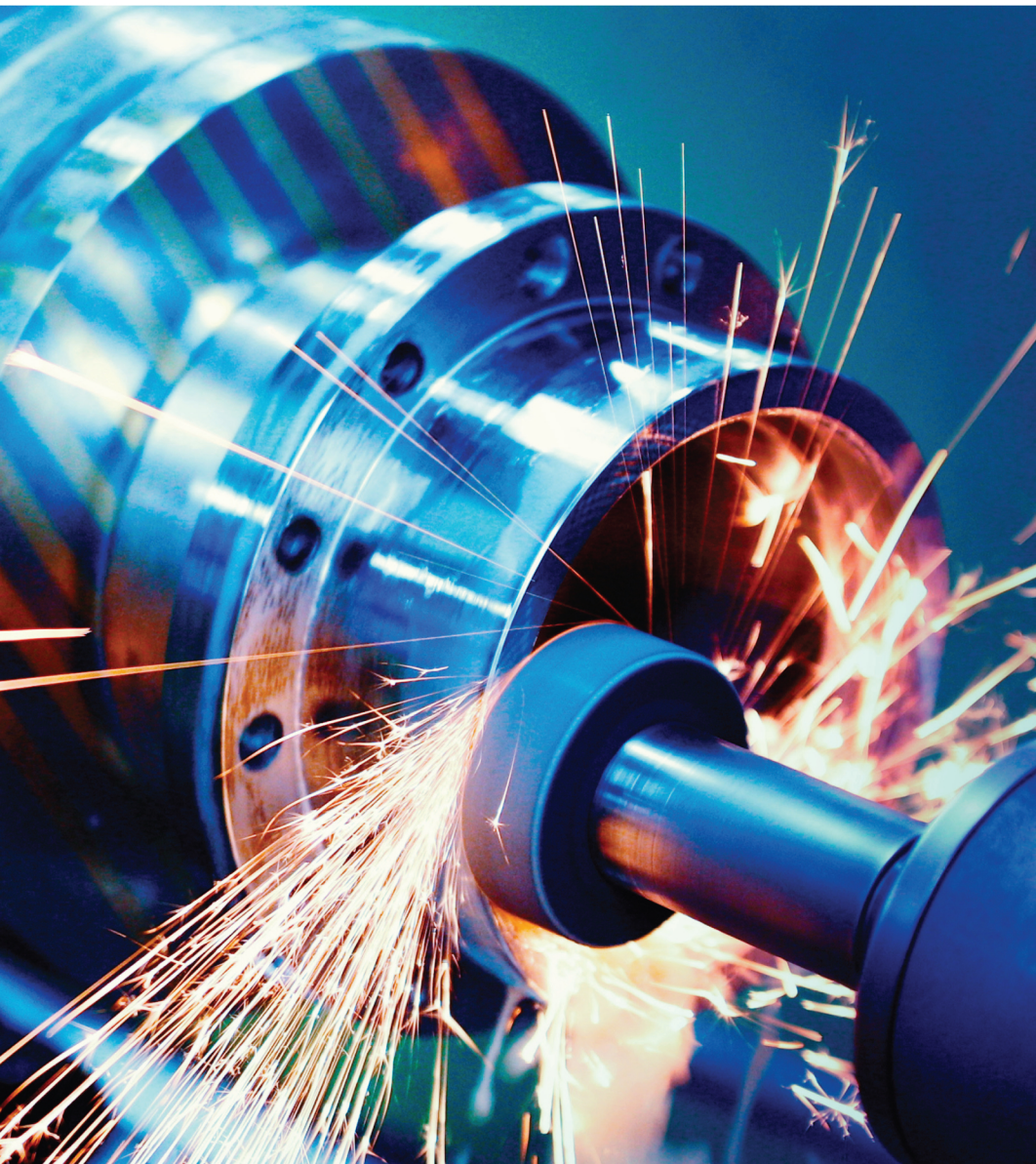


emi85
EESTI MASINATÖÖSTUSE LIIT



**EESTI MASINATÖÖSTUSE LIIT
TTÜ MEHAANIKA JA TÖÖSTUSTEHNİKA INSTITUUT**

**EESTI MASINATÖÖSTUSE LIIT
TTÜ MEHAANIKA JA TÖÖSTUSTEHNIKA
INSTITUUT**

85

Tallinn 2021

Koostajad: Priit Kulu, Triin Ploompuu

Toimetaja: Priit Kulu

Fotod: autorid, EML ja MTI fotokogud, Shutterstock

Esikaane foto: Shutterstock; tagakaane foto: Gunnar Loss (EFA_335_0_189543)

Kujundaja: Tiia Eikholm

Autoriõigus: Eesti Masinatööstuse Liit, 2021

ISBN 978-9949-83-688-8

Sisukord

Eessõna	5
150 aastat Eesti masinaehitust ja metallitööstust (P. Kulu)	7
Väljakutsetest Eesti masinatööstuses (T. Lelumees)	20
Masina- ja metallitööstuse tulevik läbi tööjõu- ja oskuste prisma (A. Ungro, T. Kaelep, R. Leoma, A. Leemet)	25
85 aastat Eesti Masinatööstuse Liitu (P. Kulu)	33
Eesti Masinatööstuse Liit 2021 (T. Ploompuu)	37
Tööstus 4.0 (T. Otto)	43
Inseneriakadeemia ellukutsumise vajadusest – nutikale Eestile annavad sisu insenerid (R. Veinthal)	49
Mehaanika ja tööstustehnika instituut 2021 (K. Karjust, P. Kulu)	53
60 aastat mehaanika valdkonna koolitust Tallinna Tehnikakõrgkoolis (V. Vainola) ...	74
Masinatööstus – kutsesüsteemi lipulaev (M. Johandi, T. Randma)	79
EMIL – Eesti Mehaanikainseneride Liit (A. Hermaste, P. Kulu)	86
Arengud tööstuses ja väljakutsed eesti masinaehituses (J. Riives)	89
Head praktikad (Alise Technic OÜ, AQ Lasertool OÜ, Revismo OÜ, Windak OÜ) ...	92
Eesti Masinatööstuse Liit tunnustab	100
EMLi liikmed	101

Eessõna

85 aastat EML-i – kas edasi 150 poole?!

Eesti Masinatööstuse Liit saab sel aastal 85 aastaseks.

Selle pika aja jooksul on üle elatud keerulised poliitilised ja majanduslikud ajad.

Tundub ehk kentsakas, et sellises väikeses kohas nagu Eesti, on läbi aegade siiski suudetud valmistada tooteid, millele on nõudlust küll endistel Venemaa ja Nõukogude Liidu turgudel kui nüüdseks paljudes EU maades ja mujal maailmas. Ja alati on suudetud kohaneda, uueneda, uuesti jalule tõusta ning edasi minna.

Ka praegustes globaalsetes tingimustes on palju tegureid, mis töötavad meie poolt või siis hoopiski vastu, kuid sellest hoolimata oleme elus ja arenemas!

Poolt töötavad nii olukord kogu COVID-19 pandeemias maailmas, kus paljud meie välispartnerid, kes on varem suundunud odavamatesse tootvatesse riikidesse, on pidanud paremaks otsida partnereid lähiregioonidest. Samuti CO₂ jalajälje osakaal – ei ole mõistlik suuremahulisi tooteid mööda maailma edasi-tagasi transportida. Või siis ka tootmiskulude tõus endistes nn. odavates riikides. Kõrgelt hinnatakse eesti inimeste täpsust ja kohusetundlikkust, meie ettevõtete töömoraali ja -eetikat. Ei ole vähetahtis ka meie inimeste keelteoskus ja maailmanägemus.

Vastu töötab aga Euroopa riikide üldine heaoluühiskond, mis tihti ei motiveeri noori töötama nn tootval tööl, vananev elanikkond, ebapiisav tehniline juurdekasv jne. Kuid nagu on öelnud A. Merkel: “Tugevat riiki ei ole olemas ilma arenenud tööstuse ja tugeva ekspordita” (Merkel defends export-heavy Germany | Business| Economy and finance news from a German perspective. DW, 15.06.2009).

Samuti on probleeme tööstuse osakaalu tähtsustamisega Eesti poliitikas ning teatud mõttes kallutatusega IT-sektori ja Start-up maailma suunas, riikliku tellimusega kutse- ja kõrgharidusele ning esindatusega ministrieriumi tasemel.

Selge on see, et nende 120 000 inimese hulgas, kes on hõivatud töötlevas tööstuses on sur osa neid, kes ei ole valmis liituma IT- või Start-up maailmaga oma vanuse, teadmiste või ka vajadusega omada stabiilsemat sissetulekut.

Sest kõigest hoolimata annab Eesti töötlev tööstus üle 70 % vabariigi ekspordist ning on suuresti olnud COVID-19 aegse kriisi juhtvedur majanduse suhteliselt väikese languse osas. Seda eelkõige seetõttu, et meie turud on suuresti kõige vähem pihta saanud riikides.

Seetõttu olen ma kindel, et hoolimata kõigist raskustest nii minevikus kui ka tänapäeval on Eesti masinatööstus elujõuline ja sellest võivad rääkida meie järeltulevad põlvkonnad Eesti Masinatööstuse Liidu 150. aastapäeval!

Sellepärast, et kogu selle tööstuse südameks on meie oma inimesed, keda iseloomustavad visadus, tarkus, paindlikkus ja nutikus kõigis muutuvates olukordades hakkama saamiseks!

Emöke Sogenbits

150 AASTAT EESTI MASINAEHITUST JA METALLITÖÖSTUST

Priit Kulu

Periood 1870-1917

Eesti industrialiseerimise alguseks võib lugeda 1870. aastaid, mil Venemaa ehitas raudteid, ühendamaks tähtsamaid meresadamaid Moskva. Balti raudteeliin ühendas Põhja-Eesti olulisemaid sadamaid: Paldiskit, Tallinna ja Narvat Sankt-Peterburgiga. Rongiühenduse loomine suurendas Tallinna sadama tööd, sest importkaubad saabusid just sinna. Samuti arenesid järsult ka muud majandusharud. Põllumajandustoodang kasvas, sest raudtee võimaldas teistesse Venemaa osadesse transportida siinseid tooteid nagu näiteks viina ja juustu. Kuna viinaköökide, meiereide aga ka nt saeveskite toimimiseks oli vaja nii laiendusi, juurdeehitusi kui ka toimivaid seadmeid, said hoo sisse ka ehitus- ning masinatööstus. Raudtee olemasolu lõi soodsa keskkonna uutele pereettevõtetele, kus enamik töid tehti käsitsi. Lisaks nendele toimusid siin ka varasemad, 18. ja 19. sajandil loodud aurujõul töötavad manufaktuurid, kus mõningad protsessid olid mehhaniseeritud. Nõudluse pideva kasvu tõttu hakati manufaktuure ümberkujundama kapitalistlikeks tootmisettevõteteks. Sellel perioodil kujunesid uute organisatsioonivormidena aktsiaseltsid ning osahingud, mis peagi muutusid valitsevateks.

Seoses põllumajanduse arenguga tekkinud nõudlusega, hakkas 1829. a loodud Drümpelmani masinatehas, mis eelnevalt oli spetsialiseerunud kalevi-, paberi- ning peeglivabrikute masinate tootmisele, tootma ka põllutööriistu ning seadmeid, viinavabrikute sisseseadet ning turbamasinaid. 1859. a Rakveres asutatud Friedrich Wiegandi vasksepatöökojast sai tehas Ilmarine, 1965. a Franz Krulli poolt Narvas rendile võetud vasksepatöökojast Krulli tehas (hilisem Tallinna masinatehas). 1878. a lõi tolleaegne Narva linnapea Dimitri Zinovjev Narva linna kanalisatsiooni- ning veetorude valmistamiseks malmitehase. Enne I maailmasõda töötas ettevõttes ligi 500 inimest ning keskmine aasta käive oli üks miljon rubla. Üle 90 % vabriku toodangust läks teistesse Venemaa piirkondadesse. Suure industrialiseerimise käigus loodi 1898. a vagunitehas Dvigatel ning elektromehaanikatehas Volta, mis mõlemad olid aktsiaseltsid. Uue sajandi algul industrialiseerimine mõnevõrra vaibus, kuid metallitööstus elavnes taas 1911. a, mil Venemaa hakkas valmistuma maailmasõjaks. 1912.–1914.

aastail said aluse Tallinna kolm suurt laevatehast: Vene-Balti, Noblesseri ning Bekkeri tehased, mis loodi just riiklike sõjaliste tellimuste täitmiseks. Ajavahemikul 1890–1913 kasvas metallitööstuse osakaal kogu tööstustoodangus 4,4 %lt 19,4 %ni ning töötajate arv 1400lt 7300ni. Töötajate arv jõudis kõrgpunkt 1917. a kevadel, mil metallitööstuses hõivatute arv oli ligi 18 000, mis moodustas kogu tööstustöolistest 51 %. Sügiseks oli pilt aga hoopiki teine. Enamik masinaparke evakueeriti Venemaa keskossa, sest ründeliin jõudis järjest lähemale. Mõned, nt Volta elektromehaanika-tehas ja Bekkeri laevatehas, jäid täiesti tühjaks, samas kui teised suutsid tööd pakkuda väikemale arvule töölistele.

Periood 1918-1940

24. veebruaril 1918 väljakuulutatud Eesti vabariigi majanduslik seisukord oli täbar – I maailmasõda ning vene revolutsioon olid jätnud oma jälje. Lisaks sellele oldi Lääne riikidest oluliselt maha jäänud. Riigil puudus oma raha- ja ning pangasüsteem ning enamik Eesti rahvast oli maata. Ligi 58 % maafondist oli baltisakslaste, kiriku või Vene riigi omand. Kuna paljud baltisaksa mõisnikud olid aga revolutsiooni eest põgenedes jätnud oma maad ripakile, suurenes veelgi 1916. a alanud toiduainete defitsiit.

Sarnaselt põllumajandusega, valitses ka tööstuses suur segadus. Kuna Nõukogude Venemaal natsionaliseeriti nii varad kui pangad, oli siinsed ettevõtted käibekapitalita. Probleemid puudutasid ka ettevõtete juhtimist, sest paljud juhatuse liikmed ning aktsionärid olid kommunismi eest põgenenud. Enne sõda ning sõja ajal kõige võimsam tööstusharu – metallitööstus vaevles tooraine ja kütuse puuduses, mis varasemalt tulid Venemaalt. Suuri tellimusi ei olnud ning neid ei oleks olnud võimalik ka vastu võtta, sest lisaks administratsiooni ning kapitali puudusele, oli puudu ka palju tootmismasinaid, mis enne seda Vene sisemaale evakueeriti. Kõik halvad tegurid päädisid 1917. a lõpul suure tööpuudusega, mis süvenes ka järgneval aastal. Kuna siseturg oli Eestis väike ning seni oldi orienteeritud vaid Venemaa nõudluste rahuldamisele, oli vaja viia sisse kiired muudatused. 1918. a novembris andsid käsitöölised, väike- ja suurtöösturid valitsusele märgukirja, milles kirjeldati põhjalikult tööstuse hetkeseisu ning pakuti omapoolset abi tööstuse jalule seadmiseks.

Metallitööstuse puhul oli selge, et Eesti siseturu nõudlus ning riiklikud tellimused ei võimalda taastada Vene Impeeriumi aegseid tootmismahte. Eesti valitsusel puudusid nii võimalused kui ka vajadused suurte tellimuste järele ning lisaks olid riigi käes suured ettevõtted: Sadamatehas, Raudtee Peatehas ning Arsenal, kellele samuti ei jätkunud tööd. Vahepeal tundus, et olukorda leevendab Nõukogude Liidu tellimus. Nimelt 1921. a detsembris sõlmiti leping 200 veduri remondiks. Töö võttis vastu Kartell Omse, millesse kuulusid Dvigateli vagunitehas, Ilmarine ning Krulli masinatehas ning Peetri ja Vene-Balti laevatehased. Kui enne lepingu sõlmimist soovisid venelased remontida 1000 vedurit ning lepingu sõlmimisel vaid 200, siis peagi pärast lepingu allkirjastamist otsiti põhjuseid kokkuleppes taganemiseks. Vene raudteevalitsusel puudusid vahendid, et maksta vedurite remondi eest. Lõpuks lepiti kokku, et remonditakse ainult 70 vedurit. Lõpptulemusega ei oldud rahul, mistõttu pidid

siinsed ettevõtted oma töö ümber tegema sellega kasvasid ka kulutused. Peetri ja Vene-Balti laevatehas sattusid suurtesse võlgadesse, võlgnedes Eesti pangale vastavalt 70 ja 98 mlj marka, mille tagajärjel saabus pankrott. Ettevõtte varad müüdi võlgade katteks maha ja tehasehooned anti riigi käsutusse.

Vagunitehas Dvigatel vaevles samuti raskustes ning üritas oma tootesortimenti laiendada, et leida turgu. Nii prooviti toota puutöötooteid, kontorimööblit kui ka lennukeid. Lätlased proovisid Dvigateli baasil luua ettevõtet, mis keskenduks transpordivahendite – lennukite, vagunite ja autode valmistamisele, kui seda projekti ei saanud edu ning 1938. a ostis majandusministeerium lätlastelt kõik Eesti Dvigateli aktsiad. Need müüdi maha riigivarade valitsemise ja hooldamisega tegelenud firmale Kopli Kinnisvarad, mille ülesandeks jäi Dvigateli tootmishooned korda seada ja uuendada.

Samuti eelpool nimetatud suurtehasetele ei saanud edu ka elektromehaanikatehast Volta, mille enamik tootmishooneid olid välja üüritud ning ettevõtte ise tegutses vaid ühes tehasehoones. Endiselt toodeti elektrimootoreid ja dünamoid, turu kasvatamiseks alustati 1928. a transformaatorite ning erielektrimasinate tootmisega. Tehase toodangu hulka kuulusid nt ventilaatorid, keevitusseadmed, kliimaseadmed, radiaatorid, triikraud jpm. Hoolimata kasvanud tootevalikust polnud endisel piisavalt tellimusi.

Tehas Ilmarine ostis 1920. a F. Wiegandi tehase, mis oli juba 1918. a peatanud nõudluse puudumise tõttu tootmise. Wiegandi tehase tootis enne sõda põllutöömasinaid, naftamootoreid ning piiritusevabrikuseadmeid. Ilmarine ise oli spetsialiseerunud aurumasinate ja -katelde tootmisele. Kuna antud valdkonnas turg puudus, osaleti ka Vene vedurite remondil. Nii otsiti lahendusi tootevaliku laiendamiseks, mille tulemusena loodi tehasehoonesse makaronivabrik, saeveski ja autoesindus. 1930. aastatel sai ettevõtte tellimusi põlevkivi- ning turbatööstuse seadmete valmistamiseks.

Erinevalt teistest, õnnestus Fr Krulli masinatehasel tagada kindel tööpõld. Ettevõtte aktsiad said Sheeli panga omandiks, kes oli Eesti Kiviõli suuraktsionär. Fr. Krulli masinatehas tootis seega põlevkivitehasetele vajaminevaid seadmeid. Lisaks toodeti ka lokomobiile, põllutöömasinaid, turbapresse, külmutusseadmeid, piiritusevabrikusiseseadmet ning malmist majapidamistarbeid. Pideva töö olemasolu tõttu tõusis masinatehas 1930. a lõpuks suurimaks metalliga tegelevaks ettevõtteks Eestis.

Lisaks enamjaolt kiratsevatele suurettevõtetele kerkis väiksemaid tegijaid, millede töötajate arv oli piires 30-40. Need ettevõtted spetsialiseerusid peamiselt siseturu nõudluste rahuldamisele. Mõningad näited: malmi-vasevalamistehas Aivaz ja Ko, metallitehas v. Sneider ja Ko, kaaluvabrik Vega, naelatehas Nael, masinaehitus- ja kassakapitehas Laverna, Lellepi põllutöömasinatehas Võit jt.

1920. a teises pooles hakkas majandus vaikselt stabiliseeruma ning sellest tingituna suutis metallitöösus pakkuda tööd ligi 3000le inimesele. 1926. a aastast alates aktsiaseltsina tegutsenud Kaps ja Ko ja Tartu telefonivabrik varustasid siseturgu raadio- ja aparaaditööstuse toodanguga (lisaks tegelesid ka müügiga, tuues Eestisse nt Hollandi Philips elektrilampide tehase), 1937. a prooviti veel luua üht raadiotehast, kuid majandusministeerium ei pidanud seda vajalikuks.

Metallitööstus ei suutnud taastada oma hiilgust, mis tingituna Eesti turu väiksusest oli ka mõistetav. Tööstusharu oli lisaks mõjutatud ka kohalikust majanduspoliitikast, mis ei pidanud vajalikuks metallitööstust kaitsta tollidega, kuna arvati, et sinne tootmine ei suuda rahuldada nõudlust. Kui enne I maailmasõda Tallinnas oli olnud esikohal metalli- ja masinatööstus, siis 1924. aastaks loovutas oma koha toidu- ja maitseainetööstusele (vt Tabel).

Tabel 1. Tallinna tööstus tööstusharuti (M. Pihlamägi, Tln ajalugu 1917-2019)

Tööstusharu	Osatähtsus, % 1924. a	Osatähtsus, % 1936. a
Toidu- ja maitseainetööstus	24,5	18,8
Metalli- ja masinatööstus	17,3	14,3
Paberitööstus	15,4	12,4
Puidutööstus	12,5	8,2
Tekstiilitööstus	10,3	26,0
Polügraafiatööstus	8,1	4,2
Keemiatööstus	3,0	6,8
Muu	15,8	13,5

Periood 1940-1990

Suur osa Eesti tööstusest hävis II maailmasõjas ja tööstust taastades lähtuti NSV Liidu huvidest ja viisaastakute plaanidest. VI viisaastaku plaanist (1956-1960) tulenevalt oli ette nähtud tööstus-, eelkõige rasketööstustoodangu kiire kasvutempo, mida küll ei suudetud saavutada ja seetõttu tuli majanduskasvu ergutamiseks uusi abinõusid rakendada. 1957. a likvideeriti liidulis-vabariiklikud (metsatööstus, toidukaupade tööstus, ehitusmaterjalide tööstus, kalamajandustööstus, linna- ja maaehitus, kergetööstus, liha- ja piimatööstus) ministeeriumid ja kaks vabariiklikku tööstuministeeriumi (kommunaalmajandus ja kohalik tööstus ning põlevkivi ja keemiatööstus). Siit ka oluline muutus tööstuse kogutoodangus (Tabel 2).

Tabel 2. ENSV tööstuse kogutoodang alluvusvormi järgi, % (Pihlamägi, 2013)

	1955	1960	1965
Kogu tööstus	100	100	100
Sh liidulise alluvusega	23,6	1,2	30,5
ENSV MN alluvusega	76,4	98,8	69,5

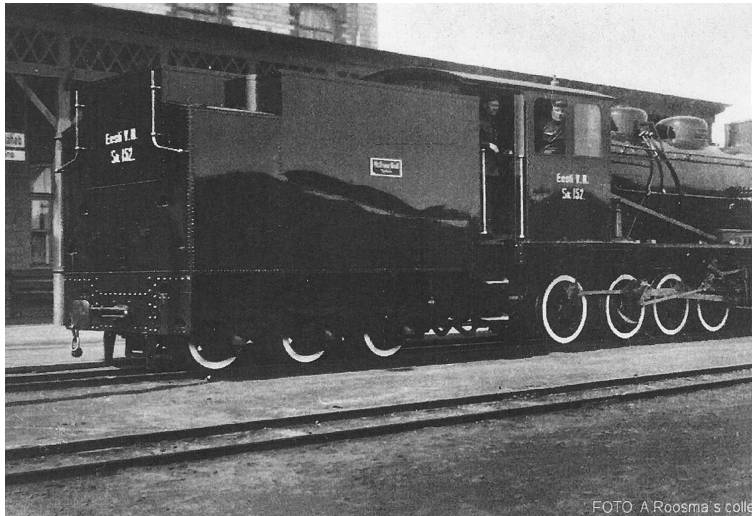
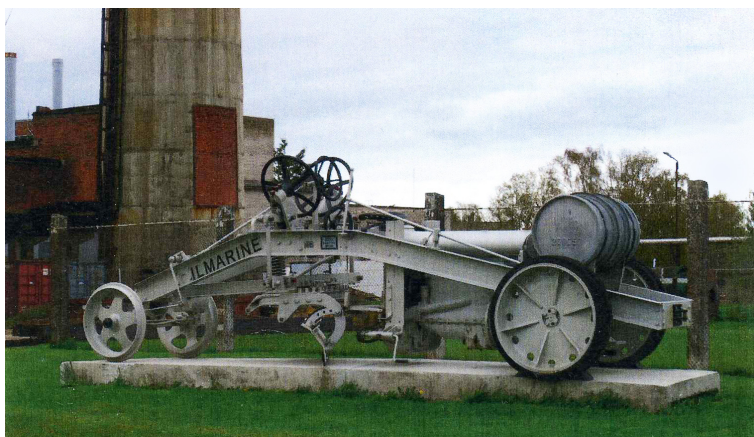
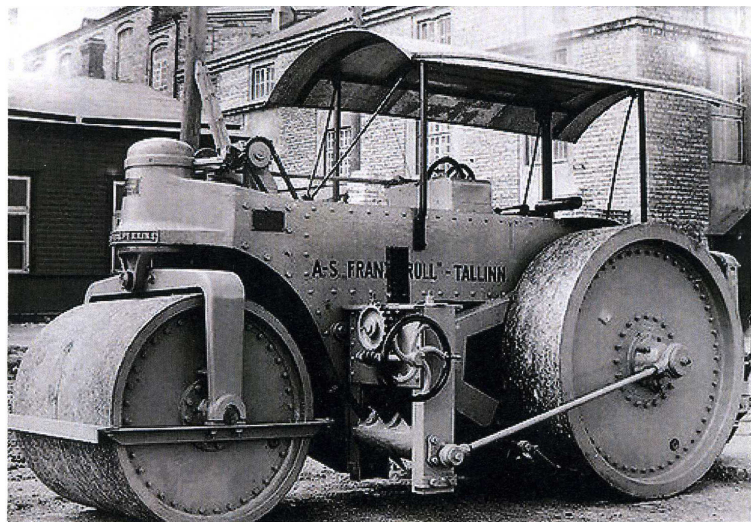


FOTO A. Roosma's collage



Mida kõike ei valmistatud?

