eesmärgid [10]: 1) olla uuendusmeelne ja ettevõtlik ülikool, 2) õppida lahendama päriselu probleeme, 3) rakendused ja õpe põhinevad kõrgetasemelisel teadusel, 4) panustada majandusse ja ühiskonda ning 5) olla jätkusuutlik ja kaasav ülikool. Tegevuse eesmärkidena nimetatakse muu hulgas ettevõtluskoostöö suurendamist, teadustöö kvaliteedi viimist Euroopa juhtivate tehnikaülikoolide tasemele, tippteadlaste osatähtsuse suurendamist ja konkurentsipõhise teadusrahastuse kasvu [10].

Tallinna Tehnikaülikooli akrediteerimisaruandes on osutatud, et koostööd ettevõtetega teadus- ja arendustegevuse valdkonnas aitaks suurendada see, kui korraldada projektijuhtimine paremini ning täiustada tugiteenuseid. Nii saaks pakkuda projekti teostajatele tuge kogu projekti vältel alates ettepanekute väljatöötamisest kuni lõpparuannete koostamiseni. See aitaks tugevdada teadus- ja arendustegevuse projektide taotlemise ja elluviimise suutlikkust ning mitmekesistada erinevatest rahastamisallikatest pärinevat portfelli [9].

Tallinna Tehnikaülikool pakub masina- ja metallitööstuse ettevõtetele järgmisi teenuseid:

- 1) tootearendus ja optimeerimine;
- 2) tootmise ja tootmisprotsesside modelleerimine, optimeerimine ja automatiseerimine;
- 3) 3D-printimine ja -kiirprototüüpimine;
- 4) PVD-pindamine;
- 5) toodete ja materjalide mehaaniline katsetamine;
- 6) toodete mõõtmine ja digitaliseerimine;
- 7) akustiline mõõtmine;
- 8) purunemise analüüsid ja ekspertiisid;
- 9) materjali analüüs;
- 10) täiendkoolitused.

### **1.5.3. Tartu Ülikool**

Tartu Ülikooli arengukavas aastani 2020 oli seatud eesmärgiks teha teadus- ja arendustööd, mille mõju on üleilmne ning suunab Eesti arengut, samuti innovaatus ja ettevõtlikkus, mille kaudu jõuavad teadmised majandusse. Uues arengukavas aastani 2025 keskendub Tartu Ülikool teadusvaldkondade koostööle riigi poliitikavaldkondade kujundamiseks vajalike tõenduspõhiste soovitude väljatöötamisel, et kutsuda esile muutusi [17].



Koostöö ettevõtjatega oli Tartu Ülikooli üks strateegilisi eesmärke aastani 2020 ja on ka aastani 2025 sõnastatud arengukavas. Seda toetavad riiklikud innovatsioonimeetmed, millest olulisim oli teadlaste kaasamist ja ettevõtete suuremahulisi arendustöid toetanud programm „Nutikas“. Tartu Ülikool on viinud selle raames ellu 36 koostööprojekti kogusummas 14,4 miljonit eurot. Lisaks on teadus- ja arendustegevuse teenuselepingute hulgas suurenenud Tartu Ülikoolist võrsunud hargettevõtetega sõlmitud lepingute rahaline maht, mis oli 2020. aastal u 10% lepingute üldmahust.

Oma arengukavas aastani 2025 on Tartu Ülikool sõnastanud ettevõtetega koostöö arendamiseks järgmised tegevussuunad [17]:

- 1) teadusprojektide välisrahastamine – eesmärk on luua ja aktiivselt kasutada teadusuuringute välisrahastuse taotlemise võimalusi, sealhulgas osaleda strateegilistes uurimisvaldkondades Euroopa Liidu teadus- ja arendustöö partnerlusprogrammides;
- 2) teadustaristu teenuste arendamine – eesmärk on suurendada koostööd teiste Eesti teadusülikoolide ning teadus- ja arendusasutustega, et tekiks teadustaristu riskasutus, ning muuta sellel põhinevad teenused kättesaadavaks ettevõtjatele ja teistele ülikoolivälistele huvirühmadele;
- 3) ettevõtetega tehtava koostöö suurendamine – eesmärk on otsida aktiivselt võimalusi teha ettevõtjatega koostööd ning kasutada ülikoolide ja ettevõtjate koostööd toetavaid rahastusmeetmeid, samuti ülikooli teadustaristu võimalusi;
- 4) uute ettevõtete loomine – hõlmab koostööd partneritega ettevõtlusõppe ja eelinkubatsiooniprogrammide kaudu kogu Eesti üliõpilaste ja teadlaste ettevalmistuseks selleks, et luua, arendada ja juhtida ettevõtteid;
- 5) partnerlus innovatsiooni toetavas ökosüsteemis – eesmärk on luua koostöös Eesti ettevõtlusorganisatsioonide ja maakondlike ettevõtluskeskustega ettevõtlust soodustav keskkond.

Masina- ja metallitööstuse valdkonnaga seotud teadus- ja arendustööd teeb Tartu Ülikooli tehnoloogiainstituut, mille teadustöö põhisuundadena on nimetatud ka [13]

- materjaliteadus ja robotika;
- masinnägemine ja tehisintellekt.

Koostöö soodustamiseks ettevõtetega tegutseb Tartu Ülikooli juures ettevõtluskeskus. On kiiduväärt, et selle keskuse kaudu on Tartu Ülikool rahvusvahelise võrgustiku EIT Manu-

facturing partner ja piirkondlik innovatsioonikeskus. Eesti tootmisettevõtetel on Tartu Ülikooli kaudu võimalus saada infot selle võrgustiku taotlusvoorude kohta ja osaleda kontaktüritustel.

#### **1.5.4. Eesti Maaülikool**

Peale nimetatud teadusasutuste on hakanud masina- ja metallitööstuse valdkonna ettevõtetega koostööd tegema ka Eesti Maaülikool, mille edendatava kuue fookusvaldkonna seas on ka tehnika ja tehnoloogia [18]. Eesti Maaülikool näeb oma arengukavas aastani 2025 ette suurendada fookusvaldkondade võimekust akadeemilistes struktuurüksustes [18].

Eesti Maaülikoolis on masina- ja metallitööstuse ettevõtete teadus- ja arenduspartner tehnika-instituut. Selle akadeemiliste tegevuste põhilised vastutusvaldkonnad on biomajanduse tehnoloogia ja energiakasutus ning peamised uurimissuunad on järgmised [19]:

- 1) integreeritud taastuvenergeetikalahendused;
- 2) fraktsioneeritud biomassi efektiivne kasutamine teise põlvkonna kütusena;
- 3) energeetiliste protsesside modelleerimine;
- 4) loomafarmide tehnoloogia, tehnika ja biotehniliste süsteemide ergonoomika;
- 5) marjakoristustehnika modelleerimine ja arendus;
- 6) modelleerimine materjalide lõiketöötlusel;
- 7) matemaatika õpetamise eripärad bioloogilistel, majanduslikel ja insenererialadel.

#### **1.5.5. Tallinna Tehnikakõrgkool**

Ka Tallinna Tehnikakõrgkooli arengukavas aastateks 2021–2025 on nähtud ette teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni edendamine. Teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooniga loodetakse aidata kaasa tehnoloogia- ja teadusmahukate ettevõtete edendamisele ning suurema lisandväärtusega toodete ja teenuste väljatöötamisele. Lisaks toetatakse sellega targa majanduse arengut ning säästva tehnoloogia levitamist rakendusühtsuste ja innovatsiooni kaudu. Soovitakse luua vajaduspõhine teadussidusus Tallinna Tehnikakõrgkooli ja ettevõtete vahel ning parendada kõrgkooli rakendusühtsuste ja arendustegevuste toimevõimet [11].

Tallinna Tehnikakõrgkool toetab eelkõige väike- ja keskmise suurusega ettevõtete tehnoloogia- ja innovatsioonisuutlikkust ning osaleb muude institutsioonide nõudluspõhistes teadus- ja

arendustegevuse uuringutes. Tallinna Tehnikakõrgkooli teadmussiire on suunatud uurimistööde rühmade töö tulemuste rakendamisele ettevõtluskeskkonnas. Selles keskendutakse peamiselt [11]:

- 1) rakendusuuringute tegemisele ning ettevõtete teadus- ja arendustegevuse teadlikkuse ja nõudluse kasvatamisele;
- 2) ettevõtete konkurentsivõime parandamisele, nutika spetsialiseerumise ja rohetehnoloogia rakendamise uurimisele;
- 3) toodete ja teenuste katsetustele ning arendusele;
- 4) teostatavusuuringute tegemisele.

2021. aasta alguse seisuga on Tallinna Tehnikakõrgkoolis loodud neli töörühma, kes tegelevad masina- ja metallitööstuse valdkonna teadus- ja arendustegevusega. Need töörühmad on järgmised [11]:

- 1) painded ja materjalide rakendusuuringud – tegeletakse materjalide (plast, metallisulam, komposiit) mehaaniliste ja füüsikaliste omaduste määramise ja katsetamisega ning uuritakse materjalide taastamise tehnoloogiaid ja termotöötlemise võimalusi;
- 2) digitaalne tarneahel – rakendusuuringud tarneahela digitaliseerimise, optimeerimise, ettevõtte logistikasüsteemi juhtimise, logistika ja transpordi planeerimise valdkonnas;
- 3) robotisüsteemide mudelite rakendamine – tööstuse 4.0 temaatikaga seotud uudsete tehniliste lahenduste uurimine ja rakendusmeetodite väljatöötamine;
- 4) innovaatilised lahendused masinaehituses – tööstuse digitaliseerimisega seotud lahenduste arendamise ja rakendamise rakendusuuringud.

Nagu Tallinna Tehnikaülikoolis nii on ka Tallinna Tehnikakõrgkoolis loodud teadus- ja arendustegevust toetav tugistruktuuriüksus (innovatsiooni- ja ettevõtluskeskus), mis on ühenduslüli ettevõtete ja instituutide vahel [11].

#### **1.5.6. Rahvusvahelised võrgustikud**

Rahvusvahelistest võrgustikest on Eesti Masinatööstuse Liit teinud koostööd järgmistega:

- EIT Raw Materials (<https://eitrawmaterials.eu>), põhipartneri Tallinna Tehnikaülikooli kaudu;
- EIT Manufacturing (<https://www.eitmanufacturing.eu>), põhipartneri Tartu Ülikooli kaudu;

- Euroopa Tuumauuringute Organisatsioon (CERN) (<https://et.wikipedia.org/wiki/CERN>), mille assotsieerunud liige on Eesti alates 2020. aastast;
- Euroopa Neutronkiirguse Allikas (ESS), mille täisliige on Eesti alates 2014. aastast;
- Läti Masinatööstuse Liit (MASOC) ja Leedu Masinatööstuse Liit (LINPRA), kes on ise aktiivselt projekte juhtinud ning kaasanud Eesti Masinatööstuse Liitu.

Eesti Masinatööstuse Liit on kutsunud liituma Orgalimiga (<https://orgalim.eu/members-and-partners>), mis koondab Euroopa Liidu masina- ja metallitööstusega seotud riiklikke erialaliite ning aktiivseid korporatsioone. Selle aruande koostamise ajal peetakse liitumisläbirääkimisi.