Alates 1959. a, mil viisaastaku planeerimine asendati seitseaastakuga, nägi rahvamajanduse arendamise uus perspektiivplaan 1965. aastaks NSV Liidu tööstuse kogutoodangu kasvu u 80 % võrreldes 1958. aastaga (oli üks madalamate majandusnäitajatega aasta), sh rasketööstustoodangu kasvu 85-88 %, tarbekaupade toodangu kasvu 62-65 % (Tabel 3).

Tabel 3. Eesti tööstuse brutotoodangu kasv 1958-1965 võrreldes eelmise aastaga, % (Pihlamägi, 2013)

Aasta	Planeeritud kasv	Tegelik kasv	Aastaplaan, mlrd rbl
1958	100	100	7,74
1960	107,0	112,2	9,09
1965	109,3	109,1	14,15

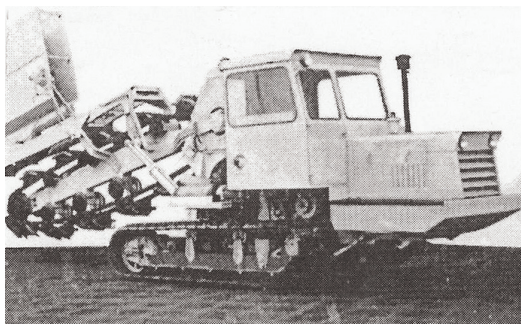
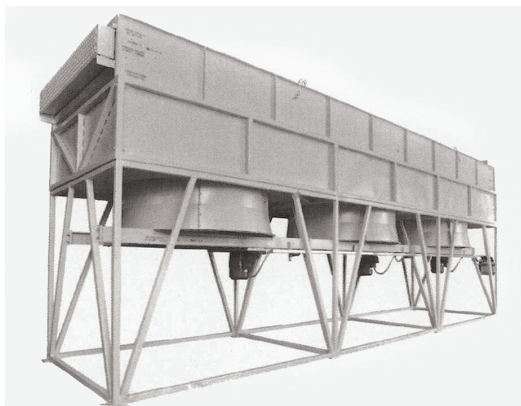
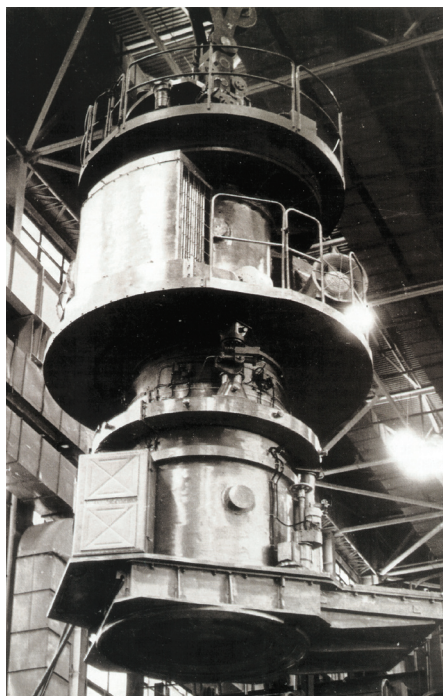
Majanduse põhisuunad aastateks 1965-1980 pandi paika NLKP KK 1965. a septembripleenumil. Majanduse reform hõlmas 1) tsentraliseeritud planeerimise ühendamist majanduse initsiatiiviga, 2) majandusüksuste iseseisvuse suurendamist ja õiguste laiendamist täieliku isemajandamise alusel, 3) ettevõtetele planeeritud ülesannete arvu vähendamist, 4) töötajate majanduse ergutamise süsteemi täiustamist, 5) ettevõtete vastutuse suurendamist majandustegevuse tulemuste eest (ENE 5).

Eesti NSVs kaotati 1965. a rahvamajandusnõukogu (RMN), mille haldusalas oli olnud 80 % liiduvabariigi tööstust. See vähendas tegelikult majanduse tsentraliseerimist (üleliiduliste ministeeriumite osa Eesti majanduse suunamisel suurenes), mis laienes tööjõu sissetoomise tulemusena. 1970. a lõpul oli tööstuse juhtimine ENSVs allutatud 19le üleliidulisele ministeeriumile ja organisatsioonile ja 23le liidulis-vabariiklikule või vabariiklikule ministeeriumile. Nii oli 1980. aastateks üle 90 % tööstusest ühel või teisel viisil allutatud üleliidulistele ametkondadele. Märkimisväärne osa Eesti NSV tööstuspotentsiaalid täitis sõjalisi tellimusi. Nii rahvamajandusnõukogu kui ka järgneval perioodil töötasid Eestis rida kinnise profiiliga masinatehaseid (nt Dvigatel – raketide osad, Baltijets – tuumajaamade seadmed, Tehas nr 32 – lennukite aparaat, Tehas nr 1083 (Balti laevaremont) – sõjalaevade remont). Nimetatud kinnised ettevõtted tegutsesid kuni iseseisvumiseni, mil need erastati või moodustati riikliku aktsiaseltsid. Nii võib lugeda teatmeteostest: “...Nõukogude võimu ajal on Eesti muutunud arenenud suurtootmisega vabariigiks. 1940-1970 on tööstustoodang suurenenud 36 korda” (Tabel 4, ENE 8).

Suurem osa tööstusest oli koondunud või koondumas Tallinnasse. Tähtsamad Tallinna tööstusettevõtted, mille nimi ja toodang oli tuntud juba EW ajal, olid Tallinna masinatehas (end Fr Krulli masinatehas), tehased Ilmarine ja Volta. Rajati ka päris uusi ettevõtteid: Kalinini nimeline Elavhõbealadite tehas, Pöögelmani nimeline Elektrotehnikatehas, Tallinna Ekskavaatoritehas, mitmeid tuntud väikeettevõtteid liites moodustus Norma, TK Vasar jt.

Tabel 4. Mõningate masinatööstuse toodangugruppide kasv aastatel 1950-1974

Toode, ühik	1950	1960	1974
Elektrimootorid, tuh tk	76	216	292
Naftaaparatuur, tonni	4200	7000	21000
Muundurid, tuh kW	-	770	4000
Ekskavaatorid, tk	-	339	1835



Mida kõike ei valmistatud?

Period 1991-2020

Pärast Eesti tasisesiseisvumist 1991. a tööstustoodang vähenes oluliselt. Tööstust ümberstruktureerides suleti palju tehniliselt vananenud, tooraine ta turuta jäänud ettevõtted, osa seadmetati ümber, et oleks võimalik toota Euroopa turu tarvis. 1994. a moodustas Eesti tööstustoodang *ca* 19 % SKPst ja selle osatähtsus aasta-aastalt vähenes (1991. a moodustas see 34,3 %, 1992. a – 31,1 %, 1993. a – 23,8 %, 1994. a – 18,7 %) (ENE 9).

Ettevõtete erastamine

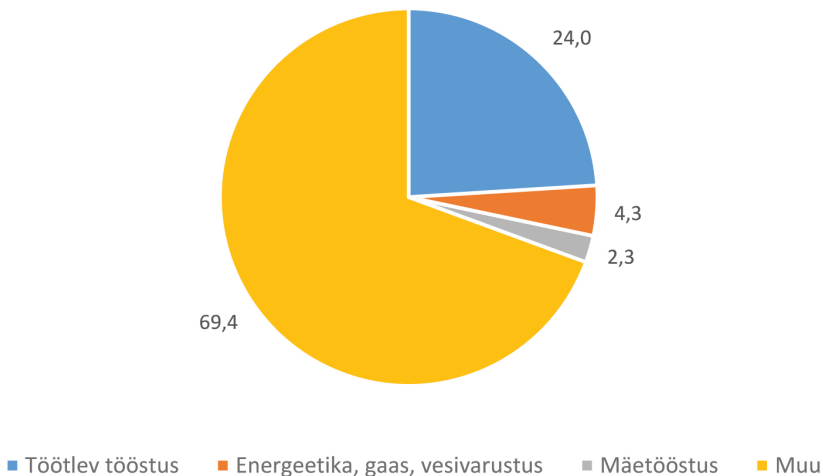
Riikliku sektori reformimine Eestis aastail 1991-1993 algas ettevõtete lahtiriigistamisega. See toimus kolmes vormis:

- Riiklike aktsiaseltside ja riigiettevõtete loomine (nn “uusriigistamine”)
- Rendi- ja rahvaettevõtete moodustamine
- Erastamine (sh õigusjärgsetele omanikele vara tagastamine)

Riigiettevõtetenä loodi riiklikud aktsiaseltsid (RAS) Balti laevaremonditehas, Ilmarine, Dvigatel, Volta, Põllumasinate tehas Võit, ETK Kaubandusliku inventari tehas. Rendi- (RdE) ja rahvaettevõtetest (RE) võib nimetada Normat ja Metallisti. Erastamisele kuulusid ja loodi aktsiaseltsid (AS) Tallinna masinatehas, Vasar, Eesti Talleks, SHTAMT, ESTEL (varem tuntud kui TTK Elektroonikatehas). 1993. a I pooleks oli väikeprivatiseerimise teel erastatud 676 objekti. Alustati katseliselt 7 suurettevõtte erastamisega (tuntud kui “suurprivatiseerimine”).

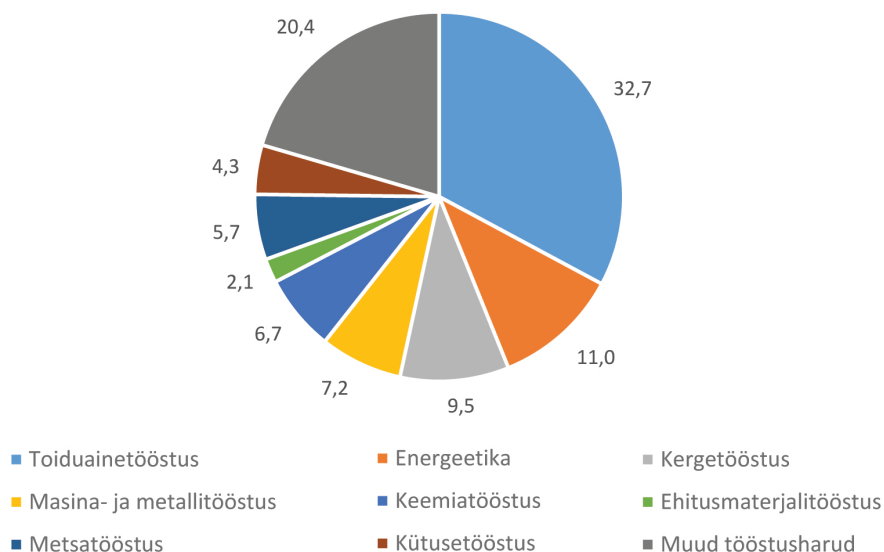
Eesti Tööstuse Keskliidu andmetel (Eesti Tööstus, 1994) oli Eesti TOP 93 hulgas Balti laevaremonditehas, Norma, Tallinna masinatehas; eriauhindu väärivate hulgas olis RAS Silmet – uute eksporturgude hõivamisel, RE Juveel ja RAS Loksa laevaremonditehas – edukad ümberstruttureerijad, AS SHTAMP – teadusmahuka toodangu auhind. Suuremateks edukateks arenevateks ettevõteteks olid RAS Valumehaanikka (194 töötajat), RdE Metallist (242 töötajat), AS Vasar (402 töötajat), AS Pioneer (246 töötajat), RAS Ilmarine (536 töötajat), RAS Dvigatel (2005 töötajat), AS Masinatehas (771 töötajat), Põllutöömasinatehas Võit (167 töötajat), Talleks (920 töötajat) jt.

Tööstuse osatähtsus sisemajanduse koguproduktist, %



Joonis 1

Tööstuse kogutoodangu struktuur, %



Joonis 2

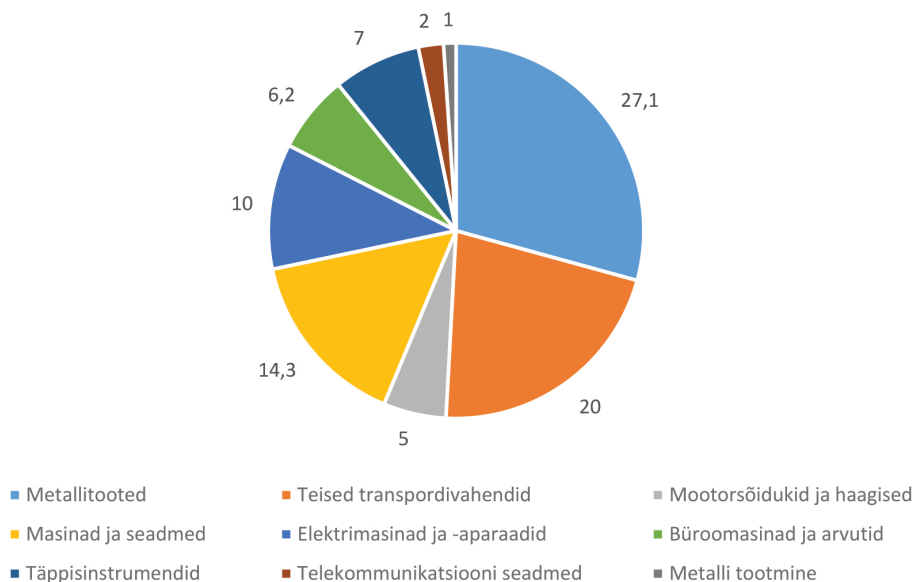
Suuremad ellujääjad üleliidulistest tehastest olid Arsenal, Balti laevaremonditehas, Dvigatel, Ilmarine, Tallinna Ekskavaatoritehas, Tallinna masinatehas, Võit ja Volta, kohaliku tööstuse ettevõttest Norma, Pioneer, Tarberaud ja Vasar.

Uuteks tegijateks masina- ja aparaaditööstuse kerkisid esile elektroonikaettevõtted, millede toodangust suurem osa läks ekspordile. Siinne arvutitootmine arenes kiirelt, kuna välismaa ettevõtetel oli siin toota oluliselt odavam, mis tingis arvutite madalama hinna ja kasvatas ekspordit jõudsalt. Ekspordi kasvatamiseks oli vaja investeringuid, kuid lisaks Investeeringutele tegeleti rahvusvahelisel tasandil erinevate programmidega ekspordi arendamiseks. Siin toetas ka Soome Eesti majandust rahaliselt ning tehti ühiselt koostööd Euroopa Liiduga ühinemise osas.

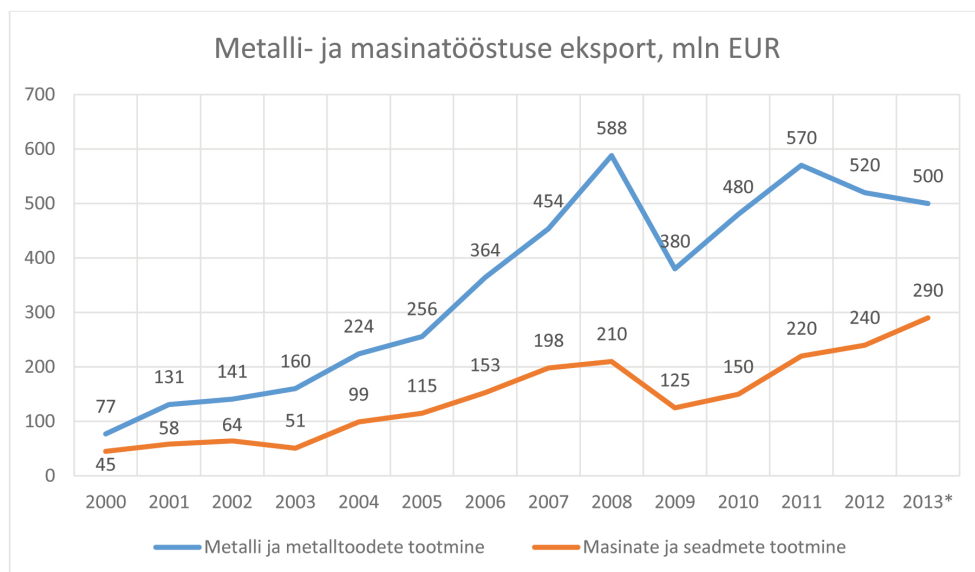
1998. aastal moodustas metalli- ja metallitoodete haru ekspord müügist 55,2 %, mis oli kogu metalli- ja masinatööstusest väiksem. Kõige rohkem eksporditi mootorsõidukite, haagiste ning poolhaagiste alamharu, kelle müügist oli ekspord 93,6 %. Kõige rohkem langes just suurima ekspordiga allharu müük, eelkõige turvavööde ekspord Venemaale äralangemisega. Lisaks oli 1998. a ka selge, et siinne töötajad ei püsi igavesti odavana. Kuna see eelis hakkas kaduma, tuli veelgi rohkem rõhuda kvaliteedi tõstmisele.

2000. aastal ületati töötlevas tööstuses 50 % piir, mis tähendas, et üle poole töötleva tööstuse toodangust läks ekspordiks. Samas tasub mainida, et osades tööstusharu-

Osakaal müügis, %, 1996



Joonis 3



Joonis 4

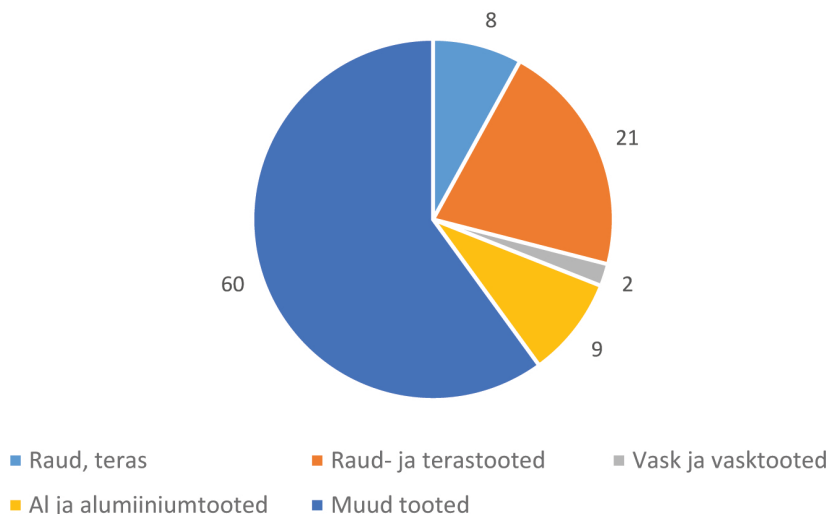
des oli eksport juba 1995. a üle 50 % toodangust, nt juba eespool nimetatud mootorsõidukid ja haagised – eksport oli seal 80 % kogutoodangust. Kogu Eesti töötlev tööstus ületas viiekümne piiri 2000. a.

Metallitööstus

Täna tegutseb Eestis töötlevas tööstuses üle 7500 ettevõtte, enamus väikesed või keskmise suurusega; vähemalt 100 töötajaga oli enam kui 200, kuid neis oli hõivatud ligi pool tööstussektori töötajatest. Suuremate ettevõtete hulka kuulusid mobiilside võrguseadmete tootja Ericsson Eesti AS, elektriseadmete tootja ABB AS, laevaehitus- ja metallitöötluste kontsern BLRT Grupp AS, puidutöötlemise Stora Enso Eesti AS, tekkide, patjade, voodite ning madratsite tootja AS Wendre, autoohustussüsteemide (turvavööde) valmistaja AS Norma jt. Tööstussektori osakaal majanduses lisandväärtuse põhjal oli veidi väiksem kui ELs keskmiselt (ca 1,6 %). Kõige suurem osatähtsus töötlevas tööstuses oli puidutööstusel (ca 18 %), järgnesid aparaaditööstus (ca 17,5 %), toiduainetööstus (ca 14 %), metallitööstus (ca 10,5 %), keemiatööstus (ca 7 %), mööblitööstus (ca 4,5 %), ehitusmaterjalide tööstus (ca 4 %), muud tööstusharud (ca 17,5 %).

Metallitööstus on tihedalt seotud mitme valdkonnaga, nt masinate ja seadmete tootmise ning ehitusega ning oli töötajate arvu poolest puidutööstuse ja toiduainetööstuse järel üks suuremaid tööstusharusid, milles tegutseb üle 1300 ettevõtte. Metallitööstus on kontsentreerunud Tallinna ja selle lähiümbrusse, Ida-Virumaale, Pärnumaale ja Tartumaale.

Metallitööstuse toodangu jaotus tooteliikide kaupa



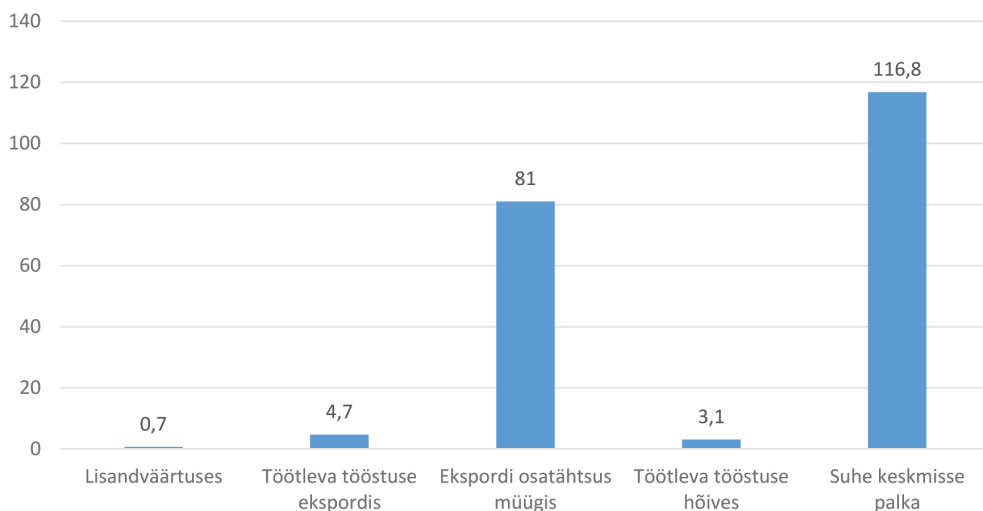
Joonis 5

Metallitööstusettevõttest suuremad on Ruukki Products AS (metallitooted, ehituskonstruksioonid), AS Saku Metall allhanketehas (õhukesest lehtmetailist tooted, liftid), Fortaco Estonia AS, OÜ Marketex Offshore Constructions, AS Remeksi keskus (metallkonstruksioonid), OÜ T-Tammer (metalluksed), AS Estanc (mahutid), AS Meta-print (metalltara), HANZA Mechanics Tartu AS, AS Favor, AO Lasertool OÜ (metallitöötlus) ja ETS Nord AS (ventilatsiooniseadmed).

Masinate ja seadmete tootmine

Masina ja seadmete tootjana tegutseb ligi 200 väikest ja keskmise suurusega ettevõtet. Suuremateks ettevõteteks on AS Hekotek (puidutöömashinad), OÜ Palmse mehaanikakoda, Onior OÜ (metsaveoahaagised, palgitööstukid), AS Sami (ehitustööstukid, metsatöömashinad), AS Tech Group (konveierliinid), OÜ Tehnobalt (teisaldus- ja tösteseadmed), JTK Power Finmec Estonia AS, AS Rauameister (tootmise automatiseerimisseadmed, tootmisliinid), Interconnect Product Assembly AS (tööstusseadmed ja tööstuselektronika), OÜ PMT (erinevad seadmed masinatööstusele), Sveba-Dahlen Baltic OÜ (toiduainetööstusseadmed), AS Pesimal Eesti (konveiersüsteemid), Metso AS (suurköögiseadmed).