Võrgustike suur pluss on laiem Euroopa-ülene koostöö ning kontaktid ja rahastusvõimalused, st Eesti tööstusettevõtted saavad sel viisil parema nähtavuse ja uusi kliente. Teadus- ja arendustegevuse jaoks on äärmiselt oluline olla võrgustikega seotud, sest huvitunud ettevõtetel on võimalik osaleda rahvusvahelistes teadus- ja arendusmeeskondades ning hankida parimat teadmist teiste ülikoolide teadlastelt ja nende laboritest. See puudutab näiteks uute materjalide katsetamist, aga ka pehmeid teemasid, sealhulgas küsimust, kuidas innovatsiooni juhtida ja mõõta. Miinus on see, et võrgustike osalustasu on põhipartnerile kulukas: kui puuduvad selged eesmärgid, ei suudeta nende potentsiaali täielikult ära kasutada.

## **2. METOODIKA**

Uuringuaruande uurimuslikus osas keskendutakse ülevaate tegemisele Eesti masina- ja metallitööstuse ettevõtete teadus- ja arendustegevusest eesmärgiga selgitada välja selle peamised valdkonnad ja suunad. Lisaks püütakse teha kindlaks nende ettevõtete arenguvajadused kolme kuni viie aasta vältel ning viie ja enama aasta perspektiivist lähtudes. Samuti vaadeldakse teadus- ja arendustegevust ning ettevõtete arengut takistavaid tegureid.

Analüüsitud on eri suurusega ettevõtete tegevust ja vajadusi ning valdkonna ekspertide hinnanguid. Selleks tehti fookusrühmaintervjuud seitsme valdkonnas tegutseva suurettevõtte esindajaga, üheksa keskmise suurusega ettevõtte esindajaga ja üheksa väikeettevõtte esindajaga. Valdonna üleilmsete trendide väljaselgitamiseks tehti tööstusvaldkonna ekspertide ja Eesti Masinatööstuse Liidu nõukogu liikmetega fookusrühmaintervjuud.

Kokku tehti viis fookusrühmaintervjuud ajavahemikul 1.–15. november 2021. Kõik intervjuud lindistati ja transkribeeriti. Veebiküsitlus sisaldas olulisimaid päevakohaseid teemasid, millele said vastajad ka lisainfot pakkuda. Vastused andsid üldise ülevaate sektori teadus- ja arendustegevusega seotud vajadustest ja ootustest.

Teadus- ja arendustöö põhisuundade väljaselgitamiseks tehti sektori esindajate seas 7.–17. jaanuarini 2022 eraldi veebiküsitlus.

### **2.1. Valim**

Uuringu valimi koostamiseks kasutati Äripäeva koostatud masina- ja metallitööstuse ettevõtete aastaraportit [3], milles olid esitatud sektori peamised majandusnäitajad. Selle põhjal rühmitati sektori ettevõtted aastakäibe järgi nelja rühma:

- 1) käive üle 25 miljoni euro – suurettevõtted;
- 2) käive 6–25 miljonit eurot – keskmise suurusega ettevõtted;
- 3) käive 1–5 miljonit eurot – väikeettevõtted;
- 4) käive alla 1 miljoni euro – mikroettevõtted.

Selle jaotuse järgi on suurettevõtteid sektoris ainult 13, keskmise suurusega ettevõtteid 73, väikeettevõtteid 243 ja mikroettevõtteid 80. Et mikroettevõtetel on sektorile väike mõju, ei kaasatud neid uuringusse.

Enim kaasati valimisse suurettevõtteid (seitse), sest need mõjutavad oma tegevusega Eesti masina- ja metallitööstust kõige rohkem. Keskmise suurusega ja väikeettevõtete rühmast hõlmati uuringusse need, kellel on valdkonnas pikaajalised kogemused või suur arengupotentsiaal. Jälgiti, et valimis oleks nii neid ettevõtteid, kes arendavad aktiivselt omatooteid, kui ka neid, kes pakuvad allhanketeenuseid. Kokku osales uuringus 26 ettevõtet ja neist enamik kuulub Eesti Masinatööstuse Liitu.

Uuringus osalenud suurettevõtted:

- 1) AQ Lasertool OÜ,
- 2) OÜ BLRT Masinaehitus,
- 3) ETS NORD AS,
- 4) AS HANZA Mechanics Tartu,
- 5) AS Hekotek,
- 6) AS Norma,
- 7) OÜ Palmse Mehaanikakoda.

Uuringus osalenud keskmise suurusega ettevõtted:

- 8) AS Estanc,
- 9) Milrem AS,
- 10) Radius Machining OÜ,
- 11) AS Saku Metall Allhanke Tehas,
- 12) Sjolund Estonia OÜ,
- 13) Stera Technologies AS,
- 14) TB Works OÜ,
- 15) AS Tech Group,
- 16) Torm Metall OÜ.

Uuringus osalenud väikeettevõtted:

- 1) OÜ Alise Technic,
- 2) Danival MW OÜ,
- 3) Finest-Hall Factory OÜ,
- 4) K.Met AS,
- 5) AS Lapi MT,
- 6) AS Nuia PMT,
- 7) Ojala Estonia OÜ,
- 8) PlasmaPro OÜ,
- 9) OÜ Terasman,
- 10) Windak OÜ.

Et saada maailmamajanduse ning Eesti masina- ja metallitööstuse arengusuundadest paremini aru, koostati valdkonna ekspertidest kaks fookusrühma. Esimesse kuulusid Eesti majanduse ja tööstuse eksperdid ning teise Eesti Masinatööstuse Liidu nõukogu liikmed.

Eesti majanduse ja tööstuse ekspertide fookusrühma kuulusid

- 1) Andri Haran, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium;
- 2) Raul Kirsimäe, Swedbank AB Eesti filiaal;
- 3) Kaspar Oja, Eesti Pank;
- 4) Peter S. Treialt, masinatööstuse ekspert-konsultant;
- 5) Urmas Varblane, Tartu Ülikool.

Eesti Masinatööstuse Liidu nõukogu fookusrühma kuulusid

- 1) Rain Johanson, OÜ Eesti Kraanavabrik;
- 2) Frid Kaljas, Festo OY Ab Eesti filiaal;
- 3) Kristo Karjust, Tallinna Tehnikaülikool;
- 4) Veljo Konnimois, Radius Machining OÜ;
- 5) Oliver Mets, Inero OÜ;
- 6) Emöke Sogenbits, AS HANZA Mechanics Tartu;
- 7) Aet Sooääre, Intar MW OÜ;
- 8) Kristi Tõlp, Electromatix OÜ;
- 9) Kristo Vaher, Tallinna Tehnikakõrgkool.

Veebiküsitlusele, mis tehti 7.–17. jaanuarini 2022, vastas 29 sektoriga seotud ettevõtet või muud organisatsiooni. Küsitluses osalesid peamiselt Eesti Masinatööstuse Liidu liikmed, aga ka teised tööstusettevõtete esindajad, kes andsid tagasisidet.

## **2.2. Andmete kogumise ja analüüsi meetod**

Uuringu jaoks tehti poolstruktureeritud intervjuud 26 ettevõtte esindajatega ja 14 eksperdiga. Küsimused saadeti kõigile enne intervjuud e-posti teel. Vastuste analüüsimisel ja koondamisel arvestati ettevõtete esindajate ja ekspertide väljendatud tervikpilti.

Enamiku ettevõtete esindajate ja ekspertidega tehti fookusrühmaintervjuu suuliselt. Nende nelja ettevõtte esindajad, kes ei saanud fookusrühmaintervjuul osaleda, vastasid küsimustele e-posti teel. Ettevõtete fookusrühmaintervjuud kestsid kaks tundi ja ekspertide fookusrühmaintervjuud poolteist tundi.

Intervjuude paremaks korraldamiseks olid küsimused ettevõtetele jagatud nelja rühma (tootearendus ja innovatsioon; tootlikkus ja investeeringud; koostöö teadusasutuste ja võrgustikega; ettevõtete areng) ning küsimused ekspertidele kolme rühma (masina- ja metallitööstuse trendid Eestis ja maailmas; tootearendus ja innovatsioon; ettevõtete areng).

Kõik intervjuud salvestati ja transkribeeriti. Transkribeeritud intervjuudele lisati hiljem e-posti teel vastanud ettevõtete vastused.

Uuringu andmekogumisevorm oli fookusrühmaintervjuu.

Uuringu andmeanalüüsimeetod oli kvalitatiivne sisuanalüüs. Selle alusel selgitati välja ettevõtete tootearenduse ja innovatsiooni põhisuunad, teadusasutustega tehtava koostöö võimalused ja suunad ning ettevõtete arenguvajadused.



### **3. SEKTORI TEADUS- JA ARENDUSTEGEVUSE SUUNDADE PÕHINÄITAJAD JA ANALÜÜS**

#### **3.1. Masina- ja metallitööstuse üleilmsed suundumused**

Et mõista masina- ja metallitööstuse suundumusi, küsiti Eestis tegutsevatelt tööstus- ja majandusekspertidelt, millised on sektori suundumused Eestis ning maailmas kolme kuni viie aasta ning viie ja enama aasta perspektiivist lähtudes.

„Eesti masina- ja metallitööstuse tulevik sõltub enamasti Euroopa tööstuse tulevikust ning sellest johtuvalt peaksimegi masinatööstuse trendidest arusaamiseks vaatama kogu Euroopa tööstuse trende,“ ütles professor Urmas Varblane. Tema hinnangul praegu väärtusahelad regionaliseeruvad ja see suundumus jääb kestma pikemaks ajaks.

„Kogu tuleviku küsimus taandub sellele, kes on suuteline tootma praegu defitsiidis olevaid mikrokiipe. See, kes on võimeline neid tootma, see ka n-ö võidab lahingu,“ oli Varblane seisukohal. Ta lisas, et tarneahelate katkemise tõttu viimastel aastatel on Euroopa ettevõtetele olulised tarneahela kulud, riskid ja vastupidavus. Praegu domineerib tarneahela vastupidavus kulude üle ja see on võimalus Euroopa tootjatele. Maailmas paigutatakse tarneahelaid ümber. Peamine küsimus on, kes saavad endale sellest tarneahelast kõige väärtuslikuma osa.

Kaspar Oja Eesti Pangast selgitas, et on olemas mitu võimalikku stsenaariumi ja meil ei ole praegu puudus mitte ainult mikrokiipidest. „Näiteks võib lähikuudel tekkida puudujääk juba Euroopa metallitööstuses kasutatavatest katalüsaatoritest ning sellest tingituna võime seista silmitsi sellega, et alumiiniumitööstus jääb seisma. Maaki meil Euroopas on, kuid me ei kaevanda seda. Täielik piiri vaheletulek Euroopale ja Aasiale ei ole kellelegi meeldiv ega ka väga tõenäoline, sest koostöö on kasulik mõlemale poolele,“ lisas Oja.

Kaspar Oja tõi esile kaks põhisuundumust.

1. Esiteks liigutakse tööstussektorist teenindussektorisse, sest tööstus areneb. Tänu automatiseerimisele ja digitaliseerimisele on seal vaja vähem töötajaid, mistõttu siirdutakse sealt tööle teenindussektorisse.
2. Teiseks ostetakse kaupu sisse Aasiast ja sinna liigub ka tööstus. Eestis on säilinud piisavalt palju madalapalgalist tootmist, mis on sinne n-ö vaba ressurss. Kui aga näiteks tõsta miinimumpalga taset, siis tuleb tõsta ka madalapalgaliste töötasu. See omakorda sunnib tööjõudu suunama mujale, teistesse valdkondadesse, kus on võimalus maksta suuremat palka.

Eesti ettevõtete jaoks on kõige keerulisem küsimus tööjõu leidmine. Eestis jääb igal aastal vähemaks 5000–6000 töötavat inimest, mille tagajärjel on siin lähima 20 aasta jooksul seega 60 000 ja lähima 30 aasta jooksul 100 000 töötavat inimest vähem. Eesti majanduse väikse mahu tõttu mõjutab see meie majandust tunduvalt rohkem kui suurriike.

Kaspar Oja sõnul on tööstuse puhul olulisel kohal rahvastiku tihedus. Näiteks suurtes linnades on palju lihtsam panna seadmed tööle kolmes vahetuses, samal ajal kui väikestes piirkondades on keeruline leida töötajaid isegi ühe vahetuse jaoks. Suundumus jääb ilmselt lähiaastateks kestma. Üldiselt kehtib tõsiasi, et mida jõukamaks riik saab, seda kallim on seal toota ja töökohti tööstuses jääb järjest vähemaks. Tavaliselt kaasneb sellega tööstuse viimine välismaale, samuti digitaliseerimise, automatiseerimise ja robotiseerimise abil tööstuse konkurentsivõimelisemaks muutmine. Viimast on näha ka Eesti masina- ja metallitööstuses. Peaaegu kõik uuringus osalenud ettevõtted investeerivad uude tehnoloogiasse, automaatseadmetesse, robotitesse ja protsesside digitaliseerimisse.

Valdkonna ekspert Peter S. Treialt rõhutas, et masina- ja metallitööstuse suundumused on määratud aastaid tagasi, kui osteti praegu kasutatavad masinad ja seadmed. Iga uuem masin on alati targem kui eelmine ja teeb aina rohkem ise ära. Inimesed, kes nende seadmetega töötavad, peavad olema samuti üha targemad. Keskne on see, kas inimesed jõuavad seadmetega sammu pidada.

Seega muutub üheks põhiküsimuseks, millise kvalifikatsiooniga inimesi vajatakse sektoris viie ja kümne aasta pärast. Arvestades asjaolu, et uute õppekavade arendamine ja juurutamine on pikk protsess, tuleks osata juba praegu ette näha, millises suunas tehnoloogia areneb ning kuidas tehnoloogia areng mõjutab töötajate teadmisi ja oskusi tulevikus. Seepärast peaks õppekavu ja väljaõppelaboreid arendades vaatama vähemalt viis kuni seitse aastat ette.

Pidades silmas praegu maailmaturul valitsevat paljude materjalide defitsiiti, selgub lähiaastatel, kas Euroopasse rajatakse kriitilise tähtsusega materjalide (kiibid, magnetid jmt) tehaseid.

Raul Kirsimäe Swedbank AB Eesti filiaalist oli seisukohal, et konkurents mitte ei kao, vaid muutub nii inimeste kui ka sektorite vahel järjest suuremaks. See ei pruugi juhtuda ühe-kahe aasta jooksul, kuid pikemas plaanis hakkab see avaldama märgatavat mõju. Sellest tingituna on vajalik, et Eesti tööstus oleks väga tõhus ja ettevõtted suudaksid palgata töötajaid nii rahvusvahelises kui ka kohalikus konkurentsis. Veel eeldab konkurentsis püsimine ulatuslikku tehnoloogilist muutust, milleks ettevõtted ei ole võib-olla veel valmis.

Eesti masina- ja metallitööstuse üks suundumus on väärtusahela pikendamine, st ettevõtted püüavad lisada oma tootele rohkem väärtust, arendades näiteks suure lisandväärtusega teenuseid. Eesti ettevõtete konkurentsieelis on paiknemine rikaste Põhjamaade kõrval ja Euroopa südamele suhteliselt lähedal.

Rahvusvahelise uuringufirma Gartner, Inc järgi on töötlevas tööstuses viis strateegilist arengusuunda [22].

1. Digitaliseerimine ja lisateenuse osutamine eesmärgiga pakkuda füüsilisele tootele lisaks teenust, mis saadakse toote digitaliseerimise teel. See loob võimaluse uute, digitaalsete ärimudelite tekkeks, mille puhul tootjad loovad tarbijaga sidemed ka pärast toote müüki. Prognoositakse, et 2025. aastaks on 50 parimat tarbekaubatootjat investeerinud brändirakendusse, mis kasutab tehisintellekti ja tootesse lisatud tehnoloogiat.
2. Kasutajakogemuse laialdasem kasutamine ning selleks platvormide arendamine, mis ühendab kliente, partnereid ja töötajaid. Tänu tehnoloogia pidevale arengule saavad nii töötajad kui ka kliendid parandada omavahelist suhtlust ning luua rohkem väärtust. Prognoositakse, et aastaks 2024 seda rakendanud organisatsioonide müügi käive ületab konkurentide näitaja 25% võrra.
3. Ettevõtte ökosüsteemipartnerluse laialdasem kasutamine. Üleilmsed organisatsioonid saavad kasutada ökosüsteemipartnerlust kui võimalust kasvada peale seniste turgude ka arenevatel turgudel. Ühtlasi võimaldab tootmise ökosüsteemipartnerlus erinevat tüüpi algatusi, näiteks seoses keskkonna ja ringmajanduse teemadega. Prognoositakse, et 2024. aastaks rakendab ökosüsteemipartnerlust 75% maailma 20 suurimast tarbekaubaettevõttest, mis aitab saavutada majanduskasvu ja jätkusuutlikkuse eesmärke.
4. Lisaraha teenimine suurandmete kasutamise abil. Tootmisettevõtete kiire digitaliseerimise käigus hakatakse koguma järjest rohkem andmeid ja jagama neid ettevõtete-

vahelistes ökosüsteemides. Sellega kaasneb ettevõtetele lisatulu võimalus, sest nad saavad osutada uusi teenuseid ja luua uusi ärimudeleid. See võib tagada pideva tulu ka siis, kui äritegevust häirivad välised tegurid (nt tarneahelaga seotud probleemid või töötajate puudus). Prognoositakse, et 2024. aasta lõpuks on pooltel üleilmsetel tööstusseadmeid tootvatel organisatsioonidel õnnestunud teenida oma andmetega lisatulu.

5. Seadmed kui teenus. See on mudel, mille puhul hakkavad ettevõtted seadmetesse investeerimise asemel kasutama rohkem nende rentimist ja korduvkasutamist eesmärgiga kasutada seadmeid võimalikult tõhusalt. Mudeli laialdasemat kasutamist toetab asjade interneti (IoT) tehnoloogia ulatuslik levik. Prognoositakse, et 2023. aastaks kasutab asjade interneti tehnoloogia võimalusi 20% tööstusseadmete tootjatest (võrreldes praeguse nullilähedase baasiga).

### **3.2. Tootearendus ja innovatsioon masina- ja metallitööstuses**

Küsitluses osalenud 26 ettevõttest kaheksa tegeleb tootearendusega, ehkki ainult ühele ettevõttele on see põhitegevus. 17 ettevõtte esindajate sõnul on nad küll allhanke tootjad, kuid pakuvad kliendile klienditoote arendamist. Kliendipõhise tootearenduse liikumapanev jõud on enamasti olnud vajadus toota võimalikult tõhusalt, mistõttu pakutaksegi kliendile toodete kohandamist tootmise kulutõhususe seisukohast.

Ainult ühe ettevõtte esindaja ütles, et ettevõtte ei tegele üldse tootearendusega. Mitu ettevõtet selgitas, et liigub omatoote väljatöötamise poole, st ideed on olemas ja töö käib.

Lisandväärtuse suurendamise nimel peetakse vajalikuks pakkuda kliendile peale toote ka teenuseid, st väikse lisandväärtusega tootele lisatakse suure lisandväärtusega teenus (nt tootejooniste tegemine, insener-tehnilised lahendused).

Eksperdid tõid esile, et masinatööstuse ärimudeli muutus võibki alata sellest, et lihtsa tootega pakutakse kliendile kaasa selle edasiarendust ja teenust. Näiteks parema lahenduse kaudu saadakse uus lisandväärtus või tullakse selle teadmise taustalt välja päris oma lahenduse ja uue tootega. Mainiti ka, et masinatööstuses oleks väga vaja muuta ärimudelit. Selle muutuse liikumapaneva jõuna nimetati nooremate inimeste asumist ettevõtete juhtideks: juhtide uus

põlvkond mõtleb teisiti, on infotehnoloogia ja selle arenguga rohkem kursis ning näeb rohkem võimalusi.

Raul Kirsimäe Swedbankist oli samuti arvamusel, et masina- ja metallitööstuse tootearendus liigub paremuse poole: 2021. aasta valdkonnauuringust ilmnas, et iga teine sektori ettevõtte pidas tootearendusse investeerimist järgmisel kahel aastal olulisemaks eesmärgiks. 2021. aastal läks Euroopa Liidu fondide tootearendustoetuste koguarvust 7% just masina- ja metallitööstuse ettevõtetele.

Uuringus osalenud ettevõtted nimetasid innovatsiooni puhul peamiselt protsessiinnovatsiooni: kõik osalenud ettevõtted leidsid, et sellega tegeleda on möödapääsmatu, sest ilma ei suudeta säilitada konkurentsivõimet.

Tooteinnovatsiooniga tegeleb ainult üks uuringus osalenud ettevõtte. Selle innovatsiooni põhi-valdkonnad on robotikasüsteemide arendus ja sellega seotud teenuste arendus. Ettevõtte investeerib tootearendusse süsteemselt 20–30% käibest.

Kõik eksperdid olid seisukohal, et masina- ja metallitööstuse innovatsioon tuleb teistest sektoritest ning selleks tuleb teha koostööd paljude valdkondade ettevõtete ja klastritega. „Peamine küsimus selle juures on, kas me suudame selle rakendada Eestis kohalikkude tootesse või mitte,“ tõdes Kaspar Oja. Urmas Varblane lisas: „Meil on vaja hästi läbi mõelda need kohad, kus infotehnoloogia ja masinatööstus saaksid tihedamini kokku, et nad räägiks üksteisega, räägiks oma probleemidest.“

Masina- ja metallitööstuses on innovatsioonivõimalused uuringus osalenute hinnangul järgmised:

- 1) teiste valdkondade (nt infotehnoloogia) idufirmadest tulev innovatsioon, mis jõuab lõpuks oma lahendustega masinatööstusse;
- 2) tarbijakeskne innovatsioon, milleks tuleb pidevalt tarbijaga suhelda ning saada aru, mida tal on vaja ja mis suunas tuleb midagi paremaks teha.