Masinaehitussektori osatähtsus majanduses, %



Joonis 6

Transportvahendite tootmine

Transportvahendite tootmine on üheks oluliseks grupiks, millises tegutseb Eestis üle 150 ettevõtte. Suuremateks on Norma AS (autoohutussüsteemid, turvavööd), Stoneridge Electronics (elektronikaseadmed autotööstusele), AS Fors MW (metsaveohaagised, tõstukid), AS Respo Haagised, OÜ Birger, AS Bestnet (haagised), OÜ Tarmetec (autode lisavarustus), PKC Eesti AS (juhtmeköidikud autotööstusele), Universal Industries OÜ (summutid), Baltic Workboats AS (alumiiniumlaevad), AS Luksusjaht (plastikjahid ja kaatrid). Selle grupi ettevõtete toodangust põhiline osa (91,1 %) läks ekspordile, sellest mootorsõidukite osad ja tarvikud - 35 %, haagised ja poolhaagised – 22 %, ujuvkonstruktsioonid – 6 %, laevad – 6 %, jahid ja paadid – 4 %, muud – 28 %.

Eesti masina- ja metalltööstuse TOP 10s 2020.a. olid Äripäeva (Äripäev, sept 2020) andmetel olid:

- Konesko AS
- Norma AS
- Meconet AS
- Galv-Est AS
- Electroair OÜ
- Radius Machining OÜ
- Ticci OÜ
- Milectria Est OÜ jt

VÄLJAKUTSETEST EESTI MASINATÖÖSTUSES

Tõnu Lelumees

Viimase aasta kulg ülemaailmse pandeemia tingimustes on oluliselt muutnud kogu majandust. Olukorras, kus osade majandusharude tegevus on olnud oluliselt häiritud, on Eesti masinatööstus hoidnud töötleva tööstuse juhtivat rolli. Statistikaameti andmetele tuginedes on Eesti töötlevas tööstuses hõivatud enam kui 120 000 inimest ja tööstusettevõtete toodetud lisandväärtus moodustab 75 % Eesti ekspordikäibest. Masinatööstuse osatähtsus hõlmab üle 30 % töötleva tööstuse hõivatusest. Müügitulu, kasumi ja lisandväärtuse loojana on masinatööstuse roll viimasel aastal selgelt kasvanud ning sellel on oluline mõju meie majanduse ning teiste tööstusharude uuenduste ja innovatsiooni arendajana läbi masinaehituslike tehnoloogiliste lahenduste.

Need näitajad on riigi seisukohalt märkimisväärsed, kuid selle sektori sisemist olukorda ja tulevikuväljavaateid iseloomustavad kõhklused. Eesti masinatööstuse arengut iseloomustab suuresti liigne sõltuvus ebastabiilsest majandussituatsioonist, mille on eelkõige tinginud COVID-i üldine mõju, tarneahelate globaalsed muutused ja väikese avatud majandusega riigi positsioon ajal, mil paljud riigid on võtnud suuna pigem majanduse suletusele ning siseturu kaitsmise poliitika kujundamise. Sellele omakorda lisab mõrasid riikliku tööstuspoliitika ja -strateegia puudumine ning valitsuse vähene tähelepanu sektorile, terav oskustööliste, spetsialistide ja inseneride puudus. Kasuks ei tule ka koostöö puudumine ja sektori väga väikeste ettevõtete killustatus, mis pärsib investeringuid teadus- ja arendustegevusse, sh tootearenduse, digitaliseerimise, automatiseerimise ja robotiseerimise valdkondades. Kõigist neist teguritest sõltub kogu masinatööstuse olemasolevate ja ka uute ettevõtete areng, konkurentsivõime säilimine ja kasv.

Riigi poolt koostatud prognoosides ja visioonides on küll nähtud masinatööstuse olulist osa SKP kujundamisel, kuid siiani ei ole välja töötatud meetmeid ning seatud selgeid eesmärgi, et masinatööstuses valitsevaid probleeme lahendada. Kasvada ei ole võimalik, kui eeldused selleks pole täidetud.

Kui Eesti majanduse üldiseks probleemiks on ettevõtete väiksus, siis masinatööstuses moodustavad väiksemad kui kümne töötajaga ettevõtted koguni üle 70 %. Selle pinnalt ei ole keeruline selgitada, miks ei suudeta piisavalt panustada innovatsiooni

ja arendustegevuse kasvatamisse. Ühest küljest on see andnud Eesti ettevõtluskeskkonnale juurde palju paindlikkust, sest väikeste mahtude ja mõne töötajaga ettevõtete puhul on kiire ümberkohandumine muutavas keskkonnas võimalik. Samas ei ole enamik nendest ettevõtetest eraldiseisvalt võimelised märkimisväärsed investeeringuid väärtusahelas kõrgemale liikumiseks ja kasvamiseks tegema.

Eesti masinatööstuse arengu keskseks teemaks on lisandväärtuse suurendamine, mis võimaldaks tulevikus muuta selle sektori positsioon väärtusahelas. Konkurentsivõime tagamiseks, arenguks, kasvuks ning oma äritegevuses ellujäämiseks tuleb paratamatult keskenduda teadus-arendustegevuse, digitaliseerimise, automatiseerimise ja robotiseerimise sisulisele tähendusele. Eesti väiksuse juures tuleb järjest rohkem mõelda sellele, kuidas oleks võimalik saada kasu keskselt arendatavate uuenduste ja juba väljatöötatud lahenduste edasiarendamise baasilt. Iga pisike ettevõtte eraldi tegutsedes selleks võimeline ei ole. Siinkohal on tulevase edu jaoks oluline, kuidas suudetakse väärtustada koostööd nii ettevõtete kui ka riigi poolt toetavate struktuuride vahel ning kuidas suudetakse ette näha ja kaasa minna suuremate globaalsete trendidega.

Meie strateegiliseks eesmärgiks on kõrgtehnoloogiline tootmine, mis nõuab suuri investeeringuid, uute ärimudelite kiiret juurutamist ja eelkõige vastavate kompetentsidega tööjõu olemasolu. Tööjõuvajaduse seire- ja prognoosisüsteemi **OSKA** töötleva tööstuse uuringu kohaselt takistab eelkõige töötajate puudus töötlevas tööstuses Eesti majanduse arengut. Inseneride arv katab 1/3 töötleva tööstuse tegelikest vajadusest. Vajalikud arendustegevused digitaliseerimise ja automatiseerimise ning materjalitehnoloogiate valdkonnas suurendavad tööstus- ja tootearendusinseneride vajadust defitsiidi tingimustes veelgi. Sama lugu on mehhatroonikute ja robottehnikute vajadusega innovaatiliste tehnoloogiate rakendamisel tööstuses üldiselt. Oskustööliste puudujääki saaks korvata töötleva tööstuse vajadusi arvestava kutsehariduse terviklahenduse abil, mis hoolitseks muuhulgas ka selle eest, et väljaõpe oleks senisest laiapõhjalisem ja kataks töötleva tööstuse tulevikuoskusi paremini. Üha vananeva ja väheneva elanikkonna tingimustes vajaliku oskustööliste taseme tagamine on keeruline ning vajab põhimõttelisi otsuseid palju aastaid ette. Juba praegu on Eestis puudu ligikaudu 30 000 tehnoloogiliselt keerukat töökohta ja sellise töö tegijat. Lähitulevikuks on väljavaated veelgi kehvemad. Samas aitaks meie kutseharidussüsteemi avamine õpilastele väljastpoolt Euroopa Liitu õppijate nappust tehnoloogia erialadel leevendada. Peale kooli lõpetamisest ja kutseeksami edukat sooritamist oleks mõistlik neile pakkuda tähtajalist töötamise võimalust ja kogemuste omandamist meie tööstuses, mis omakorda leevendaks tööjõu puudust.

On võrdlemisi hoomamatu, kuhu praegune tervisekriis majanduse ja tootmisettevõtted tõukab. Kui midagi aga õppida eelmistest kriisidest, siis seda, et praegu on viimane aeg oma puuduste kõrvaldamiseks. Tööstusettevõtted peavad tõsiselt mõtlema arendustele digitaliseerimise, automatiseerimise ja paindlikkuse tagamiseks. Vaid läbi ettevõtte tehnoloogilise võimekuse tugevdamise on võimalik turgude taasavanemisel, mis on kindlasti hoopis teistsugused kui enne kriisi, näidata ennast konkurentsivõimelisemana ning suutlikumana.

Eesti tööstusettevõtete jaoks on digitaliseerimine olnud püsivalt keeruline teema. Põhjused peituvad ühelt poolt selles, et tootmispartiid on juba eelmisest majanduslangusest saati kokku kuivanud ning iga toode on unikaalne ja konkreetse kliendi vajadustele vastav, aga teisalt ka selles, et tööstused ei hoia enam suuri laovarusid ja toodete tarneajad on väga lühikesed.

Kuigi Eestis on mitmeid väga nutikaid ja keerukaid tooteid valmistavaid ettevõtteid, on meie tööstusettevõtete jätkuvaks probleemiks ikkagi suhteliselt lühike väärtusahel, mille tulemusel väljub tootmishoonest pigem lihtne toode. Materjali ja muude kulude mahaarvestamisel ei jää seetõttu ettevõttele palju kasumit, mille arvelt investeerida. See sunnibki keskpärasuse lõksu, millest kannatab ettevõtte areng. Lihtsa tootmise puhul ei pruugi täiendav digitaliseerimine ollagi mõttekas, aga arengu seisukohalt tasub digitaliseerimise eneseanalüüs läbi viia, sest parenduskohti leidub igas äris. Tuleb tõdeda, et esimene samm digitaliseerimisel võib olla keeruline, sest lahtisi küsimusi on palju. Alates sellest, et millistest protsessidest alustada ja mis on need lahendused, mis just minu tootmisele sobivad ning reaalselt edasi aitavad. Kõige lihtsam lahendus sellele on teha esmane digialalüüs, mis katab tervet väärtusahelat ning aitab tuvastada peamised puudused ja võimalused, mida digitaliseerimine saaks lahendada. Sellise analüüsi kulu ei ole reeglina ka sedavõrd suur, et ettevõttele takistuseks saada.

Masinatööstustes kipub paraku süvenema probleem, et tähelepanu pööratakse vaid üksiku tegevuse protsessi digitaliseerimisele ning jäetakse tähelepanuta ressursside planeerimine ja tootmisprotsessist kogutud andmete enda kasuks pööramine. Tegelikult tuleb vaadelda tööstustel korraga kolme aspekti koos – digitaliseerimine, automatiseerimine ning paindlikkus. Need on kolm sammast, millel tänapäevane tööstus ja arenduskontseptsioon peaks põhinema. Kui kõigile neile kolmele vajalikul määral tähelepanu pöörata on ettevõtte kindlasti ka tulemuslik.

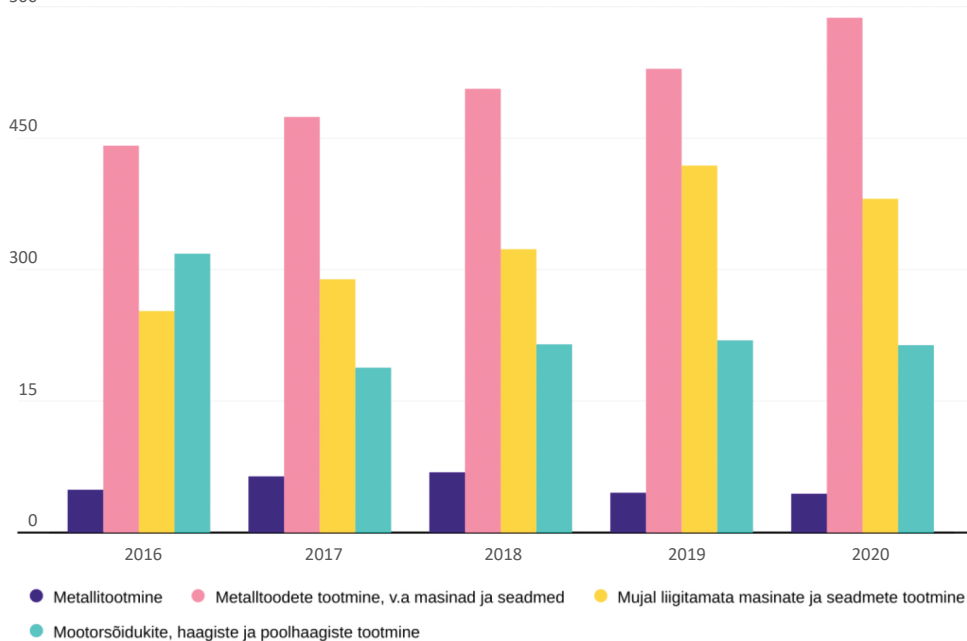
Panustamine ettevõtete sektoriülese tihedama ja mitmekihilisema koostöö loomiseks aitab ületada takistused arengus. Riigipoolne panus kvalifitseeritud tööjõu tagamiseks ning poliitikakujundamine majanduskeskkonna parendamiseks, teadusarendusasutuste ja ettevõtjate ühtse vajaduspõhise eesmärgistatud koostöö loomiseks aitab tagada sektorile soodsa pinnase.

Majandusväljaanne *Financial Timesi* kasvuettevõtete edetabelis leiab EML liikmesettevõtte Cleveroni 51. kohalt ja PlasmaPro 346. kohalt. Usun, et need ja paljud teised suurepäraseid meie ettevõtteid innustavad ellu viima eesmärgistatud arendusi tootmises, kus väärtustatakse tehnoloogiaid ja kompetentse. Need on eeldused, et siseneda välisturgudele. Koos eestlaste ideerohkuse ja töövõimega suudame pakkuda konkurentsi üle maailma. Eesootavate jõupingutuste tulemus on väärt, et panna Eesti riigi väiksusest hoolimata masinatööstuse valdkonna suurepäraseid tegijaid oma võimekust rohkem hindama.

Kaupade eksport tegevusala järgi | 2016–2020

Allikas: statistikaamet

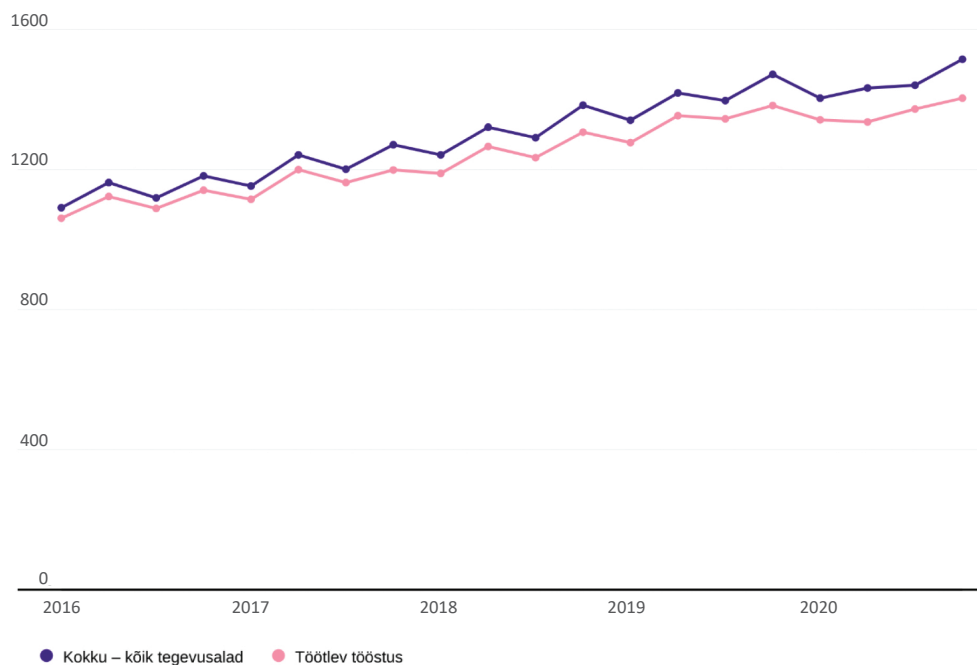
miljonit eurot



Keskmine brutokuupalk töötleva tööstuse ettevõtetes | I kvartal 2016 – IV kvartal 2020

Allikas: statistikaamet

eurot

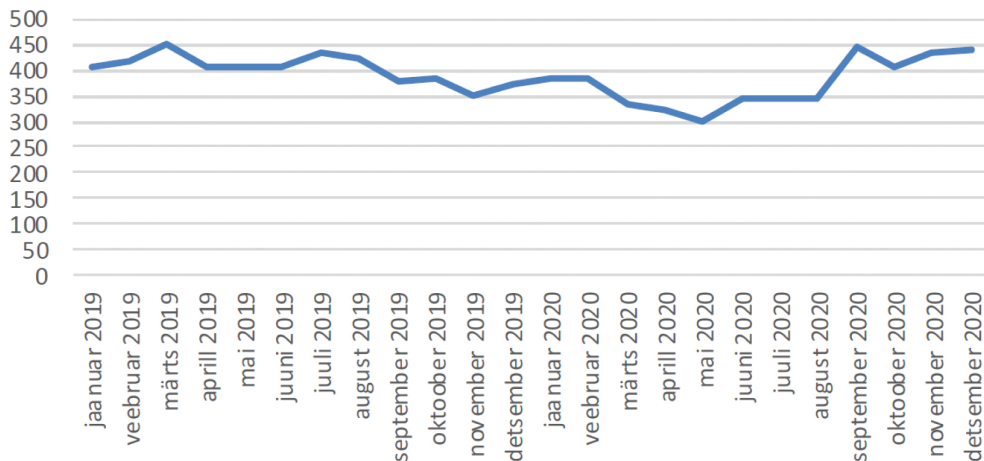


Masinatööstuse ettevõtete põhitegevusala järgi toodangu ekspordiindeks, eelmise aasta vastav kuu=100 | jaanuar 2019 – detsember 2020

Allikas: statistikaamet



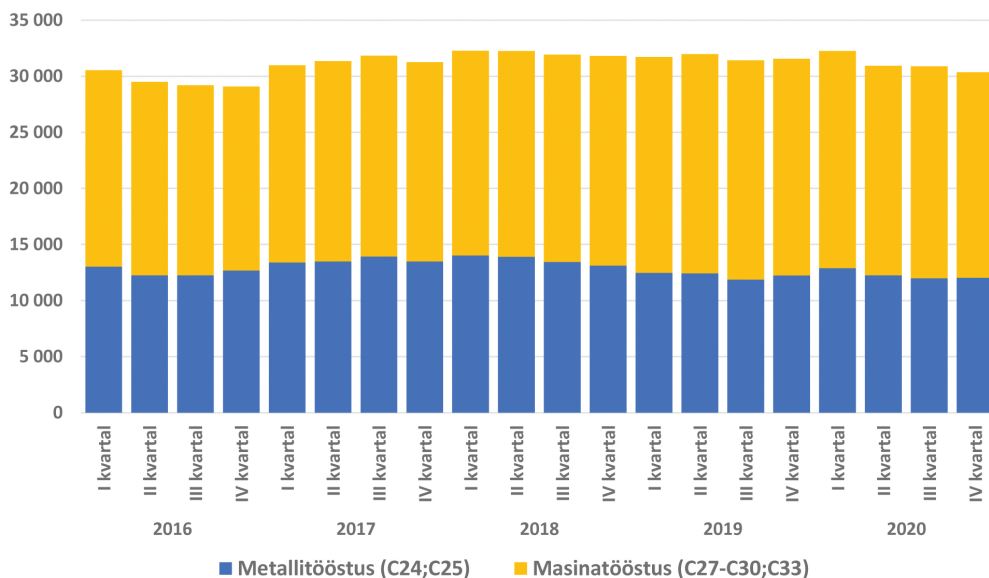
Masinatööstuse ettevõtete tööstustoodangu maht 2019–2020



MASINA- JA METALLITÖÖSTUSE TULEVIK LÄBI TÖÖJÕU- JA OSKUSTE PRISMA

Ave Ungro, Terje Kaelep^a, Rain Leoma, Anneli Leemet^b

Masina- ja metallitööstus on üks juhtivaid töötleva tööstuse valdkondi Eestis, kus on hõivatud ligi kolmandik tööstussektori töötajatest. Masinatööstuse tegevusaladest suurima hõivega on transpordivahendite ja elektriseadmete tootmine ning seadmete remont ja paigaldus. Metallitööstuses on enim hõivatuid metalltoodete tootmise tegevusalal, metallitootmine moodustab väikse osa. Viimastel aastatel on sektori hõive püsinud stabiilsena.



Joonis 1. Keskmine tööga hõivatud isikute arv, Allikas: Statistikaamet EM041

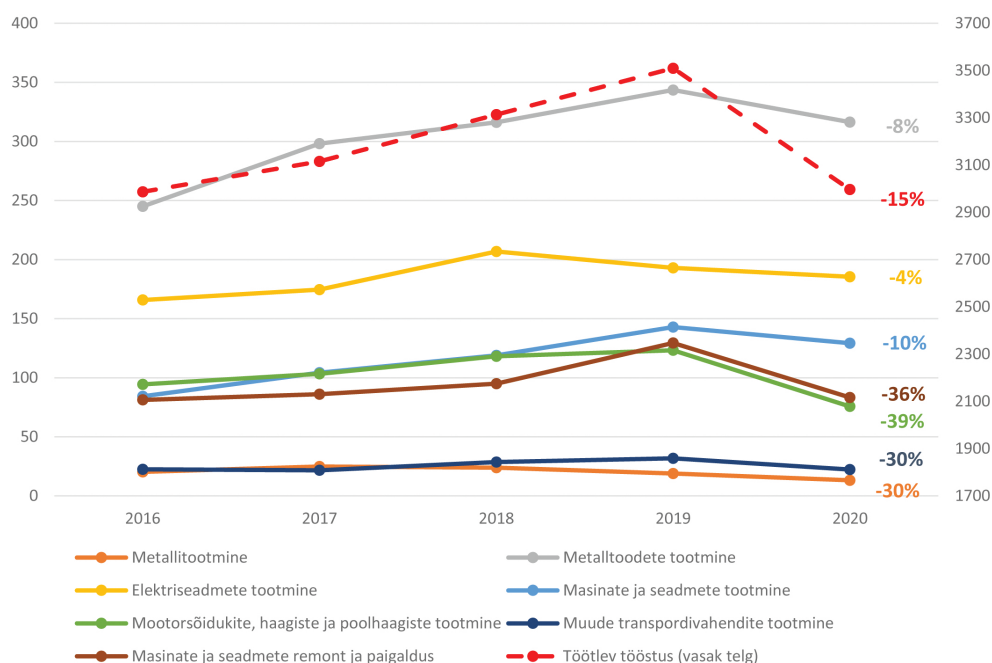
^a OSKA uuringujuhid

^b OSKA analüütikud

Viiruskriisile vaatamata on tööstusettevõtetel keeruline sobivate oskustega töötajaid leida

Viimastel aastatel enne COVID-19 kriisi kasvas töötlevas tööstusesse ettevõtete osakaal, kes hindasid tööjõu puudust peamiseks kasvu pidurdavaks teguriks.¹ Samal perioodil oli Eestis töötuse määr ajalooliselt madal² ehk Eestis polnud piisavalt vaba tööjõudu, kelle hulgast värvata töötajaid. Viimase aasta jooksul on Eestis töötuse määr seoses COVID-19 põhjustatud majandussurutisega kasvanud. Siiski on see tõus pikemas perspektiivis eeldatavasti ajutine. Nii või teisiti ei pruugi kõikidele töökohtadele leiduda tööturul vabu töökäsi, sest olenevalt ametikohast on tööstusesse vaja spetsiifiliste oskustega inimesi.

2020. aastal läbi viidud OSKA COVID-19 mõjude uuringust³ selgus, et kriisist tingitud raskusi kogenud masina- ja metallitööstuse ettevõtted vähendasid peamiselt admi-



Joonis 2. Müügitulu dünaamika 2016-2020 II kvartali andmete võrdluses masina- ja metallitööstusesse harudes ning töötlevas tööstuses kokku. Allikas: Statistikaamet, EM001.

¹ Konjunktuuriinstituut

² 4,4% 15-74 aastaste hulgas, Statistikaamet TT331

³ Rosenblad, Y., Tilk, R., Mets, U., Pihl, K., Ungro, A., Uiboupin, M., Lepik, I., Leemet, A., Kaelep, T., Krusell, S., Viia, A., Leoma, R. (2020). COVID-19 põhjustatud majanduskriisi mõju tööjõu- ja oskuste vajaduse muutusele. Uuringuaruanne. Tallinn: SA Kutsekoda, tööjõu-vajaduse seire- ja prognoosisüsteem OSKA.

nistratiivtöötajate osakaalu, harvem koondati valdkonnaspetsiifiliste teadmistega tehnilisi töötajaid. Viimasel juhul loobuti esmajärjekorras renditööjõu kasutamisest.