Masina- ja metallitööstuse tootearendussuundi toodi esile neli:

- 1) järkjärguline tootearendus, st igal aastal lisatakse tootele midagi uut, mis loob kliendile uut väärtust;
- 2) kliendile terviklahenduste pakkumine, näiteks väljatöötatud süsteem, mille mooduleid saab täiendada ning vajaduse korral vahetada uue ja parema mooduli vastu;

- 3) oma toodetavas tootes komponentide või koostude arvu suurendamine. Mida rohkem komponente või kooste tootes on, seda kõrgemale see jõuab ettevõtte väärtusahelas;
- 4) seadmete ja masinate tarkuse loomine ning selle prototüüpimine ja patentimine.

Fookusrühmaintervjuuudel küsiti ka seda, millised on masina- ja metallitööstuse ettevõtete tootearenduse ja innovatsiooniga tegelemise peamised takistused ning nende kõrvaldamise võimalused. Takistavate teguritena nimetati järgmisi:

- 1) tootearendusega tegelevate inseneride ja tippspetsialistide vähene saadavus töajouturul;
- 2) ettevõtete väiksed eesmärgid ja julguse puudumine tootearendusega tegelemiseks;
- 3) ajapuudus, sest tavaline äri kasvab pidevalt ja selle kõrvalt oma toodet arendada on keeruline;
- 4) vahendite puudumine (kui on aega, siis ei ole raha, ja vastupidi);
- 5) piisavalt pädevate juhtide puudus eri tasanditel;
- 6) häkatonide võimaluste kasutamata jätmine;
- 7) tööstusomandi patentimise ja selle õiguskaitse teadmiste puudus (uuringust ilmnes, et Eestis on ainult kaks selle valdkonna juristi).

Uuringus osalejad mainisid kuut masina- ja metallitööstuse ettevõtete tootearenduse ning innovatsiooni soodustamise võimalust:

- 1) koostöö teiste sektorite ja valdkondadega;
- 2) Eestis oleva infotehnoloogiatarkuse (sh masinnägemise) kasutamine teiste sektorite tootearenduses;
- 3) osalemine tööstusega seotud häkatonidel;
- 4) „Nutika“ spetsialiseerumise meetme taastamine tootearendus- ja innovatsioonikoostöö tegemiseks teadusasutuste ja ettevõtete vahel;
- 5) tootearendusprojektide suuremas mahus toetamine väike- ja keskmise suurusega ettevõtetes;
- 6) ettevõtteväliste tootearenduse projektijuhtide palgakulude toetamine.

### **3.3. Masina- ja metallitööstuse tootlikkus ja investeeringud**

Uuringus selgitati välja, mida on ettevõtted teinud tootlikkuse suurendamiseks. Analüüsi, milliseid investeeringuid on tehtud ning mida kavatakse teha kolme kuni viie aasta ning mida viie ja rohkema aasta jooksul.

Tootlikkust on innustanud suurendama ja investeeringuid tegema eelkõige tööjõunappus Eesti turul, mistõttu on ettevõtete eesmärk viia tööjõu osakaal tootmisprotsessides miinimumini.

Kõik uuringus osalenud ettevõtted vastasid, et püüavad pidevalt vahetada vanu seadmeid uute vastu välja. Tehnoloogia areneb ruttu ning iga uue põlvkonna seadmed on tunduvalt kiiremad ja automaatsemad kui vanad. Ühtlasi nõuavad uued seadmed vähem tööjõuressursi.

Ettevõtete jaoks on tähtis, et seadmed oleksid nüüdisaegsed ja need vahetataks õigel ajal uue põlvkonna seadmete vastu välja. Seadmeid valides lähtutakse sellest, et nendega oleks võimalik teha rohkem operatsioone, ja sellest, et ühel inimesel oleks võimalik teenindada mitut seadet.

Investeeringute teine põhivaldkond on tööstusrobotid. Vastanud 26 ettevõttest ainult kolmes ei ole roboteid veel kasutusel, kuid nad kavatakse need kasutusele võtta kolme kuni viie aasta jooksul. Öeldi ka, et robotid on n-ö uus reaalsus.

Suur- ja keskmise suurusega ettevõtted olid seisukohal, et nad investeerivad peamiselt oma vahenditest, ning nende investeeringud ei ole kunagi jäänud ära rahapuudusel. Seevastu väikeettevõtete investeeringutele paneb piiri just rahanappus. Nii saabki öelda, et suur- ja keskmise suurusega ettevõtete tehnoloogilise võimekuse tase on kõrgem kui väikeettevõtetel.

Viimase kümne aastaga on Eesti masina- ja metallitööstuse ettevõtted teinud läbi väga kiire arengu, mille üks ajend on olnud tööjõupuudus. Tootlikkuse suurendamise meetoditena on elementaarseks kujunenud LEAN-metoodikate rakendamine. Sama võib öelda protsesside digitaliseerimise kohta: kõik uuringus osalenud 26 ettevõtet on protsesse digitaliseerinud (ja teevad seda ka tulevikus) just tootlikkuse kasvatamise eesmärgil.

Peale mainitud tootlikkuse suurendamise valdkondade nimetasid ettevõtted standardimist: toote projekteerimise faasis püütakse kliendile pakkuda standardlahendusi (nt toodete standarddetailid). See on ühtlasi protsesside automatiseerimise ja robotiseerimise eeldus.

Keskmise suurusega ja väikeettevõtted investeerivad lisaks uutesse tootmishoonetesse, et vähendada eelkõige energiakulusid ning tõhustada tootmisprotsesside sisest logistikat.

Tootlikkuse suurendamise meetodina on kasutusel ka lisatasude süsteem. Enne selle rakendamist tuleb tootmisprotsessid digitaliseerida, mis võimaldab lihtsasti saada nende kohta tootlikkusega seotud infot. Seda analüüsitakse ja kasutatakse motivatsioonisüsteemi juurutamisel.

Tulevikuinvesteeringuna (kolme kuni viie aasta jooksul) kavandab mitu uuringus osalenud ettevõtet tööstuse 4.0 lahenduse juurutamist, st neis ettevõtetes on juba olemas digitaalsed infosüsteemid, robotid ja tänapäevased seadmed. Edasi plaanitakse need omavahel liidestada, et nad moodustaksid ühtse digitaalse ahela. Sellega loodetakse tootmisprotsessides veelgi vähendada tööjõu osakaalu.

Kaks ettevõtet ütles, et kavatseb kolme kuni viie aasta jooksul investeerida madalama taseme tehisintellekti, masinõppesse ja -nägemisse. Viimast kahte soovitakse rakendada toote või materjali kvaliteedi hindamiseks.

Ettevõtete fookusrühmaintervjuudel ütlesid kõik osalejad, et viimastel aastatel on olnud ettevõtete investeeringute üks oluline valdkond protsesside digitaliseerimine. Ainult kaks ettevõtet 26-st ei kasuta veel digilahendusi, kuid plaanib need juurutada 2022. aastal.

Ka 2018. aasta põhjalikust uuringust info- ja kommunikatsioonitehnoloogia kasutamise kohta masina- ja metallitööstuses ilmnes, et 87% uuringus osalenud ettevõtetest kasutab erineval määral info- ja kommunikatsioonitehnoloogia lahendusi. Küll aga selgus, et need ettevõtted kasutavad pigem üksikute protsesside haldamisel eraldiseisvaid lahendusi, mis ei ole omavahel liidestatud ega seotud terviklikuks süsteemiks [14].

See tõsiasi selgus ka siinses uuringus: paljud ettevõtted plaanivad järgmise sammuna digitaliseerimise teel liidestada eri lahendusi (sh masinaid ja seadmeid) tervikuks. Kõige sagedamini on liidestatud ettevõtte taristu ja tehnoloogia arendamise tegevuste kogumid. Tööjõu juhtimise tarkvararakenduse liidestamisel tootmisprotsesside tarkvararakendusega võib see kooslus luua suurt lisandväärtust nii tootmise korralduse kui ka tööjõu juhtimise aspektist.

Ka sissetuleva logistika ja tootmise juhtimise protsesside haldamiseks info- ja kommunikatsioonitehnoloogia lahenduste liidestamises võib peituda rakendamata potentsiaal tootmisprotsesside tõhustamiseks. Sama tähtis on müügi- ja turundustegevuste lõimimine ettevõtte taristutegevustesse. Nende valdkondade toel on võimalik kiiremini saada kriitiline kogus täpset teavet, et teha paremaid otsuseid ja olla ettevõtte väärtusahela protsessides tootlikum. Liidestamine on päevakorral veel suhetes tarnijate ja klientidega. Sel alal on info standardimine vajalik selleks, et see liiguks tarnijate, tootja ja klientide vahel võimalikult sujuvalt [14].



Uuringus osalenud ettevõtted on enim panustatud ettevõtte ressursiplaneerimise (ingl *enterprise resource planning*, ERP) süsteemide juurutamisse, ent just väikeettevõtted on leidnud neile süsteemidele ka alternatiivseid lahendusi. Peale ERP-süsteemide on investeeritud MES-süsteemidesse (ingl *manufacturing execution systems*), seadmete tootlikkuse mõõtmisse, peenplaneerimisse jt protsesside haldamise lahendustesse.

Uuringust ilmnes, et protsesside digitaliseerimine ei sõltu enam ettevõtte suuruselt: suurettevõtted ja rahvusvaheliste kontsernide tütarettevõtted on selles küll võimekamad, kuid ka kõik uuringus osalenud väikeettevõtted digitaliseerivad protsesse või kavandavad seda. Küll aga selgus, et väikeettevõtetel on selleks vähem pädevust, näiteks nimetasid nad probleemidena 1) teadmiste ja oskuste puudumist lahenduste valimisel ning 2) ressursside puudumist – kui juurutamiseks ei leidu piisavalt aega ja raha, siis ei hakka lahendused tööle ning digitaliseerimine võib ebaõnnestuda.

Tööstuseksperit Raul Kirsimäe kinnitas, et uut tehnoloogiat (IoT, 5G, masinõpe, tehisintellekt) rakendavad enamasti suurettevõtted. Tuleb leida võimalus, kuidas tuua selle tehnoloogia juurutamine vähemalt ka keskmise suurusega ettevõtete arenguplaanidesse.

Seega võib öelda, et masina- ja metallitööstuses on veel palju kasutamata võimalusi, mida võib anda digitaliseerimine. Nende seas on näiteks andmeanalüüs, IoT, 5G, masinõpe, tehisintellekt, protsesside tõhustamine, uute toodete arendamine ja tootele suure lisandväärtusega teenuse arendamine. Ettevõtted leiavad, et praegu on möödapääsmatu investeerida digilahendustesse, sest ilma on keeruline konkurentsis püsida.

### **3.4. Masina- ja metallitööstuse ettevõtete areng**

Masina- ja metallitööstuse ettevõtete areng sõltub esiteks nende omanike ja juhtide motivatsioonist ettevõtet arendada ning teiseks sunnib ettevõtteid arendama turg, et tagada pikemaajaline konkurentsivõime. Näiteks on tööjõu kallinemine ja saadavuse halvenemine pannud ettevõtteid oma protsesse tõhustama ja digitaliseerima, samuti investeerima uutesse seadmetesse.