Kriisi mõju ettevõtetele erineb märkimisväärselt tegevussuuniti, näiteks kogesid autotööstuse allhankijad 2020. aasta kevadel lühiajalist langustrendi üleeuroopaliste tarneahelate katkemise tõttu. Masina- ja metallitööstuse harudest langes 2020. a II kvartali müügitulu (vt Joon. 2) võrreldes varasema aasta sama perioodiga enim mootorsõidukite, haagiste ja poolhaagiste tootmises (–39 %), masinate ja seadmete remondis ja paigalduses (–36 %) ja muude transpordivahendite tootmises (–30 %). Märksa tagasihoidlikum oli müügitulu vähenemine elektriseadmete tootmises (–4 %) ja metalltoodete tootmises (–8 %). Üksikud, nt meditsiiniseadmete tootmisega seotud ettevõtted,⁴ kogesid isegi kasvutrendi.

Nii mõnedki ettevõtteid ei näinud 2020. aastal veel vajadust kohandada ja muuta põhiprotsesse, kuna olid hõivatud varasemate tellimuste täitmisega. Tööandjate hinnangul sõltub tööjõuvajadus üldisest majanduse olukorrast ja ettevõtete käekäigust.

Lähikümnendil jääb tööstuses puudu 2/3 inseneridest

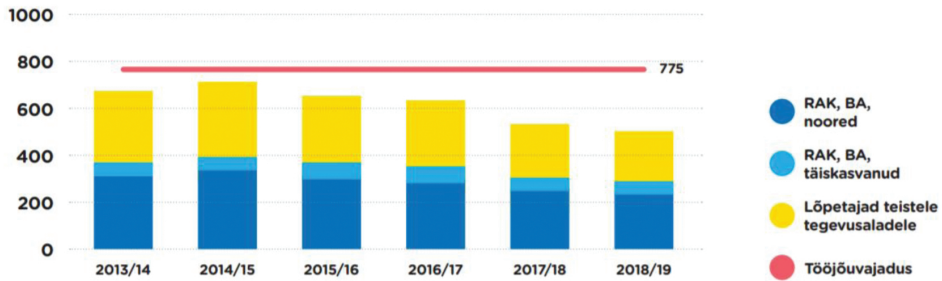
Eelmisel aastal läbi viidud OSKA töötleva tööstuse uuringus analüüsiti majanduse üleselt töötleva tööstusega seotud ametite tööjõuvajadust ning kõrvutati seda koolilõpetajate arvudega. Analüüsitud uue tööjõu vajadus on umbes 26 350 inimest järgmise 10 aasta jooksul, mis on umbes 25 % praegusest hõivest. Tuleviku tööjõuvajadusest suurima oma moodustab pensionile siirdujate asendamise vajadus, lisaks on tööstuses järgmisel kümnel aastal oodata ka väikest hõive kasvu. Kiireim hõive kasv on tööstusjuhtide ja inseneride hulgas, kus kümne aastaga võiks tööjõu olemasolul hõivatute arv kasvada kuni 12 %. Mehhatroonikute, tehnikute ja lukkseppade hulgas on prognoositud hõive kasv 3 %. Kuigi seadmete hulk tööstuses suureneb ning nende hooldajaid ja seadistajaid on tulevikus vaja rohkem, ei toimu muutus kiiresti. Uute seadmete ost on ettevõttele investering, mis on vaja hoolikalt läbi kaaluda. Arvestada tuleb tootmismahte, seadme keerukust, töötajate palgataset, seadme hoolduskulusid jne. Tööstusoperaatorite ja toodete valmistajate hulk ei muutu järgmise kümne aasta jooksul märkimisväärselt. Automatiseerimine, mis Eestis tööstustes toimub, aitab suurendada pigem tootmismahte, kui vähendada hõivet. Juhtudel, kus automatiseerimise tagajärjel ettevõttes hõivatute arv väheneb, vabaneb tööjõudu teiste ettevõtete jaoks.

Hariduse poolt vaadates on suurim tööjõuvajadus tehnikaalade ning tootmise ja töötlemise õppesuuna lõpetajate järele. Kutsehariduses on lõpetajaid tööjõuvajadusest mõnevõrra rohkem, kuid tööandjad toovad välja tööjõupuuduse, sest kutsehariduses õpib palju juba töötavaid täiskasvanuid. Täiskasvanud õppijad pigem tõstavad oma kvalifikatsiooni või õpivad uusi oskusi, kuid tööturu mõttes pole tegemist uue tööjõuga.

⁴ Emöke Sogenbits. Ettevõtlusminutid 02.11.2020. Vikerraadio. Koroonakriisiga toimetulek allhanget pakkuvates tehastes. <https://bit.ly/2TTCcAo>

Töötleva tööstuse ametialagruppide proportsionaalne osa lõpetajatest ja tööjõuvajadusest kõrghariduse bakalaureuse-, rakenduskõrghariduse ja integreeritud õppesse vastuvõetud tehnikaala ning tootmise ja töötlemise õppesuunal

Kõrghariduse lõpetajad täidavad vaid kolmandiku töötleva tööstuse juhtide ja spetsialistide vajadusest.



Allikas: Kutsekoda, EHIS

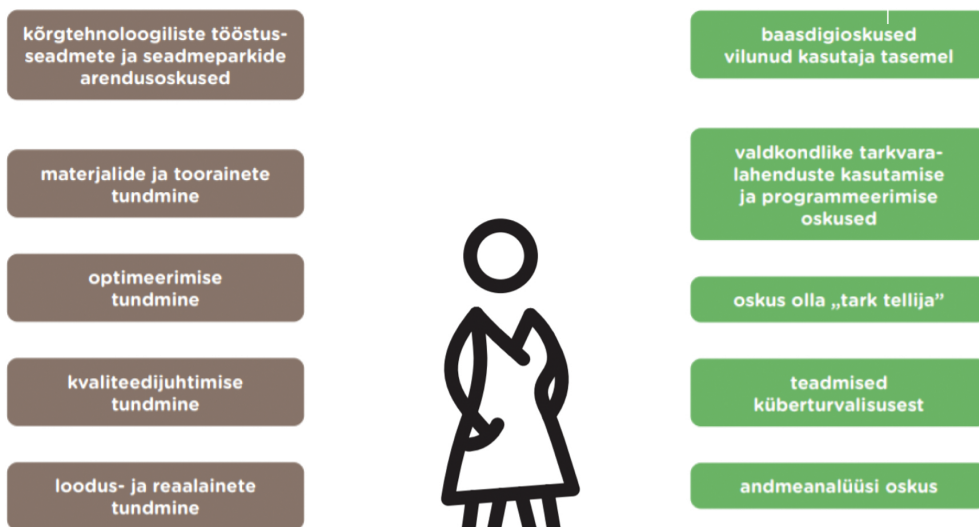
Kõrghariduses on tehnikalaade ning tootmise ja töötlemise õppesuuna lõpetajate arv märksa väiksem kui töötleva tööstuse tööjõuvajadus.

Esiteks on kõrgharidusega töötajate asendamise vajadus tööstuses suur ja teiseks pole eelnimetatud õppesuundade erialad populaarsed. Kõrghariduses tervikuna on bakalaureuse-, rakenduskõrghariduse ja integreeritud õppesse vastuvõetute hulk viimase viie aastaga vähenenud 4 %. Suurim langus tabas just tehnika, tootmise ja ehituse õppesuunda, kus vastuvõetute arv vähenes umbes veerandi võrra ehk üle viie korra keskmisest kiiremini. Suurest asendusvajadusest ning tehniliste erialade vähesest populaarsusest tingituna on ka kõige suuremate pingutuste korral raske näha, et kõrgharidusega spetsialistide tööjõuvajadust tööstuses oleks võimalik katta Eesti noortega. Seega seisavad Eesti tööstusettevõtted sel aastakümnel keerulise, kuid põneva ajastu lävel. Kuna siseriiklikult tööjõu leidmine on keeruline ning välis-tööjõu kasutamine COVID-19 järgses maailmas ebaselge, siis kuidas kasutada ära iga töötaja maksimaalne potentsiaal? Kuidas pakkuda sellist tööd ja töötingimusi, et meelitada talente? Eeldatavasti konkurents töötajate pärast kasvab, mis jätkab kajastumist palkades. Olulisemaks muutub värbamisprotsess ja ettevõtte maine.

Vajatakse töötajaid, kes oskavad tööstuslikku tootearendust ja tootmisprotsesside automatiseerimist

Võib arvata, et tööstuses püsivad elujõulistena just need ettevõtted, kus on palju kõrgtehnoloogilisi töökohti. Sellistel töökohtadel arendatakse, käitatakse ja hooldatakse seadmeid ja seadmeparke. Samuti toimub kõrgtehnoloogilistel töökohtadel tootearendus, mis vastab rahvusvahelistele nõudmistele energiatõhususe ja keskkonnamõju vähendamise osas. Kogu Euroopa töötlev tööstus peab lähiajal rohepöörde kontekstis oma tegevused ümber mõtestama ning ökoloogilist jalajälge

Töötleva tööstuse tulevikutöötajate olulised tööstusspetsiifilised ja IKT-oskused ning teadmised



vähendama. See tähendab näiteks, et iga töötaja jaoks muutuvad sellised oskused nagu optimeerimine materjalidega säästlikult ümberkäimine veelgi tähtsamaks.

OSKA töötleva tööstuse uuringust selgub, et metalli- ja masinatööstuse tööstusjuhtidel ja inseneridel on vaja täiendada kõrgtehnoloogiliste seadmete arenduse, kvaliteedijuhtimise ning andmeanalüüsiga seotud oskusi. Lisaks peavad nad olema rahvusvahelistumise ning tiheda konkurentsi tingimustes valmis end turunduse ja kommunikatsiooni alal täiendama. Metalltoodete ja -konstruktsioonide valmistajad, masinate ja seadmete tehnikud, mehhatroonikud ning elektrikud vajavad aga üha enam kõrgtehnoloogiliste seadmete ja seadmeparkide käitamise, paigaldamise, hoolduse ning parandamise alaseid oskusi. Ettevõtjad töid ka eraldi välja nende suured vajakajäämised loodus- ja reaalainetes. Masina- ja metallitööstuse töötajatel tuleb omandada väga head teadmised ohutusest ning tööstusprotsesside üldisest toimimisest, et näha suuremat pilti ning asetada end igal ajal terve ettevõtte vajadusi arvestavasse konteksti.

Töötleva tööstuse töötajatel jääb puudu ka digipädevustest ja üldoskustest. Masina- ja metallitööstuse juhid ja spetsialistid peaksid paremini oskama kasutada ettevõtte infohalduse ja erialase projekteerimis- ja analüüsitarkvara ning tootmise juhtimise lahendusi, samuti tellida ettevõtte vajadustest lähtuvalt efektiivseid tehnoloogilisi lahendusi. Oskustöötajate jaoks nähti vajadust arendada masina- ja robotisüsteemide tundmist ja programmeerimist, robotisüsteemide programmeerimiskeelte ja tööstuses kasutatavate programmeeritavate loogikakontrollerite tundmist ning ettevõtte infohalduse tarkvara oskuslikku kasutamist. Kõigil töötajatel on vaja täiendada oma teadmisi digiseadmete ohutus- ja turvameetmetest, IKT-riskidest ning

üldisi baasdigioskusi nii algaja kui vilunud kasutaja tasemel. Tööstuse tööandjatega oskuste vajadust välja selgitades tuuakse üha enam välja just üldoskuste ja -hoiakute olulisust. Eranditult kõik OSKA tööstusvaldkondade uuringud rõhutavad näiteks selliseid üldoskusi: meeskonnatööoskus, kohanemisvõime, analüüsioskus, eneseväljendusoskus, õppimisvõime, initsiatiivikus, võõrkeelte oskus.

Eesti hariduses tegeldakse eeltoodud oskuste õppega väga aktiivselt ja näiteks töötusspetsiifiliste oskuste õppe puhul näitasid tööandjad üles rahulolu nii õppe kvaliteedi kui üldise koostööga haridusasutuste ning ettevõtete vahel. Peamise arenguvajadusena nähti just IT- ja üldoskuste õpet. Kõikide oskuste puhul toodi välja vajadust pöörata suuremat rõhku õpetajate ja õppejõudude väljaõppele ning didaktiliste, eriti digitaalsete, õppematerjalide arendamisele. Töötajate motiveerimiseks saavad tööandjad lubada töötajaid nii töötusspetsiifilisi ja IT-oskusi kui ka üldoskusi arendavatele kursustele.

Üldoskuste tähtsus kajastus ka OSKA COVID-19 mõjude eriuuringus. Kriisisituatsioonis on vajalik töötajate valmisolek kiireks ümberõppeks, et tõsta tehnilise personali oskuste taset või suutlikkust tulla toime muutuvate tööülesannetega, olgu selleks siis teist tüüpi seadmete käitamine, remont või varem kohapeal spetsialistide poolt tehtud seadmete hoolduse korraldamine üle videosilla. Nimetati ka töökorralduslike muudatuste ning tarneahelate juhtimise, elektroonilise suhtluse, tervishoiu ning vaimse tervise hoidmise alaste teadmiste vajadust.

Tööstuse lisandväärtuse kasvatamine arendab kogu Eesti majandust

Käes on mõttekoht nii riigi kui tööstusettevõtete jaoks – mida on Eestis mõistlik toota, milliseid tootmisprotsesse on mõistlik Eestis teha, ning mida osta mujalt sisse? Uued tööturule sisenevad põlvkonnad on väiksemad, kui tööturult lahkuvad põlvkonnad. Välistööjõu kasutamisel on nii poliitilised kui COVID-19 tingitud piirangud. Samas on vaja tööandjatel mõelda, kuidas toota suurema lisandväärtusega, et konkureerida paremini olemasoleva tööjõu pärast. Riik peab leidma võimalusi, kuidas soodustada positiivseid arenguid tööstuses, et suurendada nii ühiskonna, kui ka riigi tulusid. Eestis on tööstussektori osatähtsus majanduses lisandväärtuse põhjal veidi väiksem kui ELis keskmiselt, töötlevas tööstuses hõivatute osatähtsus on Eestis aga ELi riikide seas üks kõrgemaid. See näitab, et mujal suudetakse üldiselt sama arvu töötajate juures luua rohkem lisandväärtust.⁵ Geomeedia poolt 2018. aastal läbi viidud tööstusalade analüüs näitab, et mida kõrgem on riigi SKP, seda suurem on spetsialistide osakaal töötlevas tööstuses. Mida kõrgema lisandväärtusega tootmine on riigis, seda suurem on inseneride vajadus. Eestis on spetsialistide osakaal töötlevas tööstuses 19 % ning Soomes, kus SKP inimese kohta on üle kahe korra kõrgem, on spetsialistide 38 %. Kõrge SKP-ga riikides tegeldakse aktiivselt tootearendusega. Kui soovida Eestis

⁵ MKM, Majandusülevaade 2019, https://www.mkm.ee/sites/default/files/majandusulevaade_2019_0.pdf (02.03.2021)

teha kvalitatiivset hüpet kõrgema lisandväärtusega tootmise poole, on vaja selleks piisavalt kvalifitseeritud töotajaid. Inseneri peaks olema senisest rohkem ning pensionile minevaid inseneri asendama noored. Paraku ei jagu praegusest järelkasvust ka pensionile siirdujate asendamiseks, ammugi siis uute töökohtade täitmiseks.

COVID-19-st tulenevad pikemaajalised piirangud, nt piiriülese liikumise piirangud ja distantsihoidmise vajadus, kombinatsioonis majanduse jähinemisega, võivad pärssida tööstusettevõtete paindlikkust ja konkurentsivõimet. Kriisist taastumine ja edasine areng seonduvad aga eeskätt võimekusega targalt ära kasutada juba enne kriisi ilmnenu suundumuste võimendumist – automatiseerimist, digilahenduste kasutuselevõttu, tarneahelate lühenemist (*nearshoring*) ja rohepöoret. Nende trendide toel oleks võimalik pikemas perspektiivis leida uusi ärimudeleid ja tootmisnišše, leevendada tööjõunappust ning palgasurvet.

Inseneriakadeemia ja kutseõppe terviklahendus

Kõige suurem tööstust puudutav tuleviku väljakutse on inseneride põud. Kuna üks osa probleemist on insenerialade vähenemine populaarsus, peaks tulevikus suunama teraviku sellele, et inseneria saaks järgmise põlvkonna jaoks ahvatlevaks karjääriteeks. Sellele aitaks kaasa insenerihariduse samasugune süsteemne tähtsustamine, nagu eelmisel kümnendil toimus IT-haridusega. Muuhulgas on käivitumas Inseneriakadeemia, mis insenerihariduse loodetavasti uuele kvaliteediasemele tõstab. Kutseharidus, mis töötleva tööstuse oskustöotajaid ette valmistab, peaks tulevikus suutma pakkuda terviklikku lähenemist tööstusega seotud erialadele. See tähendaks ka õppesüsteemi laiapõhjalisemaks arendamist viisil, mis võimaldaks õppuritel kõigepealt omandada tööstuse jaoks vajalikke üldisi teadmisi ja baasväljaõpet ning järgmises astmes praktikate ja probleemõppe toel otsustada, milline spetsiifiline eriala või tööstusharu neil huvi pakub. Kutsehariduse täiendav eesmärk tulevikus peaks olema suunata andekamaid lõpetajaid kõrghariduse insenerialadele. Kahtlemata peab välja töötama ka lühiajalisi riiklikke meetmeid, mis aitaks ettevõtetel tööjõuprobleeme kiirelt lahendada, olgu need siis töökohtade automatiseerimiseks ning digitaliseerimiseks või välistööjõu kaasamiseks. COVID-19 eriuuringus nähti selget vajadust täiendava riigipoolse toe järele digitaliseerimiseks ja automatiseerimiseks, õpipoisiõppe korraldamiseks ning tööstuse kutsehariduse konsolideerimiseks lähtuvalt ametikoolide tugevustest ja tööstuse regionaalsest paiknemisest.

Masina- ja metallitööstuse ettevõtted, mis suudavad pakkuda kõrgepalgalisi töökohti, kus ootavad ees põnevad keskkonnasõbralikud ülesanded ning kaasaegne töökeskkond, ei pea millegi pärast muretsema, sest nende päralt on uue põlvkonna huvi. Niisamuti ei jää hätta ettevõtted, kes näevad innovatiivset tootearendust võimalusena, mitte lisakuluna. Sellised ettevõtted ajendavad ka haridussüsteemi kaasageks ja konkurentsivõimeliseks muutuma.

See artikkel ei oleks saanud sündida ilma masina- ja metallitööstuse ettevõteteta. Suur tänu Eesti Masinatööstuse Liit ning kõik ettevõtetete esindajad ja teised eksperdid, kes te olete aidanud meil koostada OSKA tuleviku-uuringuid. Tänu teie panuse-

le saame pakkuda riigile, karjäärinõustajatele jt tõenduspõhist ülevaadet tööstuse lähitulevikust. OSKA uuringuid kasutatakse haridus- ja tööpoliitika suunamiseks, karjäärinõu andmiseks ning mitmetel muudel viisidel. Loodetavasti saavad uuringutest kasu ka ettevõtjad ja erialaliidud. Soovime eduka koostöö jätku, sest alustame OSKA metalli- ja masinatööstuse uuringu uuendamist juba selle aasta teises pooles.

Tööstuskeskkond on süsteem, kus ellu jäävad tugevad ja õpivõimelised ning see on potentsiaal, mida metalli- ja masinatööstusel rohkesti jagub. Palju õnne ja jätkugu liidul jõudu seda potentsiaali juhtida ka järgmised 85 aastat!

85 AASTAT EESTI MASINATÖÖSTUSE LIITU

Priit Kulu

Eesti Masinatööstuse Liidu eelkäijad

Esimese maailmasõja järgsele laastatud majanduse ja tööstuse ümberehitamisele noores Eesti Vabariigis andis suure panuse juba veebruaris 1917. a asutatud Eesti Vabrikantide Ühendus. Edasiselt 1927. a asutati Tallinna Metallitöösturite Ühing (TMÜ). TMÜ põhikiri kinnitati 5. dets 1927. a ja see sai oma alguse Tallinna Lukkseppmeisterite Ühingult.

Ühing astus vastavaid samme Üleriikliku Metallitööstuse Liidu asutamiseks. Töötati välja põhikiri peakoosoleku poolt kinnitatud põhimõtetel. Asuti kontakti teiste vastavate kutseorganisatsioonidega ning selle tulemusena kutsuti ellu Üleriiklik Metallitöösturite liit asukohaga Tallinnas, mille põhikiri kinnitati siseministri poolt 1936. a 19. juunil. Ettepaneku Eesti Vabariigi siseministeeriumile Üleriikliku Eesti Metallitöösturite Liidu (ÜEML) asutamiseks tegid Tallinna Metaliitöösturite Ühing ja Nõmme Metallitöösturite Liit. ÜEMLi kuulusid Tallinna ja Nõmme Metallitöösturite ühigid, Tallinna Plekitöösturite Ühing ja Eesti Kulla- ja Kellaseppade Ühing.

Üleriikliku Eesti Metallitöösturite Liidu peamine ülesanne oli koondada kõiki kodumaa metallitööstureid, arendada kodumaa metallitööstust ja püüda parandada kodumaa metallitöösturi kultuurilist ja majanduslikku olukorda. Ühingu dokumentides oli sätestatud "*... ülesannete teostamiseks Liit organiseerib üksikuid metallitööstuse eriharusid; arendab igasugustel metallitöö aladel jõejõude, sealjuures neile vastavat kutseharidust kättesaadavaks tehes; töötab välja metallitöösturite ellu puutuvaid määrute ja seaduste kavasad nende esitamiseks riigi- ja omavalitsuste asutusile; asutab eriteaduslikke raamatukogusid; annab välja Liidu sihile vastavaid ajalehti, ajakirju ja brošüüre; korraldab kursusi, loenguid, referaate ja kongresse ning võtab neist osa; korraldab metallitööstuse näitusi ja võtab neist osa; määrab kutsehariduse omandamiseks ja täiendamiseks toetusi ja abirahasid; asutab erikapitale, muretseb juriidilist nõuannet kõigile metallitööstusse puutuvais küsimusis.*"

ÜEMLi tegevust juhtisid peakoosolek, nõukogu ja juhatus. Peakoosoleku moodustasid Liidu liikmete (koondiste ja ühenduste) esindajad arvestusega üks esindaja 10 liikme kohta. Nõukogu moodustasid Liidu liikmete esindajad arvestusega üks nõu-

kogu liige iga 20 liikme kohta. Juhatus oli otsene täitesaadav ja valitsev organ. Juhatus oli 7-liikmeline ja selle valis peakoosolek.

Samal ajal Üleriikliku Eesti Metallitöösturite Liiduga moodustati Narva Metallitöösturite Ühing. Ühingu eesmärgiks oli koondada enda ümber Narvas metallitööstusalal töötavaid kesk- ja väiketööstureid ning hoolitseda nende töösüste ja majanduslike ning kultuuriliste huvide eest. Ühingu põhikiri kopeeris suuresti ÜEMLi põhikirja.

Üleriikliku Eesti Metallitöösturite Liidu tegevuse keelustas nõukogude võim 20. augustil 1940. a samaaegselt Eesti Vabrikantide Ühenduse, Tallinna Metallitöösturite Ühingu, Nõmme Metallitöösturite Ühingu ja Narva Metallitöösturite Ühingu keelustamisega.

Masinatööstuse teaduslik-tehniliste ühingute periood

Üleriikliku Eesti Metallitöösturite jt ühingute likvideerimisele järgnes ligi 50 aastat kestnud Eesti Teaduslik-tehniliste ühingute (ETTÜ) periood. Metallitööstust ja masinaehitust esindasid masinaehituse, valutööstuse, survetöötuse ja pulbemetallurgia seksioonid. Organiseeriti seminare, konverentse, ühingu kaudu võeti osa üleliidulistest konverentsidest, korraldati konkursse (parim tehnoloog, parim diplomitöö jt), moodustati loominguulisi kollektiive jpm.

Koos Eesti Vabariigi taasiseseisvumisega 1991. a moodustati ETTÜ seksioonide baasil inseneriühendused: Eesti Masinaehitusinseneride selts (1991), Eesti Materjalitehnika Ühing (1994), Eesti Keevitusühing (1996). Nimetatud inseneriühingute baasil moodustati 1997. a Eesti Mehaanikainseneride Liit (EMIL), mis tegutseb tänase päevani.