Neil põhjustel on masina- ja metallitööstuse oskustööjõu kvalifikatsioon viimasel kümnendil muutunud: enam ei vajata mitte lihttöölisi, vaid inimesi, kes suudavad töötada keerulise tehnoloogiaga. Paraku ei ole selliseid töötajaid piisavalt. Seega on tänu ettevõtete arengule tööjõu olemus muutunud ja sellest on saanud ettevõtete edasist arengut takistav peamine tegur.

Eesti ettevõtete nõrk koht on pikaajaline strateegiline planeerimine. Näiteks uuringus mainisid ettevõtted oma arendustegevusi kolme kuni viie aasta plaanis, kuid viie ja enama aasta vältel ei osanud nad arendustegevusi ja -vajadusi nimetada. Teisalt on see tingitud asjaolust, et viimasel kahel aastal on maailmamajandus olnud väga suures muutumises. Kui muutused on nii suured ja kiired, on ettevõtetel keeruline teha pikaajalisi plaane. Praegu on ettevõtete teadmatus tuleviku suhtes väga suur. Samuti puudub selgus selle kohta, millist mõju hakkab ettevõtetele avaldama rohepöörde, millised uued õigusnormid sel alal neile kehtestatakse ja milliseid investeeringuid peavad nad hakkama seoses nende muutustega tegema.

Intervjuudest selgus, et ettevõtete arengu seisukohalt on tarvis aru saada, milline on Eesti majanduskeskkond võrreldes lähinaabritega (Läti, Leedu, Poola ja Tšehhiga), milliste meetmetega riigid üht või teist sektorit toetavad.

Fookusrühmaintervjuul ütles Raul Kirsimäe, et ettevõtete arengu nimel on vaja juhte arendada maailmas toimuvate muutuste teemal. Teiseks tuleb noori kaasata masina- ja metallitööstusse kohe ülikooli esimestel kursustel. Näiteks tuleks tegeleda sellega, kuidas saaks noori juba siis suunata tegema valdkonnapõhiseid ülikoolitöid.

Juhtide arendamise kõrval on ettevõtete arengu jaoks vaja pidevalt arendada kogu meeskonda, muu hulgas kutseõppeasutustes või täiskasvanute koolituse ettevõtetes. Sama oluline on nüüdisaegses ettevõttes töötajate kaasamine.

Seadmed ja tehnoloogia on pidevas arengus ning samamoodi peavad arenema töötajate teadmised ja oskused. Selleks peavad kutseõppeasutused suutma ajaga kaasas käia. Neile on see väga keeruline, sest nii nagu tööstus investeerib uude tehnoloogiasse, peaksid ka kutseõppeasutused investeerima uude tehnoloogiasse ja selle õpetamisse. Kuna see on kulukas, tuleb analüüsida, kui suuri kutsehariduse praktikakeskusi Eestis vajatakse ja kus need peaksid asuma. Veel on vaja uurida välja, kuidas uuendatakse ja arendatakse nende praktika- ja täiendõppekeskuste tehnoloogiat.

Eri suurusega ettevõtetel on erinevad arenguvajadused, aga peale selle sõltuvad arenguvajadused ettevõtte kapitali päritolust. Näiteks suuremasse rahvusvahelisse tööstuskontserni kuuluva ettevõtte tehnoloogilise võimekuse tase erineb kohalike kapitaliettevõtete omast märkimisväärselt. Rahvusvahelisse kontserni kuulumine annab ettevõttele võimaluse kasutada emaettevõtte teadmisi protsesside ja tehnoloogia kohta. Eesti väiksemate ettevõtete jaoks on investeeringute ja oskusteabe võimalused sageli piiratud ning seepärast arenevad nad aeglasemalt.

Tihti on just tehnoloogiliselt võimekamad ettevõtted paremini arenenud. Need on ettevõtted, kellel on pikem väärtusahel, keerukamad tootmisprotsessid ja omatooted ning teadus- ja arendustegevuse võimekus.

### **3.4.1. Peamised tegurid, mis takistavad masina- ja metallitööstuse ettevõtete arengut**

Kõigi uuringus osalenud 26 ettevõtte hinnangul on ettevõtete arengu põhiline takistav tegur tööjõupuudus. Tähtis on mõista, et ettevõtted ei mõtle selle all mitte odavat tööjõudu, vaid insener-tehnilist ressursi, st tippspetsialiste, kes

- on tootmistehnika või protsessijuhid väljaõppega;
- on tulnud ettevõttesse tööle pärast seal praktilist käimist, suudavad mõelda ja visualiseerida nüüdisaegseid tootmislahendusi;
- saavad aru probleemidest ning oskavad leida neile tehnilised lahendused, mis muudavad protsessid lihtsamaks ja paindlikumaks.

Veelgi keerulisem on ettevõtetel leida tootearenduse valdkonda töötajaid, kellel on selleks nii sobiv maailmavaade kui ka teadmised ja oskused. Üldjuhul ei ole neid inimesi saada, mistõttu peavad ettevõtted nende arendamise ja koolitamise ise panustama. Innovatsiooni jaoks peab tootearendaja olema avatud maailmavaatega ning kursis sellega, mida on tehtud samal ajal mingis teises valdkonnas, samuti peab ta mõtlema, kuidas tuua teises valdkonnas tehtu oma valdkonda. Nii ongi üks ettevõtete arengut takistav tegur ideede puudus.

Samuti ilmnes uuringust, et maapiirkonnas on ettevõtete arengut takistav tegur ettevõtete taristu vähene arendamine ja taristuga seotud ühenduste rajamise probleem: leiti, et riik peaks neid tegevusi rohkem toetama. Suurte keskuste ümber on taristu hea ja sinna on rajatud palju nüüdisaegseid tööstusettevõtteid, kuid maapiirkondades see nii ei ole. Tekkinud on olukord, kus suurtes linnades paiknevatel ettevõtetel on lihtsam ja kiirem areneda. Seda arvamust toetab statistika, mille järgi asub 51% masina- ja metallitööstuse ettevõtteid Tallinnas ja Harjumaal. Maapiirkondades on keeruline leida ka tippspetsialiste, sest nad ei soovi sinna tööle tulla.

Ettevõtete arengut takistavate muude teguritena nimetati järgmisi:

- juhtide ambitsiooni puudumine;
- riiklike nõuete pidev muutumine ja ettevõtjate teadmatus (nt puudub arusaam, milliseid nõudeid toob endaga kaasa rohepöörde);
- Eesti inimeste vähene kogemus rahvusvahelises müügitöös;

- ettevõttesiseseks arendustegevuseks vajalike ideede ja raha puudus;
- uue tehnoloogia kasutuselevõtul ressursipuudus seadmete tarnijatel; Eesti ettevõtted on nende jaoks väikesed partnerid, seepärast väiksema prioriteetsusega;
- seadmete ja robotite tarnijate tarneraskused, mis takistavad robotite kiiret kasutuselevõttu;
- liigne bürokraatia toetuste taotlemisel (nt kolme pakkumise nõue 10 000-eurose uuringu puhul).

### **3.4.2. Masina- ja metallitööstuse peamised arenguvõimalused**

Masina- ja metallitööstuse tulevikku soodustavate arenguvõimalustena nimetati uuringus järgmisi:

- 1) tootearenduse ja innovatsiooniga tegelevale ettevõttele on arengu seisukohalt tähtis, kes on uut tüüpi toodete esimesed kasutajad. Riik peaks julgema teha innovatsiooni toetavaid hankeid oma vajaduste rahuldamiseks, sest see aitaks tootmisettevõtetel saada tagasisidet ja toetaks müüki rahvusvahelisel turul;
- 2) tuleb kasvatada teadlikkust koostöös haridus- ja teadusasutustega ning panustada haridusse. Tähtis on elukestev ja jätkuõpe, pädevuse suurendamine igal tasandil;
- 3) vajalikud on töötajate arendamise koolitused ja tuleb leida võimalusi tuua need ettevõtetele lähemale. Näiteks kui pingioperaatori arenduskoolitus on Tallinnas, siis see on maapiirkonna töötajale väga ebamugav – haridusasutus võiks teha ettevõttega koostööd ja kasutada ettevõtet koolitusbaasina;
- 4) valdkonna spetsialistide puudust aitaks leevendada tööjõu vabam liikumine Euroopa Liidu ja kolmandate riikide vahel väljaspool aastakvooti;
- 5) riiklikult tuleks toetada tippspetsialistide kui talentide Eestisse värbamist just suuremat lisandväärtust loovate ettevõtete heaks. Tänapäeval on võimalik elada mis tahes paigas maailmas, ent töötada Eesti ettevõtete heaks;
- 6) uue tehnoloogia soetamisel võiks toetada töötajate pädevuse suurendamist tehnoloogia tootja juures. Need koolitused on üldjuhul väga kulukad ja ettevõtted ei taha neisse investeerida kartuses, et töötaja läheb pärast koolitust tööle konkurendi juurde;  
võiks luua ettevõtete juhtide pädevusprogrammi, mida toetab riik. Tähelepanu peaks olema järelkasvul ja selle arendamisel.

### **3.5. Masina- ja metallitööstuse ettevõtete koostöö teadus- ja arendusasutustega**

Selgus, et enamik uuringus osalenud ettevõtteid on teinud teadus- ja arendusasutustega vähemal või rohkemal määral koostööd. Kõige rohkem koostöövõimalusi on otsinud ettevõtted, kes arendavad omatooteid. Allhanketeenust osutavad ettevõtted on teinud vähem koostööd: nemad kasutavad eelkõige ülikoolide laboriteenuseid materjalide testimisel ja katsetamisel. Enim koostööd on tehtud Tallinna Tehnikaülikooli, Tartu Ülikooli ja Tallinna Tehnika kõrgkooliga.

Ettevõtetel on koostööst teadusasutustega nii häid kui ka halbu kogemusi. Leiti, et Eesti teadusasutuste võimekus on ülivähene ja valdkonnad väga spetsiifilised. Tihti jääb koostöö teadusasutuse või ülikooliga lihtsalt teadmatusse, sest ettevõtted ei ole kursis, kelle poole oma probleemile lahendust otsides pöörduda. Osa vastanuid olid siiski teadlikud ülikoolide ühtse programmi „ADAPTER“ olemusest, olid seda kasutanud ja sellega väga rahul.

Tootearenduse ja innovatsiooni teemal leiti, et teadusasutused võiksid olla ettevõtete partnerid juba idee järgus ning toetada seda protsessi läbivalt kuni uue toote turuletoomiseni. Lisaks võiksid teadusasutused pakkuda ettevõtetele kõige madalama taseme prototüüpimist, sest ettevõtetes tihti puudub selleks võimekus ja alati ei ole neil mõistlik seda võimekust tekitada. Arendada prototüüpi edasi müüdavaks tooteks on seevastu parem ettevõtte enda arendusüksuses.

Intervjuudes mainiti, et „Nutika“ spetsialiseerumise meede oli koostöö suurendamise seisukohalt üles ehitatud nii, et seda oli ettevõtetel raske kasutada, sest selleks pidi neil olema piisav tootearendusvõimekus.

Praegu kehtib ülikoolidega koostöö tegemiseks rakendusuringute meede, kuid kuna selles ei ole ülikoolidega koostöö tegemise nõuet, ei toeta see koostööd teadusasutustega ja ei pruugi aidata ka probleeme lahendada. Lisaks öeldi intervjuudes, et rakendusuringute toetusi on ettevõtetel keeruline saada, sest taotlejal ei ole kerge tõestada, et just konkreetsel partneril on olemas need pädevused, mida on koostööks vaja.

Tihti tuleb spetsiifilisi uuringuid tellida väljastpoolt Eestit, sest väikses riigis ei ole mõistlik arendada väga kitsaid valdkondi. Probleemne on leida ka spetsiifilises valdkonnas kolme

konkureerivat teenuseosutajat. Seetõttu loobuvad paljud ettevõtted rakendusuuringu toetuste kasutamisest ja teevad uuringuid omavahenditest.

Fookusrühmaintervjuudel küsiti uuringus osalejatelt, millised on peamised probleemid teadusasutustega koostöö tegemisel ja kuidas saaks seda koostööd tihendada. Peamiste nõrkade külgedena nimetati järgmisi.

1. Ettevõtetel on koostööle teadusasutustega valed ootused.
2. Ettevõtted ei oska sõnastada probleemi ja küsida teadusasutustelt selle lahendamiseks abi, st nad ei oska anda teadusasutusele koostöö alustamiseks vajalikku infot.
3. Teadusasutuste ja ettevõtete huvid on erinevad: teadusasutuse eesmärk on projekt ellu viia ja kirjutada teadusartiklid, ettevõttel on majanduslikud huvid konkreetse ajaraamis ja ärimudel. Nii ei pruugi tekkida sisulist koostööd ühise eesmärgi nimel.
4. Projektide lõpptulemused on olnud liiga teoreetilised, ilma praktilise tulemuseta. Eesti teadusasutuste teadlased on tugevad teoreetikud, kuid nende praktiline võimekus on väga vähene. Enne töö alustamist tuleb ettevõttel investeerida teadlaste praktilise võimekuse suurendamisse.
5. Teadusasutused ei vii ennast ettevõtete spetsiifikaga kurssi ja seetõttu ei teki edasi- viivat dialoogi. Probleemi lahendamiseks on vaja esmalt koolitada teadusasutuste töötajaid, sest nad on ettevõtetele eraldi rahaline kulu.
6. Teadusasutustes ei ole piisavalt vabu ressursse, kui tuleb ettevõtte päring. Teadusasutused planeerivad teadlastele projekte ja soovivad kasutada ka nende ressursi võimalikult tõhusalt. Nii võibki juhtuda, et kui tuleb ootamatult ettevõtte päring, ei ole teadusasutusel vabu inimesi sellega tegelemiseks enne kui alles kolme kuu pärast. Ettevõtte ei saa aga mitu kuud oodata, tal on tuge vaja kohe.
7. Teadusasutuste projektide ajakavad koostatakse väga pikaks ajaks ette (nt võidakse vastus anda pooleteise aasta pärast), ent ettevõtetes peavad need protsessid kulgema üldjuhul kiiremini.
8. Ettevõtte planeeritud eelarve ja teadusasutuse eelarve ei pruugi olla samas suurus- järgus. Teadusasutuse teenuse väga kõrge hinna tõttu on ettevõttel kasumlikum võtta palgale täiskohaga töötaja, kes hakkab temaga tegelema.
9. Teadusasutusest on keeruline töid tellida juhul, kui ettevõtte töötajad sealt isiklikult kedagi ei tunne: pole selgust, kuhu ja kelle poole pöörduda.

10. Doktorikraadiga eksperte on tööstusettevõtetesse palgata keeruline, sest sageli uurivad nad väga spetsiifilisi valdkondi, mis ei pruugi vastata äriettevõtte ootustele. Ka on need eksperdid tihti juba nii hõivatud oma projektidega, et see teeb nende värbamise tootmisettevõttesse raskeks.
11. Suhtluses teadusasutusega on liigset bürokraatiat, mis võib selles koostöös olla ka teadusasutuse peidetud eesmärk (seotud teadusgrandi või toetusega). Sellisel juhul lähtutakse pigem toetuse nõuetest ning hakatakse suruma ettevõtet ja lähteülesannet selle raamidesse. Nii jääb lõpptulemus ettevõttele kaugeks ja bürokraatlikuks.

Ettevõtete ja teadusasutuste koostöö tihendamiseks tehti järgmised ettepanekud.

1. Teadusasutustel võiks olla kirjeldatud pakutavad teenused ja koostatud standardsete laboriteenuste hinnakirjad. See info võiks olla lihtsasti leitav koos teenuseosutaja kontaktandmetega.
2. Teadusasutused võiksid enda teenuseid rohkem reklaamida, samuti võiks olla rohkem meediakajastusi nende võimekuse ja selle teemal, millega nad tegelevad.
3. Teadusasutuste ja ettevõtete infovahetust tuleks parendada.
4. Välja tuleks töötada ühtne koostöövorm.
5. Teadusasutused võiksid rohkem uurida ettevõtete vajadusi, et saada paremini aru, millega nad tegelevad ja millised on mingi ettevõtte suurimad probleemid.
6. Teadlaste praktilise võimekuse suurendamiseks võiks neil olla kohustuslik enne doktoriõppesse astumist saada ettevõttes töötamise praktiline kogemus.
7. Ettevõtetesse oleks vaja töötajat (nt arendusprojektijuhti), kes osalise tööajaga keskenduks suhete hoidmisele teadusasutusega ning oleks vahelüli ettevõtte ja teadusasutuse vahel. Ta aitaks selgitada teadusasutusele ettevõtte vajadusi ja vastupidi. Oluline on, et lähteülesande kirjeldaja ja ülikoolipoolne teostaja mõistaksid üksteist.
8. Taastada tuleks „Nutika“ spetsialiseerumise tüüpi meede, millega otseselt edendatakse ettevõtete ja ülikoolide koostööd selleks, et järjest rohkem tööühmi teeks aktiivselt koostööd.
9. Teadusasutusi võiks rohkem toetada selles, et neisse tekiks pädevus selle kohta, kellel on ressursi ettevõtteid toetada. Näiteks võiks riik osaliselt hüvitada ettevõtete projektidega tegelevate töötajate palgakulud.

Kindlasti saaksid ettevõtted aidata koostöö suurendamisele kaasa. Hea koostöö jaoks on vaja arutada eesmärgid, nende saavutamise plaanid ja ajakava läbi kohe projekti alguses kõikide osapooltega. Lisaks tuleks enne projekti algust selgitada välja mõlema poole huvid projektis ja jälgida, et nad oleksid saanud nendest ühtmoodi aru. Üldiselt on mõlema poole soov teha koostööd, kuid ettevõtte on loodud täitma omaniku eesmärke ja teadus- ja arendustegevuse oma klientide omi – seepärast ongi lähtekohad erinevad.

### 3.6. Masina- ja metallitööstuse teadus- ja arendustegevuse põhisuunad

Eraldi sooviti uuringus täpsustada teadus- ja arendustegevusega seotud põhisuundi ettevõtete jaoks. Veebiküsitluses osalejatele esitati Eesti Masinatööstuse Liidu ekspertidelt saadud nimekiri (tabel 2) levinuimatest temadest, mille seast sai vastaja valida viis tähtsaimat. Lisaks sai ta avatud vastusena pakkuda oma mõtteid. Küsimustiku täitis 29 masina- ja metallitööstusega seotud organisatsiooni esindajat vahemikus 7.–17. jaanuar 2022. Enamik vastanuid olid tootmisettevõtetest, osa kutse- ja kõrgkoolidest.

Selgus, et sõltuvalt ettevõttest võivad olla fookuses erinevad arendussuunad, kuid levinuim ühisosa on seotud tootmisprotsesside optimeerimise ja digianalüüsiga, automatiseerimise ja robotiseerimisega ning seadmete hooldusega seotud lahendustega. Kuna oskustööjõudu ei ole piisavalt, on see põhjustanud olukorra, et ettevõtted peavad leidma võimalusi, kuidas muul viisil toota nutikamalt, samuti lahendusi, mis aitavad automatiseerida ja/või robotiseerida.

Teadus- ja arendustegevuse teemade puhul tuleb pöörata tähelepanu asjaolule, et enamik Eesti masina- ja metallitööstusega seotud ettevõtetest on väikesed või keskmise suurusega ning vajavad väga praktilisi lahendusi.

Tabel 2. Ettevõtjate hinnang teadus- ja arendustegevuse põhisuundade esinemise sagedusele

Nr	Teadus- ja arendustegevuse põhisuunad	Hinnang sagedusele %
1.	Tootmisprotsesside optimeerimine automatiseeritud abivahendite või rakistuse abil	62,10
2.	Ettevõtte protsesside digianalüüs nende parendamise ja tulemuslikkuse suurendamise eesmärgil	58,60
3.	Tootmisprotsesside robotiseerimise otstarbekuse analüüs ja robotiseeritud töökohtade kavandamine ettevõttele	55,20



4.	Seadmete ja töökohtade ennetava ja ennustava hoolduse lahendused tehisintellekti abil	55,20
5.	Koostamisoperatsioonide automatiseerimine ja robotiseerimine (koostöörobotika lai kasutuselevõtt)	48,00
6.	Tootmisprotsesside reaalsajas monitooring ja parendamine	48,30
7.	Ring-/rohetootmine ja pärast ümbertöötlust taaskasutatavate toodete arendus	31,00
8.	(Robot)töökohtade digitaalsed kaksikud ja nende juhtimine virtuaal-/liitreaalsuse vahendite abil	24,00
9.	Tehisintellektil põhinev tootmislogistika ja mobiilsed robotid	20,70
10.	Keerukate toodete nutikas ja jätkusuutlik nüüdistootmine (3D-printimise ja teiste kihtlisandustehnoloogiate lai kasutuselevõtt)	17,20

Uuringus osalenud ettevõtjad nimetasid seoses teadus- ja arendustegevusega ka muid aspekte.

1. On hädavajalik, et kõik organisatsioonid ja visionäärid mõistaksid 3D-printimise tähtsust.
2. Metallide 3D-printimine, kasutades galvanoplastikat ja mittemehaanilist juhtimist reaalsajas kontrollitava kitsalt suunatud elektrivälja abil.
3. Tulevikukütused ja energiatootmine tootmisettevõtetele tulevikus: vesinik, tehaste päikesepargid, tuulikud ja nende juurutamine ning ökonoomsem tarbimine.
4. Robotiseeritud lahenduste rakendamise võimaluste väljatöötamine väike- ja keskmise suurusega ettevõtete jaoks. Paindlikud ja mobiilsed robotiseeritud lahendused.
5. Tehisintellekt, robotika ja rohetechnoloogia.

Kokkuvõttes on uuringu tulemuseks väga lai spekter infot selle kohta, kuidas mõtestada ettevõttes teadus- ja arendustegevust. Selleks on vaja ülitäpset tunnetust ja strateegilisi otsuseid selle kohta, millises suunas edasi liikuda. Ettevõtetal ongi raske teha õigeid valikuid.

## KOKKUVÕTE

Uuringu eesmärk oli selgitada välja Eesti masina- ja metallitööstuse ettevõtete olukord, anda ülevaade teadus- ja arendustegevuse vajadustest ning analüüsida ettevõtete vajadusi teha koostööd teadus- ja arendusasutustega.