Eesti Masinatööstuse Liidu loomine

Koos Eesti Vabariigi taasiseseisvumisega 1991. a otsustati asutada ka Eesti Masinatööstuse Liit (EML). Asutamiskoosolekul 3. oktoobril 1991 võeti vastu EMLi põhikiri, valiti 5-liikmeline juhatus ja selle esimees (kelleks sai Eesti Talleksi tolaaegne direktor Paul Treier). Samuti kinnitati liikmemaksumäärad 1991.-1992. aastaks (sisseastumismaks 10 000 rbl, liikmemaks suurtele ettevõtetele 10 000 rbl, alla 750 töötajaga ettevõttele 5000 rbl).

Põhikirjast tulenevalt on EML Eesti masina-, metalli- ja aparaaditööstuse arendamise ja selle ettevõtete ühiseid huve esindav organisatsioon, keühendab põhilise osa tööstusharu tootmispotentsiaalset. 2018. a kinnitatud põhikirja kohaselt tegutsel EML järgmistes tegevusvaldkondades:

- 1) Masinatööstuse ja selle tootmisalade strateegiliste arengukavade koostamine ja elluviimine;
- 2) Välissidemete ja väliskaubanduse arendamine tööstusharus;

- 3) Sise- ja välisturu konjunkturi väljaselgitamine ja Liidu ettevõtete toodete turuvõimaluste laiendamine;
- 4) Tootmis-, arendus- ja turundustegevuses koostöö ja integratsiooni süvendamine tööstusharusiseselt, teiste tööstusharudega ja teadus-arendusasutustega;
- 5) Töökeskonna, töökorralduse ja töösuhete arendamine ettevõtetes;
- 6) Majandus- ja erialase informatsiooni kogunemine ja vahendamine liikmesettevõtetele ja valitsusasutustele.

Alates 1995. a oli EML üks võimsamaid erialaliite Eestis. EMLi arenguid iseloomustab allpooltoodud Tabel 1.

Tabel 1. EMLi liikmesettevõtete ja nende töötajate arv

Aasta	Liikmesettevõtteid	Töötajate arv neis
1991 IV	17	18400
1994	58	11200
1997	83	9000
2000	89	8200
2005	102	7710

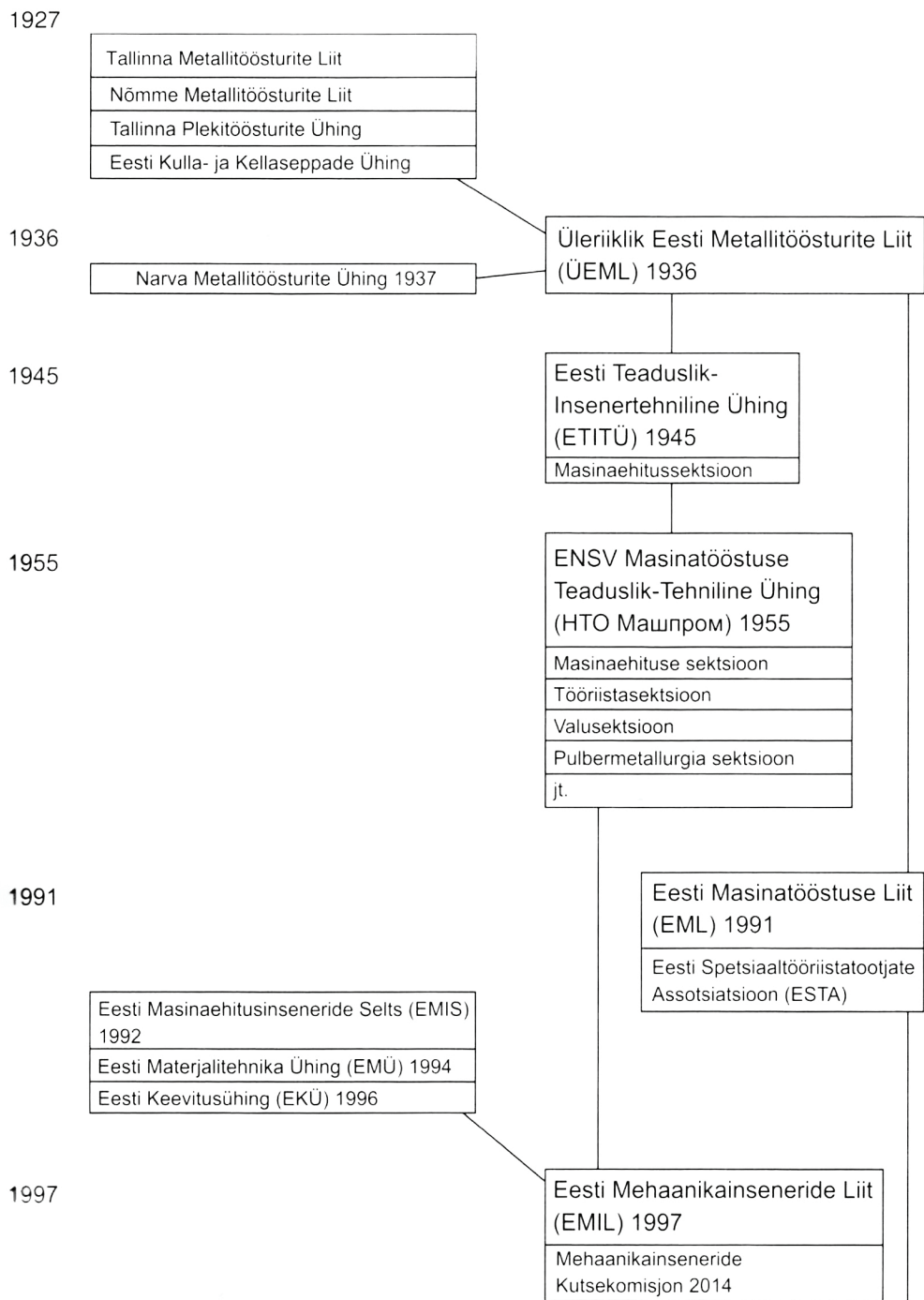
Nagu nähtub Tabelist 1, kasvas küll liikmesorganisatsioonide arv, vähenes aga töötajate arv neis.

Aastatel 2007-2016 leidis aset mitmeid EMLi juhtide vahetusi, vähenes liikmesorganisatsioonide arv koos mõningase järjepidevuse kadumisega. 2007/2008 a majandustõusule järgnev langus 2009. a ja sellele järgnenud taastumine 2010/2011 a kajastus otseselt müügitulus ja ekspordis.

Tabel 2. Eesti masina- ja metallitööstuse taastumine 2009-2015, mln eurot

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Müügitulu	1028	1640	2129	2120	2280	2355	2175
Eksport (metallid ja -tooted)	505	690	790	760	790	873	844

Eelpooltoodule lähedased olid ka EMLi liikmesorganisatsioonide müügitulu ja ekspordi kasvumäärad (2011. a vastavalt 140 ja 143 % võrreldes 2010. aastaga)



Masinatööstuse erialaliitude kujunemine Eestis

EESTI MASINATÖÖSTUSE LIIT 2021

Triin Ploompuu

Eesti Masinatööstuse Liit MTÜ (EML) on erialaliit, mis ühendab täna ca 134 liikmesorganisatsiooni ja kelle ühine huvi on edendada Eestis inseneeriat ja masina- ja metallitööstust. Liikmeskonda kuuluvad kõik, kes soovivad vabatahtlikkuse alusel panustada Eesti suurima tööstussektori arendamisse – tootjad, inseneribürood, müügiettevõtted, teenusepakkujad, aga ka kõrg- ja kutsekoolid.

1936 ja 1991

Isegi Eestimaal on juba ammu aru saadud, et ühiste huvide eest seismisel ja eesmärkide saavutamisel on tark professionaalses võtmes mõttes koonduda, sest kõik saavad panustada, osaleda ja võimalusel koostööst otsest kasu või ootused selgemaks arutatud. Masinatööstuse Liitu võib pidada Eesti kõige vanemaks sektori katusorganisatsiooniks, sest oma eelkäijaks peame 28.04.36 asutatud Üleriiklikku Eesti Metallitöösturite Liitu (vt skeemi eespool).

Aastal 1991 tegi tollase suurtööstuse Eesti Talleks juht Paul Treier ettepaneku taasasutada EML. Peale taasiseseisvumist puudusid ekspordi-, turundus- ja müügikontaktid välismaailmaga, internetti ju veel ei olnud. Ettevõtted alustasid peale vara erastamist organisatsioonide ülesehitamist ju kohati täiesti nullist. Kuna metallitööstus on Eestis alati tugev olnud, siis oli ka 90-ndate algusaastail liikmeskond ca 100 ringis. Siiani meenutatakse esimesi suuri projekte, kus koonduti ühise laua taha, et arutada, kes mida teeb ja millise hinnaga? Tänaustes tingimustes, kus sellisel viisil toimimist võiks nimetada kartelli kokkuleppeks, ei tule selline ärikultuur kindlasti enam kõne alla. Sel ajal võeti väga palju eeskuju põhjanaabritelt Soomest, seetõttu 1991. a kinnitatud mittetulundusühingu põhikirigi oligi üks ühele üle võetud sarnaselt organisatsioonilt. Tohtu töö osas Eestis masinatööstuse arendamisel, EMLi kui võrgustiku loomise ja hoidmise osas on teinud pikaajaline tegevjuht hr Aleksei Hõbemägi, kes rääkis väga mitmeid keeli ja kes suutis hoida rahvusvahelistel messidel Eesti lippu kõrgel olla.

Positiivsed muutused

Viimase viie aasta jooksul on EMLi tabanud väga kiire kasv, liikmeskond on kasvanud 28-lt 134-le. Meie liikmeskonnas on Eesti olulisemad masina- ja metallitööstusettevõtted – BLRT, Hekotek, Fortaco Estonia, HANZA Mechanics, Harju Elekter, Saku Metall Allhanketehas, Estanc, Radius Maching jt. Kui varasemalt oli küsimus identiteedis – kas liikmeskonnas peaks olema vaid tööstusettevõtted või ka kõik teised, kes soovivad panustada? Kasv tekkiski sellest, et kutsusime ja lubasime liikmeskonda kõik need, kes igapäevaselt küll ei tooda, aga kellele on sektori edasiminekuks võtmetähtsusega. Ka lihtsustas EMLi tööd organisatsiooni ümberstruktureerimine. Põhikiri, mis oli ajale jalgu jäänud sai lõpuks 2018. a uuendatud. Kui seni olid juhatustes liikmesorganisatsioonide juhid, keda oli keeruline tabada ja tööd organiseerida, siis uue põhikirja järgi on juhatuses tegevjuht või juhatuse, kes vastutavad organisatsiooni igapäevase toimimise eest. Senine juhatuse astus Nõukogu staatusesse, kes käib küll regulaarselt koos ja kelle funktsioon on olla nõuandev. Ka muutus lihtsamaks iga-aastane seadusega ette nähtud üldkogu läbi viimine, sest enam polnud vaja 2/3 liikmeskonna juriidilist nõusolekut igale otsusele (majandusaasta aruande esitamine vsm). Kokkuvõttes muutus MTÜ tegevus oluliselt efektiivsemaks ning võideti aega sisulisteks küsimusteks ja teisteks põhitegevusteks.

Peamised tegevussuunad

Keskendume igapäevaselt kolmele masina- ja metallitööstust mõjutavale teemale: a) noored ja sektori järelkasv; b) lobby töö ja avalikustamine (*publishing*); c) äriarendus.

2019. a saime taaskord tunnustatud kutseandjaks, mis tähendab, et korraldame kutseksamite läbiviimist 8 kutsekoolis kõikidel meie valdkonna kutseõppe erialadel – CNC operaatorid, painutuspingi operaatorid, keevitamine, aga ka mehhatroonikud ja robotioperaatorid. Ka osalevad EMLi esindajad kutsekoolide Nõunike Kogude töös, õppekavade programminõukogudes jne. Lisaks viime praktikuid õppeasutustesse loenguid pidama ja oleme korraldanud ka tehasekülastusi õpilastele või tudengitele. Proovime noortele selgitada, et inseneeria ja tööstus võiks nende jaoks olla vägagi atraktiivne karjäärivalik.

Lobby töö eesmärk on vahendada infot masina- ja metallitööstuse ja avaliku sektori vahel. Oleme kaasa rääkinud erinevate meetmete kujundamisel või edastanud poliitikasoovitusi. Masinatööstuse huvidega saab avalik sektor arvestada ainult siis kui oleme ise tugevad koostööpartnerid ja valmis ise panustama ja kaasa mõtlema. Nn avalikustamise (*publishing*) huvi on harida ühiskonda masinatööstuse ja sellega seonduvast lisandväärtuse vajalikkusest Eesti majanduses. Masinatööstus on Eestis küll kõige suurema osakaaluga töötleva tööstuse sektor, kuid suutnud end seni hästi varjata. Kogu Euroopas on metallivaldkond tuntud kui “nähtamatu” sektor, me näeme neid tooteid küll igapäevaselt, aga ei tunne huvi kes need on valmistanud ja kuidas need on toodetud? Proovime rohkem kommunikeerida meie põnevaid edu-

lugusid ja kõrgtehnoloogilisi ettevõtteid ja tooteid, et harida ühiskonda, sh otsustajaid ja noored teaksid oma tuleviku suhtes teha tarku otsuseid teha. Näiteks üks käimasolev projekt on koostöös EASiga, kus proovime Eesti masinatööstust turundada Saksamaa meedias.

Äriarendus on kindlasti kõige olulisem ja kasulikum valdkond liikmeskonnale – vahendame päringuid ja aitame leida allhankijaid, viime ettevõtteid ja vajalikke eksperte omavahel kokku. Korraldame temaatilisi seminare ja koolitusi. Käime rahvusvahelistel messidel Eesti ühisstendide ja külalistustega (Hannover, Alihankinta, TechIndustry vms). Igapäevane sisuline töö ja ühised eesmärgid liidavad ning aitavad sektori ettevõtetel ja nende ökosüsteemis olevate organisatsioonidega professionaalsete teadmistega edasi liikuda. Äärmiselt oluline on kommunikatsiooni osatähtsus sektori mainekujunduses.

Rahvusvahelistumine

Eesti masina- ja metallitööstuse toodangust ca 80-90 % läheb ekspordile, sõltume otseselt maailma majandusest ja sihtturgude arengutest. Eestil on äärmiselt oluline hoida end konkurentsivõime säilitamiseks pidevalt “pildis”, rahvusvahelistes projektides või võrgustikes.

Eesti Masinatööstuse Liit on osalenud või osaleb projektides:

1) **4CHANGE** – *Empowering metalworkers for smart factories of the future*

Projekti kestvus: 2016–2019

Peamine eesmärk: standardida metallisektori kutseõppe õppekavad, luues isekohanduv tööõhine õppesüsteem. Lisaks suurendada koostööd metalliettevõtete ning kutseõppeasutuste ja õpilastega. Pakkudes rohkem praktikavõimalusi arendamiseks õppurite digitaalseid oskusi. Suurendades õpilaste motivatsiooni ja seotust metallitöö valdkonnaga laiemalt. Projekti koordinaatoriks oli Leedu Masinatööstuse Liit (LINPRA) ning kokku 11 partnerit Leedust, Saksamaalt, Lätist ja Eestist.

Projekti rahastaja: Erasmus+

2) **CLUSME** – *Chances and challenges of cluster-based marketing in mechatronics*

Projekti kestvus: 2015–2018

Projekti põhieesmärgid: kasvatada Eesti ja Soome masinatööstuse ja mehhatroonika valdkondade konkurentsivõimet, luues eeltingimused edukaks ekspordiks uutele turgudele väljaspool ELi ning seeläbi aidata kaasa riikide ekspordivõimekuse kasvule tervikuna. Projekt aitab kaasa Kesk-Läänemere piirkonna klastritevahelise koostöö arendamisele, et läbi teadmiste ja kogemuste koondamise luua ühtne strateegia ja eeltingimused masinatööstuse ja mehhatroonika valdkonna ettevõtete turundustegevusteks uutele sihtturgudele laienemisel.

CLUSME projekti raames arendatakse Kesk-Läänemere piirkonna klastrite koostööd, et aidata kaasa masinatööstuse ja mehhatroonika valdkondade ettevõtete

ekspordivõimekuse kasvatamisele. Eesmärgiks on luua kontakte ja sidemeid ning arendada tooteid ja tegevusi, mis aitaksid kaasa Eesti ja Soome ettevõtete laiendamisele valitud sihtturgudel väljaspool Euroopat (Gruusias, LAVis, Mehhikos, Austraalias, Usbekistanis). Projekti juhtpartneriks on IMECC ning partneriteks Eestist MTÜ Mehhatroonika Assotsiatsioon ja Eesti Masinatööstuse Liit ning Soomest Innovaatio Oy Uusi Tehdas ja Konetehnologiakeskus Turku Oy.

Projekti CLUSME finantseeritakse Euroopa Regionaalarengu Fondi Kesk-Lääne-mere programmi 2014-2020 toel.

3) **Lab4Stem** – *Mobile laboratories for improvement of STEM knowledge*

Kestvus: 2020–2022

Projekti juhtpartner on Läti Masinatööstuse Liit (MASOC), projektipartneriteks on Eestist EML ja Merkuur OÜ, Leedust LINPRA ja VJDRMC (*Viesoji Istaiga Vilniaus Jeruzales Darbo Rinkos Mokymo Centras*), Lätist lisaks ka Tehnobuss Latvia.

Projekti peamised eesmärgid on: 1) STEM – õppe (teadus, tehnoloogia, inseneeria, matemaatika) populariseerimine õpilastele atraktiivsel viisil; 2) Õpetajate tugevam toetamine interaktiivsete ja digitaalsete koolitusmaterjalide kaudu STEM-i kohta; 3) Sektori ettevõtete kaasamise tugevdamine haridusprotsessis.

Projekti peamised tegevused ja oodatavad tulemused on:

Kõigile kättesaadavad interaktiivsed digitaalsed koolitusmaterjalid STEM-i kohta õpilastele; Õpetaja käsiraamat toetamiseks interaktiivsete digitaalsete õppematerjalide kasutamist; Juhised sektori esindajatele STEM-teadmiste täiendamiseks ja õpilaste toetamiseks; 3 interaktiivsete digitaalsete koolitusmaterjalide tutvustamise ja populariseerimisega seotud üritust (vähemalt 100 õpilase osalemine iga riigi pilootkoolitustel; õpilaste riiklik võistlus koolitusmaterjalide täiustamiseks); teavitus (3 projekti lõppsündmust, vähemalt 5 meediaga seotud artiklit).

Projekti rahastaja: ERASMUS+

Projektides partnerina osalus on andnud võimaluse võimendada ja arendada EU rahastuse toel sektori jaoks olulisi teemasid rahvusvahelises vaates. Masina- ja metallitööstuse edendamine ja tutvustamine on probleemiks ka teisteski riikides.

Väljakutsetest

Kui rääkida majanduses tööstuse kasvupotentsiaalset ja lisandväärtuse kasvatamisest, siis kindlasti peaks täna keskenduma inseneeriale, tootearendusele ja brändide loomisele. Aga ka rohemajanduse suundadega kaasaliikumisele. Selleks peame toime tulema oskustööjõu kriisi ja kutseõppe edendamisega, investeringutega robotitesse ja digitaliseerimisega seotud lahendustesse ning proovima hoogustada ka teadus-arendustööd ettevõtete ja kõrgkoolide vahel. Koroona pandeemia aasta 2020 on esile kutsunud päris mitmeid positiivseid muutusi (tootmise efektiivsuse tõus, fookus oskuste arendamisel ja omatoodete loomisel), aga kindlasti sõltume oma eksporditurgudel toimuvast. Ei tohiks ära unustada, et 70 % ekspordist tuleb tööstu-

sest. Ekspordimahtude kasvatamine saab olema tõsiseks väljakutseks, millesse täna panustada.

Eesti Masinatööstuse Liidu Nõukogu koosseis 2020 – 2022

- Aet Sooääre, Intar MW
- Emöke Sogenbits, HANZA Mechanics Tartu AS
- Frid Kaljas, Festo OY AB Eesti filiaal
- Heikki Mäki, Finesta Baltic OÜ
- Kristi Tõlp, Electromatix OÜ
- Kristo Karjust, Tallinna Tehnikaülikool, mehaanika ja tööstustehnika instituut
- Kristo Vaher, Tallinna Tehnikakõrgkool
- Oliver Mets, Insero OÜ
- Priit Lind, BLRT Masinaehituse OÜ
- Rain Johanson, Eesti Kraanavabrik OÜ
- Tõnu Lelumees, teadus- ja arenduskeskus IMECC, esimees
- Veljo Konnimois, Radius Machining

Eesti Masinatööstuse Liidus töötavad täna: Triin Ploompuu – tegevjuht, Tõnu Lelumees – teadus- ja arendusnõunik, Alexandra Lumiste – assistent.



Eesti Masinatööstuse Liidu juhatuse koosseis 2018–2020

- Emöke Sogenbits, HANZA Mechanics OÜ
- Heikki Mäki, Finesta Baltic OÜ
- Marek Pakkin, Tallinna Tehnikakõrgkool
- Marti Jeltsov, Estlow Consulting OÜ
- Kristi Tõlp, Electromatix OÜ
- Kristo Karjust, Tallinna Tehnikaülikool, mehaanika ja tööstustehnika instituut

- Kristo Kaugija, Raasiku Elekter AS
- Oliver Mets, Insero OÜ
- Priit Lind, BLRT Masinaehituse OÜ
- Tõnis Raamets, Silwi Autoehituse OÜ
- Tõnu Lelumees, teadus- ja arenduskeskus IMECC, esimees
- Veljo Konnimois, Radius Machining

Eesti Masinatööstuse Liidu juhatus 2016–2018

- Hendrik Ross, Aramet OÜ
- Indrek Rohtma, Vondarson OÜ
- Joosep Mäe, Custom Metal OÜ
- Kristo Karjust, Tallinna Tehnikaülikool
- Marek Pakkin, Tallinna Tehnikakõrgkool
- Paul Alekand, Tallinna Tööstushariduskeskus
- Priit Lind, BLRT Masinaehituse OÜ
- Tõnis Raamets, Silwi Autoehitus AS
- Tõnu Lelumees, teadus- ja arenduskeskus IMECC

Eraldi suur tänu eelmisele tegevjuhile Kristjan Kõrgesaarele!

TÖÖSTUS 4.0

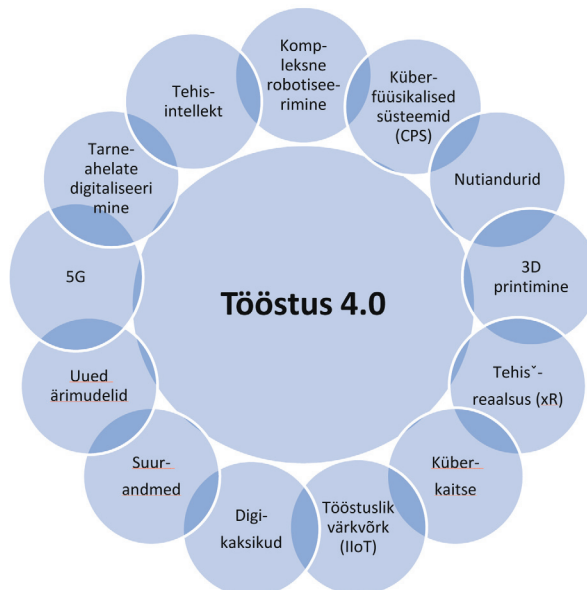
Tauno Otto

Tööstus 4.0 lühiülevaade

Tööstus 4.0-st on kujunenud sünonüüm tööstuse digitaliseerimisele. Ajalooliselt eristatakse tööstusrevolutsioone järgmiselt:

- Tööstus 1.0 – aurumasinate kasutuselevõtt, manufaktuuride teke
- Tööstus 2.0 – elektrimasinate kasutuselevõtt, masstootmise teke
- Tööstus 3.0 – arvjuhtimise kasutuselevõtt, programmeeritavate loogikakontrolle-rite kasutuselevõtt, robot- ja paindootmise teke
- Tööstus 4.0 – pilveteenuste kasutuselevõtt, masinatevahelise pilvepõhise suhtluse ja suurandmete kogumise teke, küber-füüsikaliste süsteemide (CPS) areng.

Tööstus 4.0 tehnoloogiad, mida seostatakse Tööstus 4.0, on toodud Joonisel 1.