Eesmärgi täitmiseks tehti kolm fookusrühmaintervjuud eri suuruses ettevõtete esindajatega. Uuringus osales 26 ettevõtet. Valim oli koostatud nii, et kaasatud oleksid sektori kõige suurema mõjuga ettevõtted. Üleilmsetest suundumustest ülevaate saamiseks tehti kaks fookusrühma-intervjuud valdkonna ekspertidega.

Et uurida koostööd teadus- ja arendusasutustega, vaadeldi esmalt, millised teadus- ja arendusasutused on viinud masina- ja metallitööstuse valdkonnas ellu teadusprojekte. Selleks kasutati Eesti Teadusagentuuri infosüsteemi infot.

Selgus, et masina- ja metallitööstuse ettevõtetel on teadus- ja arendustegevuseks Eestis neli suurt partnerit. Praegu tehakse enim koostööd Tallinna Tehnikaülikooli ja Tallinna Tehnika kõrgkooliga ning järk-järgult on tihenend koostöö Tartu Ülikooliga. Vähem on tehtud koostööd Eesti Maaülikooliga.

Et saada aru teadusasutuste arengusuundade prioriteetidest ning sellest, milliseid koostöövõimalusi nad masina- ja metallitööstuse ettevõtetele pakuvad, vaadeldi uuringus teadusasutuste arengusuundi aastani 2025.

Ilmnes, et Eesti teadus- ja arendusasutused on viinud alates aastast 2017 kuni novembrini 2021 masina- ja metallitööstuse valdkonnaga seotud projekte ellu kokku 181. Arvestades valdkonna ettevõtete hulka, on seda väga vähe. Koostöö tegemise põhitakistus on olnud ühelt poolt üksteise vajaduste mittemõistmine ning teiselt poolt ettevõtete napid teadmised ja oskused otsida teadusasutuste abi.

Koostöö parendamise võimalusena nimetati uuringus enim seda, et teadusasutused peaksid paremini andma infot selle kohta, milliseid teenuseid ja koostööd nad pakuvad. Veel nimetasid nii ettevõtted kui ka teadusasutused probleeme projektijuhtimises.

Paraku ei soodusta ka kavandatavad uued riiklikud meetmed ettevõtete koostööd ülikoolidega, kuna need meetmed on suunatud ettevõtete siseinnovatsiooni ja teadlaste ettevõtetesse tööleasumise toetamisele.

Kokkuvõttes võib öelda, et Eesti masina- ja metallitööstuse ettevõtete potentsiaal teha teadusasutustega koostööd on suuresti kasutamata. Koostöö suurendamise abil on võimalik aidata jõuliselt kaasa ettevõtete viimisele uuele arengutasemele.

Uuringus analüüsiti ka masina- ja metallitööstuse ettevõtete üldisi arengusuundi kolme kuni viie ning viie ja rohkema aasta vältel tulevikus. Tuleb arvestada, et maailmamajandus on praegu väga suures muutumises, mis toob ka Eesti ettevõtetele kaasa uusi katsumusi. Ühe sellise suure muutusena nimetasid uuringus osalejad tarneahelate muutumist ja paigutamist Aasiast Euroopasse. Lisaks on masina- ja metallitööstuses tekkinud paljude sisendmaterjalide puudus.

Teine asjaolu, mis lähitulevikus mõjutab masina- ja metallitööstust, on digi- ja rohepööre. Kui tööstuse digitaliseerimine on ettevõtetele juba praegu iseenesest mõistetav tegevus, siis rohepöörde ja sellega kaasnevate nõuete suhtes on nad teadmatutes. Neil ei ole teada, millised õigusnõuded seoses sellega kehtestatakse, kuidas see mõjutab ettevõtteid ja nende arengut ning milliseid investeeringuid peavad ettevõtted hakkama seoses rohepöördega tegema.

Põhitegur, mis takistab masina- ja metallitööstuse ettevõtete arengut ning konkurentsivõimet, on tööjõupuudus. Seejuures ei mõelda siin mitte odavat tööjõudu, vaid tippspetsialiste ja insener-tehnikuid, kes suudavad töötada näiteks moodsa tehnoloogia ja robotitega. Juba praegu on Eestis puudu ligikaudu 30 000 tehnoloogiliselt keerukat töökohta ja sellise töö tegijat [4] ning lähituleviku väljavaade on veelgi kehvem. Masina- ja metallitööstuses on töö olemus muutunud ning nüüd konkureerib sektor tööjõuturul info- ja kommunikatsioonitehnoloogia sektoriga samadele inimestele.

Uuringus analüüsiti ka masina- ja metallitööstuse ettevõtete piirkondlikku paiknemist. Ilmnes, et 51% sektori ettevõtetest asub Tallinnas või Harjumaal, st ettevõtted on jaotunud Eestis väga ebavõrdselt. Regionaalset ebavõrdsust suurendab ka riikliku regionaalpoliitika puudumine. Sektori ettevõtete arengu seisukohast on väga oluline arendada piirkondlikku tööstuspoliitikat, st leida rohkem võimalusi selleks, et ettevõtted ei koliks mitte tõmbekeskustesse, vaid jääksid tegutsema maapiirkondades.

Näiteks toodi uuringus esile, et maapiirkondades saavad endale uusi tööstushooneid lubada ainult suured ja tugevad ettevõtted. Väiksed, alustavad ettevõtted peavad endale seevastu leidma vana töökoja või mõne muu tootmiseks mittesobiva hoone: see renoveeritakse ja seal hakatakse tootma, sest moodsat ja energiatõhusat tootmishoonet nad endale lubada ei saa. Küll aga soodustaks riigi tugi maapiirkondade tootmishoonete rajamiseks kindlasti seal väikeettevõtete kasvu.

Kokkuvõttes võib öelda, et masina- ja metallitööstus on teinud viimastel aastatel oma arengus suure edasimineku: enamik uuringus osalenud ettevõtteid juba kasutab digilahendusi. Paljud ettevõtted on investeerinud robotitesse ja uutesse seadmetesse, samuti protsesside parendusse ja tõhustamisse.

Rõõmustavana selgus, et paljud uuringus osalenud allhankeettevõtted on alustanud omatoodete arendamist või kavandavad seda. Lisaks otsivad nad võimalusi, kuidas pakkuda odavale allhanketööle juurde kallist teenust, näiteks arendada insener-tehnilisi lahendusi. Peamine on asjaolu, et ettevõtted arenevad ja on avatud koostööks. Osa ettevõtteid on teinud ka teadusasutusega koostööd, kuid nende arv on veel väike.

## ETTEPANEKUD

### Ettepanekud Haridus- ja Teadusministeeriumile

1. **Vaadata üle riiklik koolitustellimus** kutseõppest kõrghariduseni, lähtudes OSKA sektoripõhistest uuringutest ja nende tagasisidest. Tarvis oleks taastada kutseõppes riiklik tellimus, et näha hariduse suurt pilti ja teha otsuseid makrotasemel. Kui soovime populariseerida kutseõpet, siis on vajalik, et kutseõppeasutuse lõpetaja saaks jätkata haridusteed ja minna omandama kõrgharidust. Puudust tuntakse riiklikust tellimusest insener-tehnika erialal.
2. **Avada kutseharidussüsteem õpilastele väljastpoolt Euroopa Liitu**, sest see leevendaks tehnoloogiaerialade õpilaste nappust. Kvalifitseeritud tööjõu puuduse probleemi aitab lahendada see, kui kutseõppeasutuse lõpetamine ja erialase kutseeksami sooritamine oleks seotud tähtajalise töötamisega Eesti tööstusettevõtetes.
3. **Soodustada inseneride ja tehnikavaldkonna ekspertide pidevat täiendõpet**. Tööjõuturul võiks pakkuda koolipingist tulnud inseneridele täiendõpet koolitustena, kus neil on võimalik omandada vajalikke akadeemilisi teadmisi või praktilisi kogemusi. Praegu korraldatakse küll Tallinna Tehnikaülikoolis regulaarselt mehaanikainseneride meistriklassi, kuid inseneripõuaga toimetulekuks peaks soodustama laiemalt täiendõpet inseneeriasuundadel.
4. **Muuta erasektori annetused maksuvabaks** eesmärgiga tihendada ettevõtete ning õppe- ja teadusasutuste koostööd ning kasvatada ühisprojektide arvu. Haridus- ja Teadusministeerium võiks teha Rahandusministeeriumile ettepaneku algatada sel teemal laiem arutelu.

### Tehnikavaldkonna ja inseneeria populariseerimisega seotud ettepanekud

5. **Luu Tallinna Tehnikaülikooli eestvedamisel kiiremas korras inseneride akadeemia programm**. See võimaldab parandada kutse- ja kõrghariduse omandanute vastavust tööturu vajadustele tehnika, tootmise, tehnoloogia ja ehituse valdkonnas. Samuti suurendab see insenerivaldkondade populaarsust ja kandepinda, mis kiirendab tööstuse digitaliseerimist ja rohepöört.

6. **Seada** Haridus- ja Teadusministeeriumi valdkondade populariseerimisega seotud **projektide rahastamise fookus inseneeriasuunale**, sest see mõjutab Eesti eksporti ja rahvusvahelist konkurentsivõimet kõige tugevamalt.

#### **Põhiharidusega seotud ettepanekud**

7. **Rakendada põhikooli õppekavades teaduse, tehnoloogia, inseneeria ja matemaatika** (ingl *science, technology, engineering, mathematics, STEM*) **metoodikat**, sest see aitab tagada neis valdkondades järelkasvu.
8. **Uuendada põhikoolide tööõpetuse/materjaliteaduse õppekavu**, arvestades tööturu vajadusi ja praktilisi näiteid tööstusest. Tehnoloogiaõpetuse klasside sisustus vajab suuri investeeringuid.
9. **Kaotada gümnaasiumis õpilaste võimalus valida laia ja kitsa matemaatikaeksami vahel**. Soodustada matemaatikaeksami sooritamist, sest selle alusel on noortel tulevikus võimalik asuda õppima inseneeria, tehnikavaldkonna jts erialadel.
10. **Kasutada karjääriõppes ja -nõustamisel praktilisemat metoodikat ning lähtuda selles tööturu tegelikest vajadustest**. OSKA uuringud annavad selleks vajalikku ja ajakohast sisendit.

#### **Kutseõppega seotud ettepanekud**

11. **Töötada välja kutseõppe visioon järgmiseks kümneks aastaks**. Visioon võiks olla sektoriülene ning sisaldada infot näiteks selle kohta, kuidas leida igale sektorile õpilasi, milliseid investeeringuid vajatakse ja millised on edasiõppimise võimalused.
12. **Töötada välja kutseõppeasutuste ja ettevõtete koostöö tegemise** (praktikavõimalused, koostööprojektid jm) **mõõdikud**. Need tegevused tuleb ellu viia ja avalikkust tuleb edulugudest teavitada.
13. **Hakata maksma kutseõpetajatele konkurentsivõimelist töötasu**, et väärtustada tööstuse jaoks võtmetähtsusega eksperte.