Joonis 1. Tehnoloogiad, mida seostatakse Tööstus 4.0-ga

Ettevõtte vaates on Tööstus 4.0 kolm võrdselt olulist aspekti:

- Digitaliseerimine – pilveteenused, IT arenduste kaudu andmete kogumine, analüüs ja tootmise tulemuslikum juhtimine; tehnoloogiseadmetest digikaksikute loomine
- Nutikad masinad – tehnologiaseadmete (tööpingid, robotid, laosüsteemid) varustamine nutianduritega ja ajamitega, mis võimaldavad kiiret andmevahetust ja reaajas juhtimist, samuti koostööd inimestega (koostöörrobotid, isejuhtivad sõidukid)
- Uued ärimudelid – et firma oleks stabiilselt edukas peaks ta omama müügi-kanaleid ca 30 riigis; tavamüügiesinduste avamine on kulukas, kuid e-poodide ja e-teenuste kaudu on võimalik turgu laiendada. Digitaliseerimine algab ettevõtte juhtimisest – et panustatakse teadlikult e-ärile, selle võimaldamiseks omakorda toetatakse reaajas tootmis- ja müügiandmetele

Olulisemad vead, mida ettevõtted teevad:

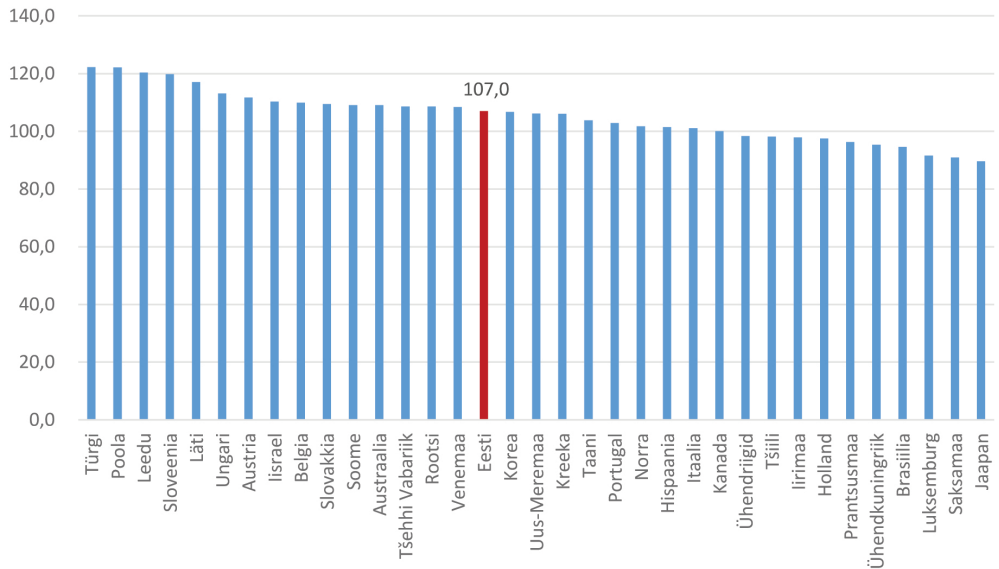
- Digitaliseerimisel piirduakse tarkvaraarendusega, näiteks võetakse kasutusele ettevõtte ressursiplaneerimissüsteem (ERP), kuid tootmisseadmetega reaajas infovahetust või ärimudeleid ei uuendata
- Investeeritakse üksikutesse tootmisseadmetesse, eeldades näiteks, et üks robot asendab viie inimese tööd, kuid tehnoloogiline protsess ja ärimudel jäetakse muutmata. Tulemuseks on seade, mis tooteportfelli või turunõudluse muutumisel jääb kasutamata
- Nähakse juhtkonna tasemel ette digitaliseerimist, kuid ei plaanita pikemas perspektiivis uute turgude hõivamist ja piiriüleste e-teenuste pakkumist

Tööstus 4.0 arengud maailmas

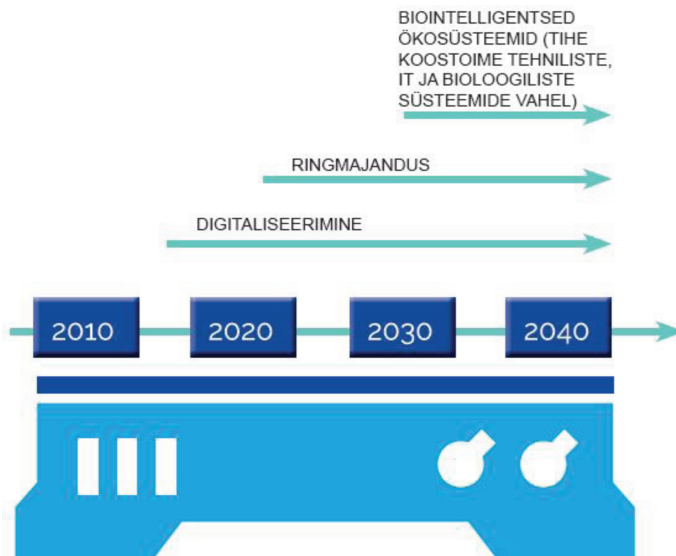
Majanduskoostöö ja Arengu Organisatsiooni (OECD) tootmisindeksi (MEI) järgi oli Eesti tööstus 2020. a 3. kvartalis kasvutempolt maailmas 16. kohal – võrreldes 2015. aastaga on meie tootmine kasvanud vaatamata koroonaperioodile (vt Joonis 2). NB! OECD ei kajasta oma statistikas Hiina RV-d, kus ettevõtetest andmete kogumise ja analüüsi meetodid ei vasta rahvusvaheliselt tunnustatud nõuetele.

Euroopa Liidus on tööstuse arengu plaanamiseks loodud ManuFuture tehnoloogia-platvormi visioon 2030 (<http://www.manufuture.org/strategic-research-agenda/vision-2030/>), mis näeb ette sammud Euroopa juhtrolli säilitamiseks tootmises. Selle visiooni väljatöötamisel oli oma roll ka Eestil, kus Tallinna Tehnikaülikoolis toimus 2017 EL aastakonverents Manufuture2017 (<http://manufuture2017.eu/>). ManuFuture visiooni kohaselt oleme praegu tööstuse digitaliseerimise ja rohepöörde perioodis, millele aga kümne aasta perspektiivis järgneb nn biointelligentsete ökosüsteemide periood (vt Joonis 3).

Q3-2020



Joonis 2. Eesti toodab rohkem kui varem. OECD tootmisindeks (MEI) 2020 III kvartali tulemused. Allikas: <http://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=90#>



Joonis 3. ManuFuture visioon 2030 tööstuse arengulainetest. Allikas: <http://www.manufuture.org/strategic-research-agenda/vision-2030/>.

Tööstus 4.0 programmid Euroopas ajendasid ka Hiina RV looma oma strateegia „*Made in China 2025*“, mis näeb ette Hiina kujunemise juhtivaks maailmas tööstusmaaks aastaks 2049 läbi uute tehnoloogiate arendamise. USA-s on loodud 14 juhtiva uurimisinstituudi võrgustik „Manufacturing USA“ (<https://www.manufacturingusa.com/>), mis keskendub tööstusinnovatsioonile ja koostöö arendamisele digitaalse tootmise, kihtlisandustehnoloogiate, robotika, küberturvalisuse, komposiitmaterjalide jms fookusteemadel.

Fookuse seadmiseks moodustas Euroopa komisjon 2018. a nn üleeuroopalist huvi pakkuvate tähtsate projektide strateegilise foorumi (IPCEI), kus liikmesriikide poolt lepiti kokku need tehnoloogiad, millede väärtusahelate arendamine on tööstuse konkurentsivõime edendamiseks oluline. Varasematele tehnoloogiatele (mikroelektronika, patareid, kõrgjõudlusega andmetöötlus) lisandusid:

- küberturvalisus,
- tark tervis,
- keskkonnasõbralikud ja isejuhtivad sõidukid,
- tööstuslik asjade internet (värkvõrk, nutistu, IoT)),
- vesinikutehnoloogiad ja -süsteemid,
- madalsüsinikutehnoloogiad.

Ühiseks nimetajaks nende väärtusahelates oli andmete vabast liikumisest läbi väärtusahela tõusev tulu.

Eestis alustati riiklikult tööstuspoliitika nn „roheline raamatu“ loomist 2015. a, mil tööstuse digitaliseerimine polnud veel riiklikul tasemel päevakorral, ning dokumendi valmides 2017. a oli see juba moraalselt vananenud (https://www.koda.ee/sites/default/files/content-type/content/2018-01/toostuspoliitika_roheline_raamat.pdf). Ühiskondlikult hakati Saksamaa LV Suursaatkonna, erialaliitude ja TTÜ algatusel 2015 korraldama tööstuse digitaliseerimise konverentsi „Tööstus 4.0 praktikas“ (<https://industry40.ee/>) mis on iga-aastaselt muutunud järjepidevaks traditsiooniks.

Euroopa Komisjoni digitaalmajanduse ja -ühiskonna ehk DESI indeksi kohaselt on Eesti eesrindlik e-riigi arenduses, kuid digitehnoloogiate integratsiooni osas olnud pikalt sabassõrkija. Digitehnoloogiate integratsiooni indeks näitab ära digitaliseerimise mõju majandusele ja ettevõtete äri tulemuslikkusele. Viimastel aastatel on areng olnud aga kiirem, kui veel 2015. a olime selle näitaja osas EL-s 23. kohal, siis 2020. a oleme jõudnud 14. kohale (<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-economy-and-society-index-desi>).

2017. a loodi valitsuse määrusega „Nutika tootmise tuumiktaristu“ (SmartIC), et koondada nutika tootmise teadus- ja arendustegevuse hajustruktuurid mehaanika, masinaehituse, automaatika, mehhatroonika, materjaliteaduse ja -tehnoloogia ning infotehnoloogia vallas. Tegu on nn hajusa üksusega, et koostöö ja turunduse ning ühtselt määratletud teenuste kaudu suurendada märkimisväärselt nutika tootmise valdkonna teadustööd ja infrastruktuuride ristikasutamist nii Eestis (ülikoolid ja koostööpartnerid) kui ka rahvusvaheliselt (T&A koostööprojektid, rakendusuuringud rahvusvaheliste ettevõtete ja nt lennunduse, autotööstuse, laevanduse jm vallas).

SmartIC (<http://smartic.ee/>) on alates 2019. a kantud teaduse teekaardi objektide nimekirja. Aastani 2025 kokkulepitud strateegias keskendutakse fookustele:

- keeruliste prototüüpide ettevalmistamine, valmistamine ja kvaliteedikontroll,
- digitaalsete kaksikute arendamine, VR & AR tehnoloogiate rakendamine,
- tööstusrobotika,
- isejuhtivad sõidukid tootmise logistikas,
- ennetav hooldus ja nutika tootmise optimeerimine,
- turvaline ja jätkusuutlik energiavarustus nutikale tootmisele.

Nii võimaldab digikaksikute loomine tootmisprotsessi virtualiseerida, programme simulatsioonis tootmist katkestamata testida, töötajate väljaõpet kiirendada ning kogu tootmisinfot vajadusel arvuti, virtuaalreaalsuse või nutitahvli kaudu distantsilt kuvada ja juhtida (vt Joonis 4).

Eestis on Tööstus 4.0 temaatikat toetatud SA Archimedes nn „nutika spetsialiseerumise rakendusüuringute“ meetme, ning mitmete EAS digidiagnostika ja digitoetuste programmidega. 2021. a on Euroopa Liidu ja MKM toel loomisel Eestisse ka Euroopa digiinnovatsioonikeskus (DIH), mis läbi robotika ja tehisintellekti arenduste ettevõtete Tööstus 4.0 võimekust aitab suurendada. Selliseid DIH-e luuakse EL algatusel kõikidesse EL liikmesriikidesse.

Digitaliseerimise ja rohepöörde koosarendamist ehk kaksikpöoret plaanitakse Eestis nn Õiglase Ülemineku Fondi (ÕÜF) toetusel, mis on suunatud Ida-Virumaa tööstussektorile. ÕÜF eesmärgiks on piirkonnas üle minna süsinikuneutraalsele majandusele, luua selleks läbi digitaliseerimise uusi ärivõimalusi, ning kokkuvõttes tagada



Joonis 4. Robotika ja painedtootmise demokeskuses loodud digikaksikute juhtimine nutiseadmelt: ekraanipildid seadmete valiku, tootmise reaaltajalise üldplaani, ja TTÜ-s arendatud autonoomse robotplatvormi „BoxBot“ digikaksiku juhtimisvaates.

elanike heaolu säilimine. Suurte muutuste üheks aluseks on alati ümberõppe- ja koolitusvõimekus, ning Virumaa Kolledžis käivitatud „Telemaatika ja arukate süsteemide“ õppekava ning seda toetav digitaliseerimise ja tööstusrobotika kompetentsikeskus on siin olulised võimaldajad.

Tööstuses võimaldab „neljas tööstusrevolutsioon“ tootmisressursse nutikamalt kasutada ja juhtida, seeläbi äripotentsiaali ja tootlikkust paremini. Euroopa on olnud maailmas tootmise esirinnas, ja rõhuasetus nutikale tootmisele võimaldab seda positsiooni kinnistada – Aasia odavtöötajõumaades suudetakse Euroopas väljatöötatud turule tulevaid tooteid kiiresti kopeerida, kuid nutiseadmete ja pilveteenuste puhul pole see enam nii lihtsalt tehtav. Teaduse mõttes tähendab Tööstus 4.0 rakendamine ka seda, et pole tingimata vaja kallite seadmetega laboreid dubleerida, vaid kasutades ja arendades digivahendeid saab miljoneid maksvaid seadmeid ka digitaalsete kaksikutena kaugkasutada. Hariduses tähendab Tööstus 4.0 kasvavat nõudlust inšeneri- ja IT-oskuste, samuti ka e-ettevõtluse ja uute ärimudelite alaste teadmiste järele. Tööhõives suureneb tootlikkuse kasvuga kõrgemapalgaliste spetsialistide osakaal ning nõudlus nende järele kasvab.

Akadeemilistes ringkondades arutletakse juba järgmise tööstusrevolutsiooni ehk Tööstus 5.0 teemadel. Eeldatavalt on see seotud inimese rolli muutumisega – tehnoloogia areng võimaldab inimest integreerida tooteloome- ja tootmisprotsessi, jälgida ja kohandada tootmist vastavalt individuaalsetele parameetritele, ja toota individualiseeritud tooteid ning pakkuda teenuseid iga kliendi personaalseid vajadusi ja parameetreid arvestades.

INSENERIAKADEEMIA ELLUKUTSUMISE VAJADUSEST – NUTIKALE EESTILE ANNAVAD SISU INSENERID

Renno Veinthal

Eesti töötlevas tööstuses on hõivatud enam kui 120 000 inimest ja tööstusettevõtete toodetud väärtus moodustab 75 % Eesti eksporditulust. Tööjõu tootlikkuses oleme jõudnud 78 %-ni Euroopa Liidu keskmisest, kuid eesmärgiks seatud 80 % on jäänud kättesaamatuks.¹ Murettekitav on, et tööjõu tootlikkuse kasv on juba pikemat aega tagasihoidlik. Seda enam tuleb tunnustada järgmiseks Eesti teadus- ja arendustegevuse, innovatsiooni ning ettevõtluse (TAIE) arengukava 2021–2035 perioodiks seatud ambitsioonikat eesmärki saavutada 15 aasta jooksul 110 % tööjõu nominaalne tootlikkus Euroopa Liidu (EL-27) keskmisega võrreldes.

Mis on kasvu allikaks?

Meie, eestlased, armastame endast mõelda kui nutikast rahvast, kes suudab püstitatud eesmärged saavutada nappidest ressurssidest hoolimata. Sellele toetuvalt on väljendatud ootust, et inimtekkelist kliimamuutust ohjata püüdvad üleilmsed algatused (pean silmas eelkõige nn rohepööret ja ringmajanduse põhimõtete tegelikkude laialdast rakendamist) võiksid pakkuda meile kasvuvõimalusi kiiresti muutuvast turuolukorras. Juba tosin aastat tagasi sedastas Arengufondi seireuuring, et läbilöögi- ja kasvuvõimalusi ei tasu otsida sektorite ja tööstusharude tasandil. Globaliseerumise tulemusena on määrav hoopis tööstusharude sees toimuv ning lahendusi tuleb otsida, pürgides järjekindlalt väärtusahelates tulusamate tegevuste suunas. Selle tee kaugem ja tulusam ots on omatoodete väljaarendamine ja disain. Eesmärgina sõnastatud „tulevikusihhi miinimumiks võiks olla rahvusvahelistes väärtusahelates tehnoloogiapartneriks saamine, kes võtab tervikuna enda kanda lahenduste ideest tooteks arendamise ja valmistamise teatud tehnoloogia hea tundmise ja kasutusoskuse põhjal“ pole oma tähendust tänagi minetanud. Toimivad strateegiad on väärtusahe-

¹ <https://www.hm.ee/et/TAIE-2035>

las edasi pürgimine, samuti lõppkliendile lähemale, kaubamärgi loomise, hoidmise ja arendamise poole liikumine, mis on olnud paljude Eesti ettevõtete konkurentsivõime ja laiemalt kogu Eesti töötleva tööstuse edenemise taga. Need on teataval arenguetapil kindlasti omal kohal, kuid need üksi ei muuda konkurentsivõimet sarnaste arenguambitsioonidega riikidega võrreldes. Uusi tehnoloogiaid peab looma ja arendama ja seeläbi saama mingite tehnoloogiate omanikuks. Just läbi loomisprotsessi arenetakse ja suudetakse selle tulemusena pakkuda keerukamaid tooteid ja teenuseid.

Kes peaks selle väljakutsega tegelema?

Tehnoloogiate väljaarendus ja kasutuselevõtt on üldreeglina pikk ja erinevaid ressursse nõudev ettevõtmine. Kriitilise tähtsusega on sobivate oskuste ja hoiakutega inimeste olemasolu. Rääkides uute tehnoloogiate väljatöötamisest peame silmas pidama temaatiliselt seotud teadus- ja arendustegevuse potentsiaali ja eelkõige arvestama sobivate oskustega inseneride ja arendusspetsialistide olemasoluga.

Tänuväärsetel viisil pakub OSKA (tööjõuvajaduse seire ja prognoosisüsteem) uuring^{II} „Eesti tööturg täna ja homme 2019-2027“ metoodiliselt läbimõeldud ja detailse sissevaate Eesti tööturu olukorrast, tööjõuvajadusest ning sellest tulenevast koolitusvajadusest. Sõltuvalt valdkonnast tuntakse puudust kümnetest, aga mõnedel aladel koguni sadadest inseneridest ja tippspetsialistidest. Uuringuaruande läbivaks teemaks on kõigi tootmissektorite automatiseerimise ja digitaliseerimise tähtsuse suurendamine. Nende väljakutsete lahendamine saab toimuda ainult piisava hulga sobivate oskustega inseneride abil. Eriti asjakohane on siinkohal mõelda väljakutsetele, millega peame tegelema eelseisvail aastail Ida-Virumaal nn „õiglase ülemineku“ raames. Lühikese ajaga peaksime suutma käivitada uusi ettevõtteid, mis saaksid (senisega võrreldes eeldatavalt suuremat lisaväärtust loovatel töökohtadel) pakkuda tööd paljudele seni põlevkivitööstuses hõivatud inimestele.

Aeg on ellu kutsuda Inseneriakadeemia

Inseneride nappust ja olemasolevate inseneride oskuste kaasajastamist saab sihisatult arendada, kui me seda vajadust endale tunnistame. Kaheksa aastat tagasi ellu kutsutud IT Akadeemia on eeskju vääriv edulugu. IT akadeemia suutis õppurite, ülikoolide ja rakenduskõrgkoolide valikuid mõjutada, suunata ja toetada läbi õppeprogrammide arendamise, sihtstipendiumite, populariseerimise, teadusvõimekuse kasvatamise. Üldiste haridussüsteemi mõjutavate demograafiliste suundumuste foonil on IKT valdkonna õppurite ja lõpetajate arv järjepidevalt kasvanud. Seega on riik arenguprobleemile adekvaatselt reageerinud. Kuigi ka IKT valdkonnas on jätkuvalt lahendamist vajavaid probleeme piisavalt, oli 2012. a IT akadeemia ellukutsumi-

^{II} Eesti tööturg täna ja homme 2019-2027

ne oluline samm, mis aitab (ja aitab jätkuvalt) kaasa IT sektori ja muude valdkondade ning kogu Eesti konkurentsivõime kasvule. Samas on ilmne, et IT Akadeemia seni suund peamiselt tarkvarapõhiste võimekuste arendamiseks jääb kitsaks. Eesti tööstus vajab inseneri, kes oma erialase inseneripädevuse kõrval valdaks kitsamaid ja laiemaid digipädevusi. Uued nutikad ja tehnoloogiamahukad „käega katsutavad“ asjad kavandatakse, arendatakse, testitakse ja viiakse tootmisse mitte pelgalt IT oskuste, vaid valdkonnaspetsiifiliste inseneriteadmiste abil.

Seepärast peaksimegi tõsiselt kaaluma IT akadeemia sõsara – Inseneriakadeemia käivitamisele. **Inseneriakadeemia kandev idee peaks panustama fokuseeritud erinevate inseneerialade erialaste, interdistsiplinaarsete, juhtimisalaste kompetentside ja pädevuste kasvatamise.** Selle algatuse käivitamiseks on vaja paljude osapoolte koordineeritud tegutsemist ja ühist head tahet. Kindlasti ei piisa ainult haridus- ja teadusministeeriumi ning majandusministeeriumi tunnetatud vajadusest ja tahtest. Kaasatud peavad olema tööandjate esindusorganisatsioonid, kõrgkoolid ja erialaliidud ja -selsid. Peame julgelt ära kasutama majanduse taasavamisest ja üleeuroopalisest kasvustrateegiast tulenevaid võimalusi.

Inseneriakadeemia eesmärgid võiksid olla:

1. Digipöörde abil aidata kaasa Eesti töötleva tööstuse töövõime kasvule – viia see 10 aasta jooksul Põhjamaade tasemele;
2. Pakkuda lahendust Eesti ettevõtete konkurentsivõimet pidurdavale inseneride puudusele;
3. Toetada rohepöört uute, säästlike ja jätkusuutlike tehnoloogiate väljatöötamise ja kasutuselevõttu Eesti ettevõtetes.

Inseneriakadeemia loomine võiks lähtuda kolmest ajahorisondist – ühe-kaheaastane, kolme kuni viieaastane ja 10-15 aasta perspektiiv. Iga horisondile kavandatakse asjakohased meetmed, mille tulemusi oleks võimalik hinnata vastava perioodi lõpul.

Kõige lühema perioodi keskseteks meetmeteks võiksid olla laste ja noorte tehnoloogiahuvi suunavad programmid, valdkondlike täiendus- ja ümberõppe programmide käivitamine neljapoolses (ülikoolid, ettevõtted ja erialaliidud ning riik) koostöös ning ühine pingutus Euroopa Horisondi ja teistes üleeuroopalistes programmides osalemiseks, rohe- ja digipöördeks oluliste pädevuste arendamine taseme- ja täiendusõppes, pilootprojektide käivitamine tehnoloogilise pöörde realiseerimiseks valitud partneritega, Eesti konkurentsieeliste väljaselgitamine digi- ja rohepöördest tulenevate võimaluste ärakasutamiseks.

Kolme kuni viieaastase perioodi kesksete meetmetena saaks kasutada rohe- ja digipöördeks vajalike kompetentsikeskuste ning võrgustike väljaarendamist, tuginedes olemasolevale inseneri- ja akadeemilisele potentsiaalile, tasemeõppe programmides asjakohase ja rakendusliku suunitlusega projektiõppe juurutamist koostöös ettevõtetega, intellektuaal- ja tööstusomandi kasvatamisele suunatud kultuuri edendamist.

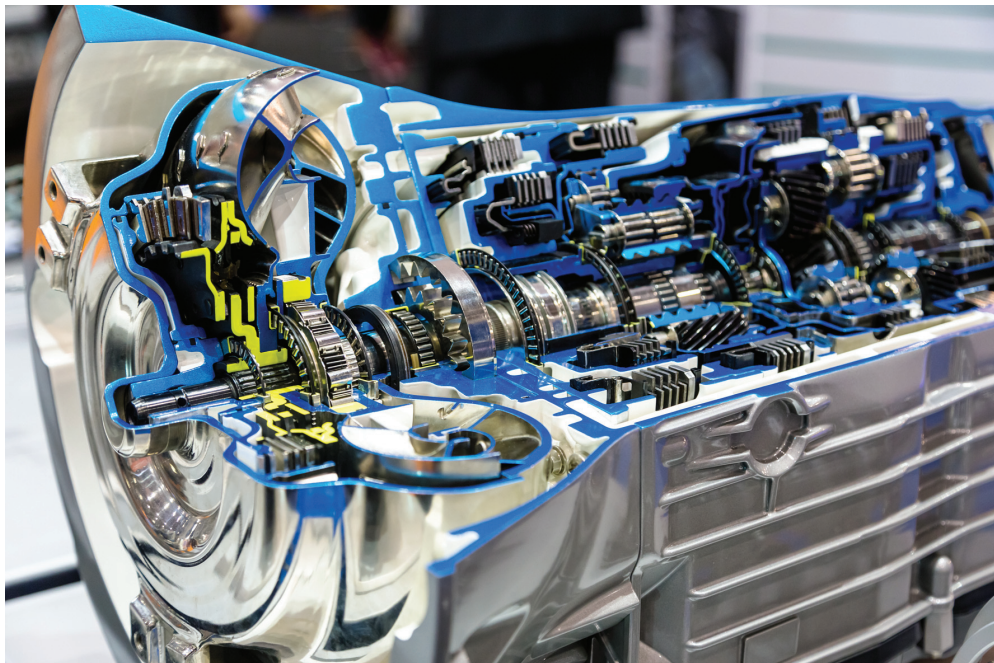


Foto: Shutterstock

Pikaajalise perspektiivi peamiseks meetmeteks võiksid olla Euroopa ning Eesti digi- ja rohepöörde poliitikatega kooskõlalise ja Eesti majandusstruktuurile vastava akadeemilise võimekuse väljaarendamine ja selleks tarbeks rahvuslike ja üleeuroopaliste võrgustikega liitumine.

Inseneriakadeemia ambitsiooniks on viie aastaga:

1. Senisest enam panustada ümberõppeprogrammidesse (kaasata vähemalt 500 inseneri ja spetsialisti).
2. Viia perioodi lõpuks kõik inseneri tasemeõppeprogrammid vastavaks digi- ja rohepöördest tulenevatele nõuetele.
3. Saavutada järgmiseks perioodiks partnerettevõtetes oluline (15-30 %) töövõljaluse tõus.

MEHAANIKA JA TÖÖSTUSTEHNIKA INSTITUUT 2021

Kristo Karjust, Priit Kulu

1. Instituudi struktuur

Mehaanika ja tööstustehnika instituut koosneb neljast keskusest ja ühest katselaborist:

- Tarkade tootmistehnoloogiate ja robotika teaduskeskus (prof Kristo Karjust)
- Materjalitehnika teaduskeskus (prof Jakob Kübarsepp)
- Logistika ja transpordi teaduskeskus (prof Dago Antov)
- Eesti inseneripedagoogika keskus (juht Tiia Rüütmann)
- Mehaanika ja materjaliuuringute katselabor (Priidu Peetsalu)

Tarkade tootmistehnoloogiate ja robotika teaduskeskus

Teaduskeskuse tegevussuundadeks on tootmistehnoloogiad ja tootmise optimeerimine, ennetav hooldus, tööstusrobotika ja automatiseerimine, tööstuslik virtuaal- ja liitreaalsus, isejuhtivad sõidukid ja autonoomsed süsteemid, toodete ning konstruktsioonide arendus ja optimeerimine, kihtlisandustehnoloogiad ja 3D skaneerimine.

Tarkade tootmistehnoloogiate ja robotika teaduskeskuse teenuselaboriteks on:

- Paindtootmissüsteemide ja robotika demokeskus;
- Isejuhtivate sõidukite ja autonoomsete süsteemide labor;
- Tööstuslik virtuaal- ja liitreaalsuse labor;
- ProtoLAB.

Paindtootmissüsteemide ja robotika demokeskus. Demokeskuse laboris tegeldakse nii mobiilsete robotite arendusega kui ka tööstuslike robotsüsteemide simulatsiooni ja optimeerimisega. Sisaldab laosüsteemi, mobiilset robotit ja CNC pinki koos teda teenindava tööstusrobotiga. Süsteem baseerub *FESTO Didactic* lahendusel ning lähtub Industry 4.0 ja paindtootmise kontseptsioonist, mida kasutatakse kontseptsioonide tutvustamiseks üliõpilastele ja ettevõtetele. Töö käigus võtab mobiilne robot laosüsteemist toote ja viib selle CNC pinki töötlemiseks ja töödeldud detaili latu. CNC treipingil näeb ka tööstusmasinate reaajas monitooringu süsteemi, mida arendatakse instituudis. Robotika demokeskuses on lisaks paindtootmissüsteemile

3D *Nikon* skänneriga ABB tööstusrobot ja vahetatavate tööriistadega *Yaskawa* tööstusrobot. Neid kasutatakse tööstusrobotite rakendamise ja programmeerimise õpetamiseks üliõpilastele (arendada robotitele tööriistu ja testida nende sobivust ning funktsionaalsust) ning ettevõtete töötajatele. Ettevõtte saavad testida robotite abil oma automaatikalahendusi.



Isejuhtivate sõidukite ja autonoomsete süsteemide labor. Laboris tegeldakse isejuhtivate sõidukite (Iseauto) ja autonoomsete süsteemide tehisintellekti arenduse ja rakendamise reaalses süsteemides.

Tegeldakse iseauto lokaliseerimise ja missiooni planeerimise, liikumisparameetrite ja teekonna jälgimise, objektide tuvastuse ja nendest hoidumise, andurite integratsiooni ja simulatsiooniga ning suurandmete kogu baasil süvaõppe meetodite ja tehisintellekti arendusega. Eesmärk on luua autonoomsete sõidukite arendamisel nutika linnaruumi ja intelligentse transpordi keskkond, kus on võimalik arendada ja testida uudseid teenuseid ja funktsionaalsust. Pikemas perspektiivis luuakse teaduse ja ha-



Virtuaal- ja liitreaalsuse labor

riduse testplatvorm, mis võimaldab teostada eksperimente sõidukite ja kogu muu võrgu V2X kommunikatsiooni vallas.

Tööstuslik virtuaal- ja liitreaalsuse labor Labor koosneb kõrge 3D rakenduste töötlemisvõimega virtuaal- ja liitreaalsuse seadmetest nagu HTC *Vive*, *Vuzix M300*, *Meta2*. Seadmeid kasutatakse, et luua ning testida virtuaal- ja liitreaalsuse tööstuslikke rakendusi nagu liitreaalsuse abil teostada tööstuse monitooringut või tööstuse jälgimist ja simuleerimist.

Materjalitehnika teaduskeskus

Teaduskeskuse tegevussuundadeks on materjalid (pulbermaterjalid, pinded), materjalitehnoloogiad (pulbermetallurgia, kihtlisandustehnoloogia, pindamine, liitetehnoloogiad jt) ning nende tööstuslikud rakendused.

Teadus- ja arendustöök, õppetegevuseks ning teenuste osutamiseks on teaduskeskuses viis teaduslaborit:

- Pulbermetallurgia labor;
- Pinnete labor;
- Triboloogia labor;
- Desintegraatortehnoloogia labor;
- Mehaanika ja Materjaliumuringute katselabor.

Materjalitehnika teaduskeskuse uurimisgruppide fookuses on alljärgnevad teadus- ja arendustöö teemad, milliste raames viiakse läbi alus- ja rakendusuuringuid:

- Kihtlisandustehnoloogiate ja 3D prinditavate materjalide arendus;
- Multifunktsionaalsed keraamikapõhised materjalid ja struktuurid;
- Kermised kasutamiseks laias termeratuurivahemikus;
- Pinnatehnika ja kõvapinded;
- Tribosüsteemide arendus;
- Desintegraatortehnoloogia;
- Materjalide ja toodete tööea ja töökindluse hindamine.

Materjalitehnika teaduskeskuse uurimisgruppide teadlaste poolt ja laborite toel pakutavate teenuste hulka kuuluvad:

- Tribouuringud;
- 3D printimine;
- Kõvapindamine (õhukesed ja paksud pinded) ;
- Materjalide jahvatus ja korduvkasutus;
- Materjalide koostise ja struktuuri uuringud;
- Kulumiskindlate komposiitmaterjalide (kõvasulamid ja kermised) valmistus.

Logistika ja transpordi teaduskeskus

Teaduskeskuse uurimistöö on keskendunud järgmistele teadus- ja arendustöö teemadele:

- **Keskkonnasäästliku transpordialane** uurimistöö on suunatud sõidukite keskkonnanakahjulikkuse vähendamisele. Peamine uurimisobjekt on sõidukite poolt genereeritud müra nii üksiksõiduki kui liiklusvoo poolt tekitatuna. Uuritakse uusi ja efektiivsemaid mürasummutusmaterjale ja kasutuselevõttu. Rakendusuuringutes käsitletakse uuemaid vedelkütuste kasutuselevõttu;
- **Transpordiplaneerimise** alased uuringud on seotud turvalise, sujuva ning säästliku liiklemise võimalustega, linnalogistika ning transpordi ja ruumikasutuse omavaheliste seoste väljaselgitamisega. Märksõnadeks on säästlik liikuvus ja jätkusuutlik transport (sealhulgas ühistranspordi korraldamine linnas, regioonis, riigis ja rahvusvaheliselt) liikluse prognoosimine, transpordiuuringud, liikuvuskavad. transpordivõrgu analüüs ja transpordisüsteemi planeerimine, liiklusohutus ja -järelvalve;
- **Logistika** alased uuringud on seotud nutika transpordilogistika, veoseohutuse, transpordi hinnakujunduse ja võrguettevõtetes tulemuslikkuse mõõtmisega;
- **Tarneahela juhtimise** alased uuringud on seotud väärtusahela analüüsi, tarneahela koostöö, jätkusuutliku tarneahela ja nõudluse prognoosimise valdkondadega.

Inseneripedagoogika keskus

Keskus on rahvusvaheliselt akrediteeritud STEM valdkonna kompetentsikeskus, mis osaleb õppejõudude koolituste läbi viimisel koos TTÜ personali arendus- ja mobiilsuskeskusega, TTÜ haridustehnoloogiakeskuse ja personaliosakonnaga.

Keskuse põhieesmärkideks on:

- STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) valdkonna õppejõudude pedagoogilise koolituse läbiviimine IGIP akrediteeritud õppekava alusel;
- õpetajate taseme- ja täienduskoolituse läbiviimine;
- õpetamise ning õppimise kvaliteedi parendamine STEM valdkonnas nii üldhariduse, kutseõppe kui ka kõrghariduse tasemel;
- mentori ja didaktikaekspertide toe pakkumine õpetamise analüüsil ning kolleegiaalse tagasiside korraldamisel;
- uute metoodikate ja didaktiliste õppematerjalide väljatöötamine;
- individuaalne pedagoogiline nõustamine jpm.

Mehaanika ja materjaliuuringute katselabor

Katselabor koondab suurte kogemustega erinevate erialade eksperte ja unikaalseid katseseadmeid. Katselabori põhiülesandeks on rahvusvahelisel tasemel teenuse

pakkumine ettevõtetele, teadusasutustele ja riiklikele asutustele kui sõltumatu, nn kolmanda osapoole laborina.

Alates 2000. a omab katselabor Euroopas aktsepteeritud Eesti Akrediteerimiskeskuse tunnistust.

Katselabor pakub erinevaid teenuseid nagu:

- Materjalide tugevus katsetused (Charpy löökpainde katse, tõmbekatse, paindekatsed, väsimuskatse, purunemissitkus, survekatse);
- Kõvaduskatsed (Rockwell, Brinell, Vickers, Shore kõvadus);
- Metallide ja sulamite struktuurianalüüs (terase tera suurus, mittemetalsed lisandid, ferriidi sisaldus, sulamite faasiline koostis);
- Keevisliidete katsetused (sh rööbaste) (paindekatsed, kõvaduskatse, tõmbekatse, Charpy löögisitkuskatse, mikro- ja makrostruktuuri analüüs);
- Materjalide koostise määramine (terase keemilise koostise ja margivastavuse määramine);
- Toodete kvaliteedi kontroll (nt kinnitusdetailide katsetamine, mõõtmete ja geometria kontroll);
- Materjalide jahvatus ja ümbertöötlus, pulbriliste materjalide osiselise koostise määramine);
- Ekspertiisid jm inseneriteenused.

2. Õppetöö ja täiendkoolitus

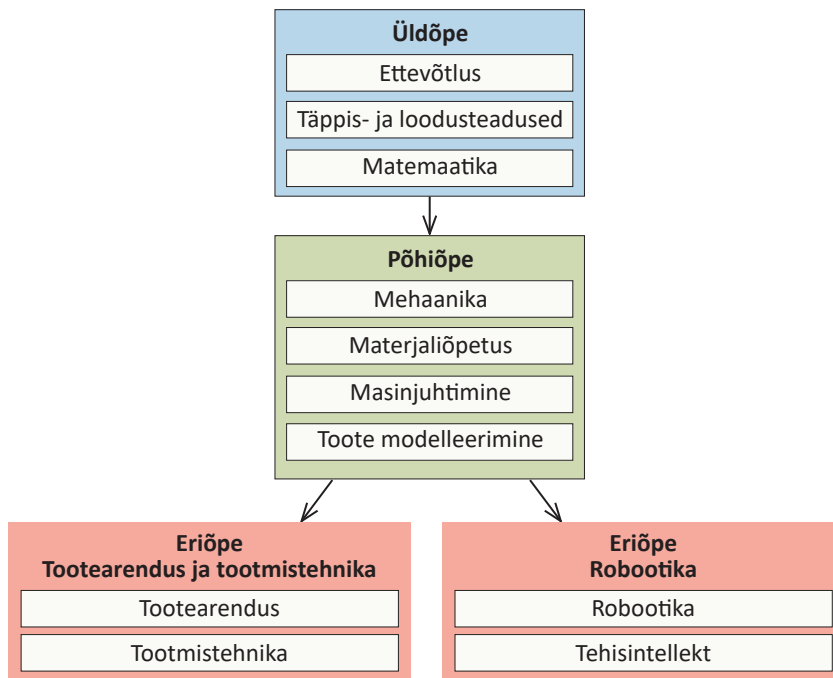
Õppekavad

Mehaanika ja tööstustehnika instituudi kureerida on kaks bakalaureuseõppekava, viis magistriõppekava ja üks doktoriõppekava.

Bakalaureuseõppekavad	Magistriõppekavad	Doktoriõppekava
Tootearendus ja robotika;	Tootearendus ja tootmistehnika;	Mehhanotehnika (ingl. k)
Integreeritud tehnoloogiad (ingl. k);	Tööstustehnika ja juhtimine (ingl.k); Disaini ja tehnoloogia tulevik (ingl. k); Logistika; Kutseõpetaja;	

Tootearendus ja robotika (EARB)

Bakalaureuseõppekava eesmärk on tugeva ja laiapõhjalise tootearenduse ja robotikaspetsialistide ettevalmistamine, kellel on edasiõppimise võimalus väga erinevatel magistrikavadel nii Eestis kui välismaal. Valida saad kahte peeriala: **tootearendust ja tootmistehnikat** või **robotikat**.



Õppekava on praktilise suunitlusega ja võimalikult palju rakendatakse rühmaõpet (projektid, praktikumid) Esimesel aastal antakse oskusi projekteerimistarkvara CAD kasutamisest, küberelektroonilistest süsteemidest ja programmeerimisest. Teisel aastal keskendutakse mehaanikale ja automaatjuhtimisele ning kolmandal aastal valitakse juba peeriala ja õpitakse valikuliselt spetsiifilisi tootearenduse ja tootmistehnika või robotika ja tehisintellektiga seotud erialaaineid.

Integreeritud tehnoloogiad (MVEB), ingliskeelne

Magistriõppekava (*Integrated Technologies*) ühendab erinevaid inseneriteemaatikaid, et rahuldada kasvavat nõudlust väga mitmekülgsete oskuste ja teadmistega inseneride järele.

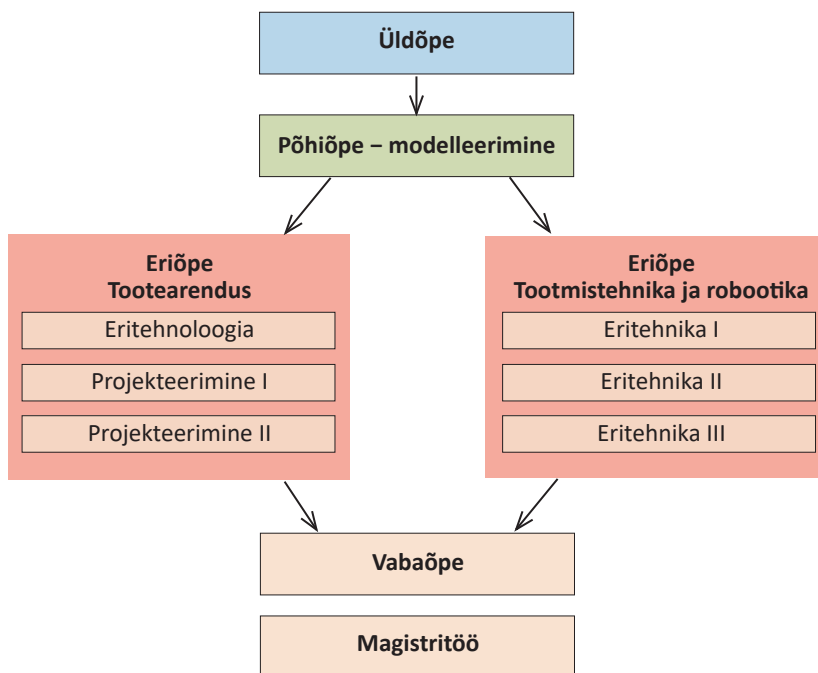
Õppekava eesmärgiks on anda ettevalmistus tööstuse digitaliseerimiseks ja nutika tootmise elluviimiseks. Selleks antakse lõpetajatele lisaks insenerioskustele süvendatud IT oskused ja kommunikatsioonivõime. Bakalaureusekraadi saanu on võimeline alustama tööd kõrgetehnoloogilises tööstusettevõttes või IT firmas.

Õppekava valmistab ette tudengeid esmajoones tehnikavaldkonnas ingliskeelsetele magistriõppekavadele.

Tootearenduse ja tootmistehnika (MATM)

Magistriõppekava eesmärk on laiapõhjalise tootearenduse, tootmistehnika ja robotika inseneriharidusega spetsialisti ettevalmistamine. Õppekava pakub võimalust valida kolme peeriala vahel:

- tootearendus (statsionaarne ja kaugõpe);
- tootmistehnika ja robotika (statsionaarne ja kaugõpe);
- laevaehitus (toimub Aalto Ülikoolis ja inglise keeles).



Üldõpe ja põhiõpe toimub kahel esimesel suunal ühiselt. Eriõpe (Peeriala moodul) koosneb kohustuslikest ja valikainetest. Valikainetega on võimalik fookuseerida saadavat spetsiaalsust.

Tootearenduse erialal antakse üliõpilastele teadmisi toote ja tootmiseseadmete projekteerimisest aga ka projektijuhtimisest, tootmistehnika ja robotika erialal teadmisi toodete valmistamise tehnikatest, seadmetest, materjalidest, toodete valmistustehnoloogiatest, info- ja kommunikatsioonivahendeist ning tootmise korraldamisest ja juhtimisest.

Lõpetanud leiavad tööd tootearendajatena, projekterijadena, tootmisjuhtidena, firmajuhtidena ja spetsialistidena, kes on võimelised looma uudseid tooteid ja rakendama uusi tehnoloogiaid.

Tööstustehnika ja juhtimine (MARM), ingliskeelne

Magistriõppekava (*Industrial Engineering and Management*) on rahvusvaheline õppekava TTÜs, mis on välja arendatud Põhjamaade ja Balti riikide ülikoolide koostöövõrgu BALTECH ühistöö tulemusena. Esmajoones on tegemist tööstustehnika õppekavaga, mida on täiendatud majanduse, innovatsiooni ja juhtimise ainetega, valmistamaks ette rahvusvaheliselt konkurentsivõimelisi tootmisjuhte.

Vastuvõtu eelduseks on bakalaureusekraad tootearenduses ja robotikas, tootmistehnikas või ärijuhtimises või rakenduskõrghariduse diplom koos täiendavate ainete läbimise kinnitusega.

Lõpetanud saavad ettevalmistuse kaasaegsete integreeritud tootmissüsteemide otstarbekaks evitamiseks, tehniliste süsteemide analüüsi ja sünteesi kasutamiseks, tootmise juhtimise ja tootmise ning tootmissüsteemide projekteerimise meetodite evitamiseks.

Tööstustehnika ja juhtimise eriala lõpetanutel on võimalus töötada erinevatel ametikohtadel nagu tootmisjuhid, projektijuhid, kvaliteedijuhid, tehnoloogiaspetsialistid, tootmise planeerijad, ettevõtete juhid.

Disaini ja tehnoloogia tulevik (MADM), ingliskeelne

Magistriõppekava (*Design and Technology Future*) on rahvusvaheline TTÜ ja Eesti Kunstiakadeemia (EKA) ühisõppekava. Õppekava rõhuasetuseks on kahe osapoole, inseneride ja disainerite vastastikuse mõistmise, respekti ja koostöötahete kasvatamine.

Õppekava eesmärgiks on anda: inseneridele laiem vaatenurk loova tootearenduse lähtekohtade mõistmiseks, luues seeläbi toimiva aluse koostööks; disaineritele – sügavam kogemus tehnoloogiast, tehnoloogilise innovatsiooni kaasamiseks disainiprotsessi.

Õppekava tuumiku moodustavad rühmatööna ning koostöös ettevõtlusega läbiviidavad arendusprojektid.

Lõpetanud on võimelised töötama tootearendusspetsialistidena laial profiilil loovates integreeritud tootearendusmeeskondades, tootearendus – juhtidena tootearendusmeeskondades ning ettevõtjatena innovaatiliste ja tehnoloogiliselt tugevate tootekoosluste turule toomiseks.

Logistika (EALM)

Magistriõppekava läbinu saab ainsa ülikoolina Eestis logistika alal akadeemilise kõrghariduse ja magistrikraadi.

Logistika õppekava pakub võimalust valida kahe peeriala vahel:

- logistika ja tarneahela juhtimine;
- liikuvuskorraldus.

Logistika ja tarneahela juhtimise eriala keskendub logistika ja tarneahela juhtimisele ning digitaliseerimisele, ostujuhtimisele ja laondusele, transpordi juhtimisele, transporditehnoloogiate ja ekspedeerimise valdkondadele.

Liikuvuskorralduse eriala keskendub maakasutuse planeerimise põhimõtete ja parima praktika tundmaõppimisele.

Lõpetanuid ootavad tööle suuremad tööstus-, kaubandus-, logistika-, transpordi-, posti- ja teenindusfirmad ning riigiasutused, linnatranspordi ja liikuvuse planeerimisega tegelevad organisatsioonid ja ametid.

Kutseõpetaja (HALM)

Magistriõppekava on Tallinna Ülikooli (TLÜ) ja TTÜ ühisõppekava. Õppekaval on spetsialiseerumine kahele peerialale:

- kutseõpetaja;
- tehnikaõpetaja.

Magistriõpet koordineerib TLÜ Haridusteaduste instituut. Tehnikaõpetaja magistriõpet koordineerib TTÜ Eesti inseneripedagoogika keskus. Tegemist on õpetajakoolituse õppekavaga, mille läbimisel omandatakse STEMi (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) erialavaldkonna õppeainete õpetamise süsteem. Õppekava valmistab ette tehnikavaldkonna õpetajaid kutseõppeasutustele ja õppejõude rakenduskõrgkoolidele.

Õppekava suund on akrediteeritud Rahvusvahelise Inseneripedagoogika Ühingu IGIP poolt ja tehnikaõpetaja spetsialiseerumisega üliõpilastel on võimalik peale õpingute läbimist taotleda rahvusvahelist insenerpedagoogi kvalifikatsiooni ING.PAED.IGIP.

Õppekava võimaldab omandada ka tehnikaeriala kõrvaleriala, kes soovivad omandada inseneripedagoogikaalaseid teadmisi, et laiendada oma karjäärivõimalusi.

Õppekava sobib kutseõpetajatele, kutsekoolide reaalinete, tehnikavaldkonna valikainete ja IT õpetajatele, rakenduskõrgkoolide õppejõududele.

Mehhanotehnika (MAPD), ingliskeelne doktoriõppekava

Õppekava eesmärk on arendada üliõpilaste teadmisi, oskusi ja kogemusi iseseisvaks teadus-, arendus-, õppe- või kutsealaseks loometööks läbi erialase õppe- ja uurimistöö, õpetamise ja teiste üliõpilaste juhendamise mehhanotehnika valdkonnas. Doktoriõppekava (*Mechanical Engineering*) pakub võimalust valida nelja peeriala vahel:

- materjalitehnika;
- soojusenergeetika;
- tootmistehnika ja robotika;
- transport ja logistika.

Õppekava koostisosadeks on hariduse ja teaduse moodul, mehaanika moodul ning erialamoodulid (materjalitehnika, soojusenergeetika, tootmistehnika ja robotika või transpordi ja logistika). Doktoritöö annab lõpetajale iseseisva uurimis- või arendustöö kogemuse ning süvendatud teadmised doktoritööpeekava kitsamas teadusvaldkonnas/erialal, teadusartiklite avaldamise oskused ja kogemused.

Vastuvõtt doktoritööpeesse toimub avaliku konkursi korras väljakuulutatud teadustee-madele. Lisaks võetakse vastu doktorante tööstusdoktorantuuri mis eeldab ettevõt-te/asutuse ja TTÜ vahel toimivat teadustööd (on sõlmitud või sõlmitakse koostöö-, uuringu-, teenuse või muu teadus/arendustöö leping). Tööstusdoktorandiks kandi-deerijal on kehtiv tööleping ettevõttega ja kaasjuhendaja ettevõttest.