### **Ettevõtete ja teadusasutuste koostööga seotud ettepanekud**

14. **Taastada „Nutika“ spetsialiseerumise meede**, et edendada tootearendust ja innovatsiooni ning ettevõtete koostööd teadusasutustega.
15. **Teha ülevaade ülikoolide, teadusasutuste ja kutseõppeasutuste laborite võimekusest**, et tuvastada senised kompetentsid ja põhisuunad, mida on otstarbekas edasi arendada. Praegu on palju dubleerimist, mis ei ole Eesti suurust arvestades mõistlik. Äärmiselt vajalik on edendada olemasolevate osapoolte koostööd võrgustiku arendamisel.

### **Eesti Teadusagentuuriga seotud ettepanekud**

16. **Suurendada Eesti Teadusagentuuri uurimistoetuste (grantide) rahastuse mahtu** tehnika ja tehnoloogia valdkonnas, mis tagaks tööstusettevõtetele oluliste teemade võimekuse.
17. **Kaasata Eesti Teadusagentuuri nõukogu ja hindamisnõukogu töösse ettevõtete ja tööstuse esindajad**, kes saaksid anda infot ning aidata lähtuda otsuste tegemisel Eesti jaoks tähtsast majanduslikust aspektist.

### **Ettepanekud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumile**

18. **Seada tippkvalifikatsiooniga töötajatele sotsiaalmaksu lagi**. Nii toetataks ettevõtteid kõrgema palga maksmisel ja soodustataks tippspetsialistidest talentide töörännet Eestisse.
19. **Pakkuda suuremat lisandväärtust loovatele ettevõtetele tuge** tippspetsialistide värbamisel ja Eestisse toomisel.
20. **Suurendada rahastust Eesti ettevõtete teadus- ja arendustegevuse võimekuse kasvatamiseks** ning ettevõtete koostöö tõhustamiseks teadus- ja arendusasutustega.
21. **Töötada riigi tasemel välja tööstusettevõtete digitaliseerimise visioon**, millega kaasneks nende ärimudelite muutus ja üleilmse konkurentsivõime kasv.
22. **Toetada maapiirkondades asuvate tööstusettevõtete taristu rajamist** ja muid ettevõtete arengut soodustavaid tegevusi.

23. **Jätkata taastuenergia kasutuselevõtu ja tootmise ressursitõhususe toetamist** meetmete kaudu, mis motiveerivad ettevõtteid neid tegevusi ellu viima ning neisse investeerima.
24. **Korraldada tööstuse tootearenduse uudsetele toodetele või lahendustele referents-hankeid**, mis annaksid ettevõtjatele ekspordiks tugeva referentsi oma koduturu näitel. Näiteks võiks Riigimetsa Majandamise Keskus teha tunduvalt rohkem koostööd Eestis metsandusseadmeid tootvate ettevõtetega testimise, kasutamise jm alal.
25. **Tagada tööstuse esindatus teadus- ja arendustööga seotud komisjonides, juht-rühmades jm aruteludes**, sealhulgas Riigikantselei teadus- ja arendusnõukogus, kus praegu eraldi tööstussektori esindajat ei ole.

#### **Erialaliitude võimekuse suurendamise ettepanekud**

26. **Toetada erialaliidus töötava ekspordinõuniku kulusid.** Tema tööülesanded oleksid seotud kindla sektori ekspordi edendamise, näiteks ürituste (messid, visiidid, vastuvõetud jm) korraldamisega, regulaarse suhtlusega saatkondade, Ettevõtluse Arendamise SA välisnõunike ja välisriikide kaubanduskodadega. Samuti tegeleks ta näiteks rahvusvaheliste päringute ning suhtlusega võrgustikega CERN ja ESS.
27. **Toetada erialaliidust olulise valdkondliku pädevuskeskuse kujundamist.** Näiteks võiks luua erialaliidu juurde valdkondliku tootearenduse projektijuhi ametikoha. Selle töötaja eesmärk oleks toetada ja suunata valdkonna ettevõtete tootearendust ning koostööd teadus- ja arendusasutustega.

#### **Ettevõtluse Arendamise Sihtasutusega seotud ettepanekud**

28. **Anda vajaduspõhist messitoetust ettevõtetele**, kelle ärispetsiifikaga Ettevõtluse Arendamise Sihtasutuse praegune messinimekiri ei sobitu. Eesmärk on edendada võimalikult laialdaselt ekspordi ja rahvusvaheliste ärikontaktide teket.
29. **Toetada prototüüpide valmistamise võimekuse ja tootekatsetuste sisseostu.** Tähtis on, et prototüüpimisel ja tootekatsetustel ei toetataks mitte ainult teadusasutust, vaid vajaduse korral ka sobivat tööstusettevõtet, kus see võimekus on olemas. Näiteks võiks Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus koostada nimekirja prototüüpimise ja tootekats-



tuste ettevõtetest ning nende võimekusest, sest sellest infost oleks kasu tuge otsivatel ettevõtetel, erialaliitudel jt.

30. **Toetada spetsialistide pädevuse suurendamiseks rahvusvahelise oskusteabe kaasamist**, mis võimaldaks osaleda rahvusvahelistel kursustel või korraldada neid kursusi Eestis.
31. **Toetada tootearendusega tegelevate projektijuhtide ja tootearendajate kulude katmist**. Paljudes ettevõtetes puudub praegu selleks vajalik pädevus ja ka kogemused, et nende projektidega ise toime tulla.
32. **Toetada väikeettevõtete tootearenduse klastrite loomist**. Näiteks saaksid sarnaste huvidega ettevõtjad hakata arendama tooteid koostöös. Klaster kaasab eesmärkide saavutamiseks teadus- ja arendusasutusi või teisi partnereid. Klatri eesmärk on juhtida ja koordineerida tootearendusprotsessi, st selle rahastamist, teenuste sisseostu, tootestamist ja turustamist.

#### **Muid soovitusi Ettevõtluse Arendamise Sihtasutusele**

33. **Jätta nende projektide taotluse tingimustest**, mis sisaldavad robotiseerimist, automatiseerimist ja digitaliseerimist, **välja töökohtade säilitamise tingimus**.
34. **Tutvustada e-Eesti esitluskeskuses peale digiühiskonna ka Eesti tööstuse edulugusid**.

## KASUTATUD ALLIKAD

1. Statistikaamet, juhtimislaud, masina- ja metallitööstus. <https://juhtimislauad.stat.ee/et/masina-ja-metallitoostus-216> (kasutatud 22.10.2021).
2. Swedbank (2021). Masina- ja metallitööstus. Tööstusettevõtete uuring 2021.
3. Äripäeva Infopank (2021). Aastaraport. Masina- ja metallitööstus. Sektori konkurentsiraport.
4. Leoma, R., Ungro, A. (2020). Tulevikuvaade töötleva tööstuse ametialagruppide tööjõu- ja oskuste vajadusele. Uuringu terviktekst. Tallinn: SA Kutsekoda.
5. Haridus- ja Teadusministeerium, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium (2021). Eesti teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ning ettevõtluse arengukava 2021–2035. [https://www.hm.ee/sites/default/files/taie\\_arengukava\\_kinnitatud\\_15.07.2021.pdf](https://www.hm.ee/sites/default/files/taie_arengukava_kinnitatud_15.07.2021.pdf) (kasutatud 25.10.2021).
6. Haridus- ja Teadusministeerium (2014). Eesti teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni strateegia 2014–2020. „Teadmistepõhine Eesti“. [https://www.hm.ee/sites/default/files/59705\\_teadmistepohine\\_eesti\\_est.pdf](https://www.hm.ee/sites/default/files/59705_teadmistepohine_eesti_est.pdf) (kasutatud 25.10.2021).
7. Eesti teadusinfosüsteem. <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Index> (kasutatud 20.11.2021).
8. Haridus- ja Teadusministeerium (2018). Teadus- ja arendustegevuse ning innovatsioon programm 2018–2021. [https://www.hm.ee/sites/default/files/11\\_tai\\_strateegia\\_programm\\_2018-2021.pdf](https://www.hm.ee/sites/default/files/11_tai_strateegia_programm_2018-2021.pdf) (kasutatud 20.11.2021).
9. Tallinn University of Technology. Self-evaluation report for institutional accreditation 2021.
10. Tallinna Tehnikaülikool (2021). Tallinna Tehnikaülikooli arengukava 2021-2025. <https://oigusaktid.taltech.ee/tallinna-tehnikaulikooli-arengukava/> (kasutatud 23.11.2021).
11. Tallinna Tehnikakõrgkool (2021). Institutsionaalse akrediteerimise eneseanalüüsi aruanne.

12. Tallinna Tehnikakõrgkool (2020). Akadeemiline arengukava. <https://oigusaktid.taltech.ee/akadeemiline-arengukava/> (kasutatud 23.11.2021).
13. Tartu Ülikooli tehnoloogiainstituut. Teadustöö põhisuunad. <https://www.tuit.ut.ee/et/teadus/teadustoo-pohisuunad-1> (kasutatud 24.11.2021).
14. Hendrikson, K. (2018). Info- ja kommunikatsiooni tehnoloogia kasutamine Eesti masinaehituse ettevõtetes. Magistritöö. Juhendaja Ingrid Joost. Tallinna Tehnikaülikooli majandusteaduskonna ärikorralduse instituut. <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/a5b54aee-59b7-467d-a537-6ee773e07df2>.
15. Tallinna Tehnikaülikool (2020). Uurimisrühmade atlas. Koost K. Parre, M. Nõmm.
16. European Commission (2020). European Industrial Strategy.
17. Tartu Ülikool (2021). Tartu Ülikooli arengukava aastateks 2021–2025. <https://ut.ee/et/sisu/arengukava-2021-2025> (kasutatud 21.11.2021).
18. Eesti Maaülikool (2021). Eesti Maaülikooli arengukava aastani 2025. <https://www.emu.ee/et/ylikoolist/yldinfo/arengukavad-ja-strateegiad/eesti-maaylikooli-arengukava/> (kasutatud 21.11.2021).
19. Eesti Maaülikool. Tehnikainstituut. <https://te.emu.ee> (kasutatud 21.11.2021).
20. Eesti Masinatööstuse Liit (2021). TTÜ Mehaanika ja Tööstustehnika Instituut 85. Koost P. Kulu, T. Ploompuu. Tallinn: [Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus].
21. OÜ IMECC. [www.imecc.ee](http://www.imecc.ee) (kasutatud 08.12.2021).
22. STAMFORD, Conn. (2021). Gartner Identifies Top Five Business Trends in Manufacturing for 2021. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2021-07-28-gartner-identifies-top5-manufacturing-trends-2021?fbclid=IwAR1rUkKJf4ZjNV24xYZ5Y4hRRwY0CVdbXrgNY82QX9Q26EHUWtLnah-M96c> (kasutatud 09.12.2021).
23. Eesti teadusinfosüsteem. Jüri Riives. [https://www.etis.ee/CV/J%C3%BCri\\_Riives/est](https://www.etis.ee/CV/J%C3%BCri_Riives/est) (kasutatud 09.12.2021).
24. Vikipeedia. Jüri Riives. [https://et.wikipedia.org/wiki/J%C3%BCri\\_Riives](https://et.wikipedia.org/wiki/J%C3%BCri_Riives) (kasutatud 09.12.2021).