Täiendkoolitus

Mehaanikainseneri meistriklass

Õppekava eesmärk on mehaanikainseneride juhtimisalase ja erialase kompetenti täiendamine. Volitatud mehaanikainseneri tase 8. kutsekvalifikatsiooni taotlemiseks ja taastõendamiseks erinevatel kitsamatel erialadel. Meistriklassi õppekava sisaldab järgmisi mooduleid:

1. moodul Juhtimine ja suhtlemine
2. moodul Toodete arendamine
3. moodul Materjalitehnika ja toodete valmistamine
4. moodul Robotsüsteemide arendamine
5. moodul Seadmete hooldus ja järelevalve
6. moodul Tootmise korraldamine ja juhtimine
7. moodul Keevitustehnoloogiad

Mooduli maht 1 EAP (kontakttöö 16 tundi, iseseisevtöö 10 tundi) kogumaht 7 EAP (182 tundi).

3. Teadustöö ja arendustegevus

Robotid ja robottootmine

Autonoomne isejuhtiv sõiduk

(teemajuht: prof Raivo Sell)

Laiem visioon ja eesmärk autonoomsete sõidukite arendamisel on luua nutika linna-ruumi keskkond ülikoolilinnakus, kus on võimalik arendada ja testida uudseid teenu-seid ja funktsionaalsust, mis hõlmavad lisaks erinevatele isejuhtivatele sõidukitele ka nutikaid taristu objekte, näiteks nutikaid liiklusmärke, autonoomseid laadimisjaa-mu jms.

Uurimisgrupis on arendatud erinevaid autonoomseid roboteid ja isejuhtivaid sõi-dukeid. Universaalne robotplatvorm UKU võib varustada erinevate lisaseadmete ja funktsionaalsete moodulitega erinevate algoritmide testimiseks ja ülesannete

Isejuhtiva sõiduki
disain



täitmiseks. Arendamisel on isejuhtiv sõiduk, mis hakkab liikuma TTÜ linnakus ja on arendusplatvormiks tudengitele, teadlastele ja tehnoloogiaettevõtetele. Sõiduk on täisautonoomne ja juhtalgoritmid on loodud avatud tarkvara baasil.

Uurimisgrupp teeb koostööd Eesti autonoomsete sõidukite alal hästituntud ettevõtetega, sh Starship Technologies (pakirobotite arendaja), Hecada (hübriidajamiga põllumajanduslikke robotite arendaja) ja mitmed teised.

Tööstusrobotitel põhinev seadistatav tootmine

(teemajuht: prof Jüri Riives)

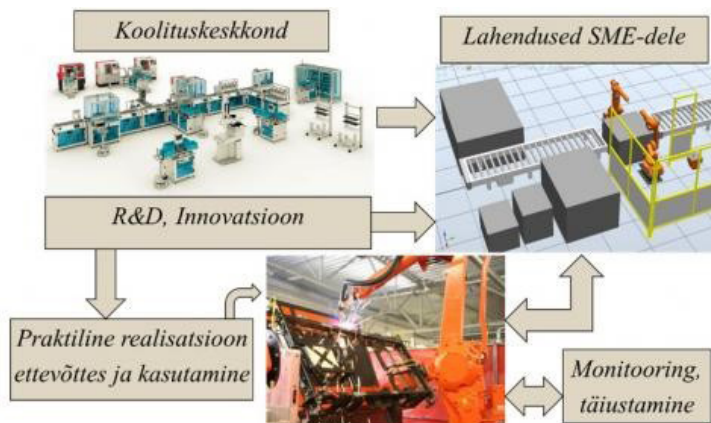
Tootjatelt suure paindlikkuse, kõrge tootlikkuse ning protsesside integreerituse ja digitaalsuse nõuetest tulenevalt on tööstusrobotika valdkonna peamisteks märksõnadeks küberfüüsikalised süsteemid (CPS), asjade internet (IoT), suurandmed ja pilvelahendused kui ka tööstusrobotika arendused erinevates valdkondades (tööstuslogistika, kooste, seadmete teenindus, keevitus, mõõtmine ja kontroll). Arendustegevus on tervikuna vahetult seotud nn „tarkade tehaste“ (*smart factories*) kontseptsiooniga.

Ülalnimetatud küsimustega tegelemine toimub laias rahvusvahelises koostöös mitmete tuntud arenduskeskuste, ülikoolide ja ettevõtetega (nt. VTT, Hermia, Tampere Tehnika Ülikool, Fraunhofer: (IPA, ISW, IFF), Milano Polytechnico, Clusterland, FESTO, FASTEMS, Siemens, jpt).

Arendustegevuse peamised suunad on:

- Robottehniliste süsteemide omaduste uurimine ning otstarbekate lahenduste väljatöötamine;
- Praktiliste robotsüsteemide lahenduste disain ettevõtetele ja nende kasutuse optimeerimine;

Eesmärgiks on välja töötada lahendusi ja süsteeme, mis aitavad ettevõtetel kiiresti analüüsida robotiseerimise otstarbekust, valida otstarbekaid tööstusroboteid, leida optimaalseid lahendusi erinevate robotiseeritud töökohtade kavandamiseks, optimeerida robotprotsesse (nii töökoha kui ka kogu tootmise põhiselt) saavutamaks planeeritud tulemusi ettevõttes.



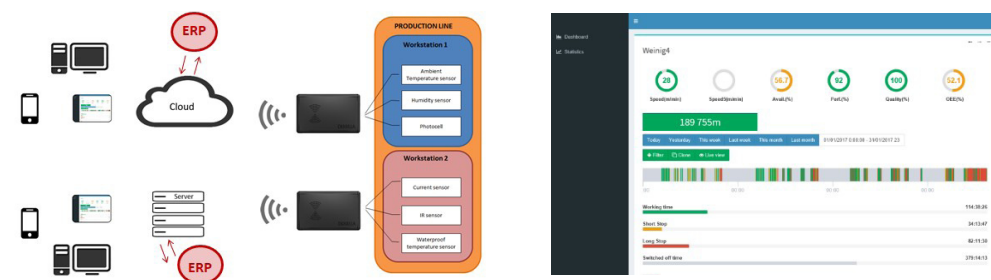
Arenduste väärtusahel

Ennetava hoolduse ja monitooringu süsteem tootmises

(teemajuht: prof Kristo Karjust)

Tootmise monitooringu ja prognoosimise süsteemi eesmärgiks on tööpinkide ja seadmete hõivatus ja koormatus jälgimine reaalajas. Süsteem on mudelipõhise optimaalse funktsionaalsusega, kliendikeskse kiire ümberkonfigureerimise võimalusega, madalate investeerimiskulude ja juurutusajaga ning suunatud eelkõige väike ja keskmise suurusega tööstusettevõtetele.

Süsteem toob välja tööpingi tööajad, seisakud ja tootlikkuse valitud ajaperioodil ning aitab leida tootmisliini kitsaskohti. Süsteem võimaldab ka prognoosida seadme-



Tootmisprotsesside reaalajas monitooringu ja ennetava hoolduse süsteem

te, komponentide ja kasutatavate tööriistade tööiga läbi ennetava hoolduse soovitude.

Ennetava hoolduse süsteem kergendab hooldustöötajate tööd läbi detailse seadmete ja komponentide ülevaate ja analüüsi erinevate tööpinkide varuosadest ja komponentidest ning nende reaalsest ja prognoositavast elueast. Süsteem võimaldab ettevõtetel hoida kokku hoolduskuludelt ja suurendada tootmisseadmete tootlikkust.

Uued materjalid ja materjalitehnoloogiad

Multifunktsionaalsed keraamikapõhised materjalid

(teemajuhid: prof Irina Hussainova ja prof Jakob Kübarsepp)

Uute materjalide, sh pulbermetallurgia meetodil toodetavate materjalide (pulbermaterjalide) ja materjalitehnoloogiate arendamine on üks konkurentsivõime tõstmise võimalustest tööstuses. Selliste materjalide esindajaiks on keraamilis-metalsed komposiitmaterjalid, nn kermised – suure kõvadusega, rasksulavate ühendite (karbiidid, karbonitriidid, boriidid jne) ja metallide baasil materjalid. Uuringuid parendatud mehaaniliste ja korrosiivsete omadustega kermiste valdkonnas on suunatud laias temperatuurivahemikus kulumiskindlate karbiidide, nitriidide ja karbonitriidide baasil tribokomposiitide väljatöötamisele. Uurimistöö on fokuseeritud peamiselt titaankarbiid, -nitriidi ja -karbonitriid (TiC, TiN, TiCN) ning kroomkarbiid (Cr_3C_2) baasil põhinevatele komposiitidele.

Tööstuslikeks rakendusteks suunatud uuringute näited on alljärgnevad:

- Kermiste arendamine tööriistamaterjalina kasutamiseks alumiiniumisulamite ja madalsüsinikteraste otshõõrdekeevitusel;
- Ni- ja Co-vabade TiC-, TiCN- ja Cr_3C_2 -põhiste kermiste arendamine, kasutades alternatiivse metallfaasina neis rauasulamite (terasid) ja tehnoloogiatest erinevaid paagutustehnoloogiaid nagu survepaagutus, reaktsioonpaagutus, plasmaaktiivpaagutus jt., asendamaks kermiste koostises kalleid ja toksilisi metalle (Ni ja Co).

Uute funktsionaalsustega (multifunktsionaalsete) ja pikema tööeaga materjalide loomine on väga huvipakkuv tööstusele ja dikteerib kiirenevat interdistsiplinaarset koostööd mehaanika, materjaliteaduse, inseneeria, füüsika, keemia ja bioloogia valdkondades.

Teadustöö fookuses on eelkõige keraamika baasil multifunktsionaalsed hübriidmaterjalid. Grafeenlisanditega ülielastne alumiiniumoksiidkeraamika on suhteliselt sitke ja tugev, samas hea elektrijuhtiv materjal. Lisandite siseseviimiseks on võimalik varieerida mehaanilisi ja funktsionaalseid omadusi, luues isotroopsete või anisotroopsete funktsionaalsete omadustega gradientmaterjale. Üheks näiteks on suunatud elektrijuhtivus kombineeritud astmelise kõvaduse muutusega ristlõike ulatuses. Multifunktsionaalsete struktuuride valmistamine sädeplasma paagutuse ja kihtlisan-dustehnoloogia teel läbi kontrollitava makro- ja mikrostruktuuri disaini lubab saada tuunitud omadustega materjale.

Kihlisandustehnoloogiad

(teemajuht: prof Prashanth Konda Gokuldoss)

Kiirprototüüpimis- ning kiirtootmistehnoloogiate areng on toonud kaasa detailide tootmispiirangutest tingitud kujupiirangute kadumise. Kõige kõrgema potentsiaaliga 3D printimise tehnoloogia baseerub selektiivsel lasersulatusel (*selective laser melting, SLM*) jt., millega saab valmistada rakiseid kasutamata keerukaid erinevatest metallisulamitest detaile.

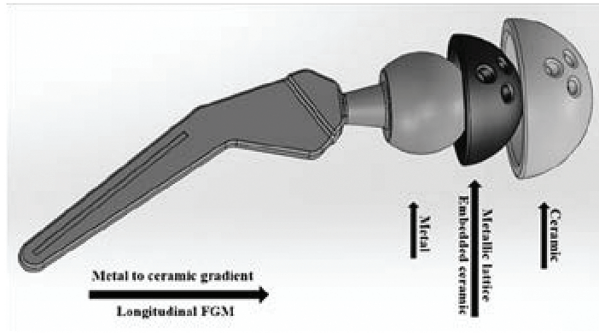
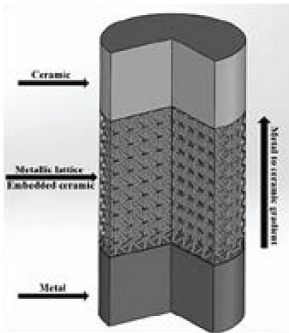
Kihlisandustehnoloogia (*additive layer technology, ALT*) võimaldab nende valmistamist, mida traditsioonilised meetodid (treimine, freesimine jt.) ei võimalda.



3D prinditud alumiiniumdetail

Uuringud on suunatud multimaterjalidest lõppkujulähedaste detailide valmistustehnoloogia arendusele, kus muudetakse materjalide omadusi detaili erinevates piirkondades. Poorne 3D prinditud toorik täidetakse keraamilise, metalse või polümeerse faasiga. Vajalikes piirkondades antakse kõrgendatud materjaliomadused (nt suurem tugevus, kulumiskindlus, keemiline inertsus). Uuringud on näidanud, et hapra keraamika vastupidavust purunemisele on võimalik antud meetodit kasutades märkimisväärselt tõsta. Funktsionaalsed gradientmaterjalid on perspektiivsed ortopeedias, kus on kombineeritud keraamika biosobivus ning metalli tugevus ja plastsus.

Lisaks kiirvalmistustehnoloogia võimalusele valmistada tööstuslikult keerukate kujuga detaile, kasutatakse kihlisandustehnoloogiat ka keerukate valuvormide kiirvalmistamiseks (*rapid tooling*).



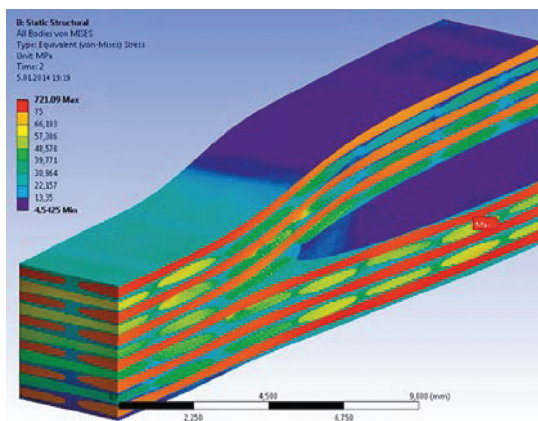
Funktsionaalne gradientmaterjal (vasakul) ja puusaliigese implantaat (paremal)

Nutikad ja multifunktsionaalsed komposiitstruktuurid

(teemajuht: prof Jüri Majak)

Uuringute põhieesmärgiks on struktuuri seisundi jälgimisvõimekusega nutikate komposiitstruktuuride arendus. Välja on töötatud metoodika komposiitstruktuuride projekteerimiseks informatsiooni kogumis- ja töötlemisvõimekusega konkreetsete struktuuride jaoks (nt integreeritud sensoritega seisundi ja keskkonna hindamiseks). Nutikate materjalide valmistamisel rakendatav kihtlisandustehnoloogia võimaldab projekteerida ja valmistada keeruka kuju ning optimaalse geomeetriaga elektroonikakomponentide kaitsekapsleid.

Multifunktsionaalsete klaaslaminaatstruktuuride projekteerimisel on eesmärgiks etteantud omadustega (mehaaniliste, heli- ja vibratsioonisummutusvõimekusega) klaaslaminaatpaneelide saamine. On läbi viidud eksperimentaalsed uuringud jääpingete määramiseks ning väljatöötamisel on metoodika jääpingete arvestamiseks simulatsioonimudelites.



Nutikas struktuur: pingete jaotus integreeritud komponendi läheduses

Pinnatehnika – õhukesed ja paksud kulumiskindlad kõvapinded

(teemajuhid: vanemteadur Vitali Podgurski, teadur Andrei Surženkov)

Uuenduslikke õhukesi ja pakse pindeid võib vaadelda kui spetsiaalsete rakenduste jaoks projekteeritud eriomadustega komposiitmaterjale, millede arendus põhineb enamjaolt hübriidmaterjalide tehnoloogial.

Õhukeste pinnete uurimisgrupp tegeleb füüsilise aursadestuse (*physical vapor deposition, PVD*) ja keemilise aursadestuse ttel (CVD) saadud pinnetega (nano-, mikro- ja makrotasandil hübriidstruktuurid; mono-, mitmekihilised, gradient- ja nanokomposiitpinded). Arendamisel on uued teemant- ja oksiidpinded. Teemantpinnete laialdased triboloogilised rakendused tulenevad nende kõrgest elastusmoodulist ja kõvadusest; nad sobivad kasutamiseks masina- ja mäetööstuses lõikeriistade pindamiseks. Kuna lõikeriistade jaoks on oluline kulumiskindlus kõrgel temperatuuril, on eriline huvi teemantpinnete kõrgtemperatuurse tribokäitumise vastu.

Oksiidpinnetest on üheks uurimisteemaks AlCr-oksiidipõhiste pinnete termopüsivus. See on oluline metallilõikeprotsessis esinevate ekstreemselt kõrgetest temperatuuridest, mis nõuab eri omadustega pinnete kasutamist. Pinnete valikul lõikeriista pindade oksüdeerumise takistamiseks ja omaduste muutuste välistamiseks kõrgetel temperatuuridel tuleb arvestada järgnevaid nõudeid: pinde faaside stabiilsust, kõrgtemperatuurset kulumist, oksüdeerumiskindlust, soojusjuhtivust, keemilist inertust, soojuspaisumistegurit jt. Rakendusuuringud keskenduvad eripinnete kasutamisele tööriistade (lõiketööriistad, täppisstantsidetailid ja survetöötlusvormid jne) kulumiskindluse tagamiseks.

Teadustöö paksude pindade pinnete valdkonnas on fokuseeritud eelkõige raua baasil maatriksi ja karbiidi (WC/W₂C) ning kermise osakestega (WC-Co, Cr₃C₂-Ni, TiC-NiMo) armeeritud komposiitkõvapinnetele, mis sobivad tööks erinevais abrasiivkulumise tingimustes (abrasioon, erosioon, abrasiivlöökkulumine) laias temperatuurivahemikus (20–650 °C).

Eesmärk on saada ühelt poolt pindeid tööks etteantud ekstreemsetes töötingimustes, teiselt poolt madalama maksumusega pindeid. Paksude kõvapinnete saamiseks kasutatakse kiirleekpihustust (*high-velocity oxy-fuel spray, HVOFS*) ja plasmakaarpealesulatust (plasma transferred arc welding, PTAW). Pihustamise teel saadud pinnete paksus on reeglina kuni 1 mm, pealesulatuse teel saadud pinnetel kuni 10 mm. Pihustuspinnete eeliseks on pidamisel madalam temperatuuri mõju (200-300 °C) pinnatavale materjalile ja sellest tulenevalt minimaalsed struktuurimuutused ja deformatsioonid; sulatuspinnete korral aga väga hea pinde adhesioon alusmaterjaliga ja hea vastupanu löökkulumisele.

Viimase aja uuringud on pühendatud pihustuspulbrite saamisele läbi mehaaniliselt aktiveeritud sünteesi kui ka *in-situ* sünteesisitud karbiidist pulberpinnete saamisele.

Paksud kõvapinded on mõeldud kasutamiseks eelkõige väga abrasiivsetes tingimustes, näiteks mäenduses (kaevandusseadmed), põllumajanduses (maaharimismasinad); konkreetseteks kasutusnäideteks on pinnaseteisaldusmasinate tööorganid, haamerveskite haamid, betoonipumpade detailid, sahaterad jt.



Plasmapealesulatusel teel tugevdatud naftapurseadme toruühendusmuhv.

Uued mikrostruktuurid akustilised materjalid ja mittelineaarne energiasalvestus (teemajuht: prof Jüri Lavrentjev)

Tavakasutatavate akustiliste materjalide (vill, tekstiil, orgaanilised materjalid) puuduseks on nende omaduste halvenemine aja jooksul; nad saastavad ümbritsevat keskkonda ja on inimestele kahjulikud. Kõvapindsed mittekiulised mikrostruktuurid materjalid, nt mikrotsoonsed paneelid (MGE), metallsed vahud ja akustilised metamaterjalid (AMM) on asendamas traditsioonilisi poorseid materjale, kuid teave nende helineelduvuse füüsikalist mehhanismi kohta on napp.

Akustiliste metamaterjalide helisummutus põhineb väikeste perioodiliselt paiknevate mittehomogeensuste toimel. Väikesed füüsikalised muudatused mikrotasandil põhjustavad akustilise makroefekti, nt pehme elastse ümbritsetud materjaliga (pingestatud membraanidega) torusüsteemid. On loodud ka erinevaid perioodilisi struktuure torusüsteemides, mis toimivad metamaterjalina ja võimaldavad märkimisväärselt helisummutust. Uute akustiliste materjalide keerulist struktuuri silmas pidades avavad kaasaegsed kihtlisandustehnoloogiad uusi võimalusi selliste materjalide loomiseks.

On töötatud välja materjalide akustiliste omaduste uus mõõtmistehnoloogia, mis põhineb ülekandefunktsioonidel ja mitme mõõtekanali signaali samaaegsel töötlemisel. Kasutatuna koos originaalse mõõteseadmega võimaldab meetod määrata akustilisi omadusi väga suures voolukiiruste ja temperatuuride vahemikus.

Jääkenergiast sh vibratsioonenergiast energia saamine on muutumas üha oluliseks. Kasutades akustilise ja vibrosüsteemi mittelineaarsust, saab süsteemist koguda energiat ja muuta see nt elektrienergiaks. Tegeldakse süsteemide optimeerimisega, et energiaväljund oleks piisavalt efektiivne.

Desintegraatoritehnoloogia

(teemajuht: teadur Dimitri Goljandin)

Desintegraatorveskitel põhinevad löökjahvatuse ja separatsiooni kombineeritud koossüsteemid võimaldavad jahvatada erinevates režiimides (otse-, separatsioon- ja selektiivjahvatus, portsjon- ja pidevjahvatus). Koos sisseehitatud inertsiaalseparerimissüsteemiga on võimalik jahvatada koos separatsiooniga pulbrilisi materjale (nt plast, kumm, komposiitmaterjalid, trükiplaadid).



Desintegraatorveskite süsteemid: laboratoorne süsteem DSL175 (a) ja pooltööstuslik inertsiaalsentrifugaalklassifikaatoriga süsteem DSL 115 (b)

Uuritakse erinevate materjaligruppide jahvatatavust:

- metallmaterjalid: malmi, mitterauasulamite ja roostevabateraselaastud; nikli- ja kroomisulamid (plastsete metallide esindajad);
- keraamilised materjalid: mineraalsed maagid; kivimid (habraste materjalide esindajad);
- komposiitmaterjalid: kõvasulamid, plastkomposiitmaterjalid, trükiplaadid (metallklaaskiudplastiga lamineeritud komposiitmaterjal), autorehvid jm tooted. Jahvatusel aset leidva mehaanilise aktivatsiooni ärakasutamiseks uuritakse vastavaid kaasnevaid tehnoloogilisi protsesse.

Viimasel ajal tööstusele suunatud rakendusuuringute näiteina võib tuua kasutatud tekstiili ümbertöötlust selle korduvkasutuse eesmärgil, Silmetis tekkiva niobiumräbu ümbertöötlust ja väärindamist, trükiplaatide ümbertöötlust jpm.

Toote töökindlus

Materjalide ja toodete töökindluse hindamine

(teemajuht: vanemteadur Priidu Peetsalu)

Toote tööea ja töökindluse määramine on masinaehitusliku konstrueerimise lahutamatu osa. Mida täpsemalt on võimalik määrata eluiga, seda optimaalsemalt on võimalik toodet konstrueerida, materjali valida. Lisaks masinaehituslikele detailidele on aktuaalne ka teiste toodete tööiga ja töökindlus (nt. õhuliini juhtmed ja nende kinnitusdetailid, jpm).

Kasutatakse traditsioonilisi ja uuenduslikke tootepõhiseid katsemeetodeid ning vahendeid töökindluse hindamiseks. Tootepõhiselt selgitatakse välja erinevad purunemispõhjused ja -mehhanismid ning leitakse seosed materjali mikrostruktuuri ja omaduste vahel. Väljatöötamisel on probleemipõhine meetodika toodete purunemisealase info kogumiseks, süstematiseerimiseks ja jääkressursi hindamiseks.

Tegevusvaldkondadeks on:

- purunemise analüüs (põhjused ja meetmed purunemise vältimisel);
- tootearendus ja tootmistehnika (materjali ja tootmistehnoloogia valik, materjali töötlusparameetrite optimeerimine);
- materjalide ja toodete tugevdavad tehnoloogiad (pinnatehnoloogia ja termotöötluste valik, parameetrid).

Kasutatavad katse- (labori- ja tööstuskatsed) ning analüüsimeetodid:

- metalsete ja mittemetalsete (kõvasulamid ja keraamika) materjalide ning pinnete väsimusteimid (nii madalatel ja kõrgetel temperatuuridel);
- löögisitkuse ja purunemissitkuse teimid (materjalide sitkus madalatel ja kõrgetel temperatuuridel);
- struktuuriuurimismeetodid (valgusmikroskoopia, SEM, XRD jmt);
- kvantitatiivsed ja kvalitatiivsed analüüsimeetodid;
- vibratsioonikatse jt.



Näide – katmata õhuliini juhtme katsetamine väsimusele

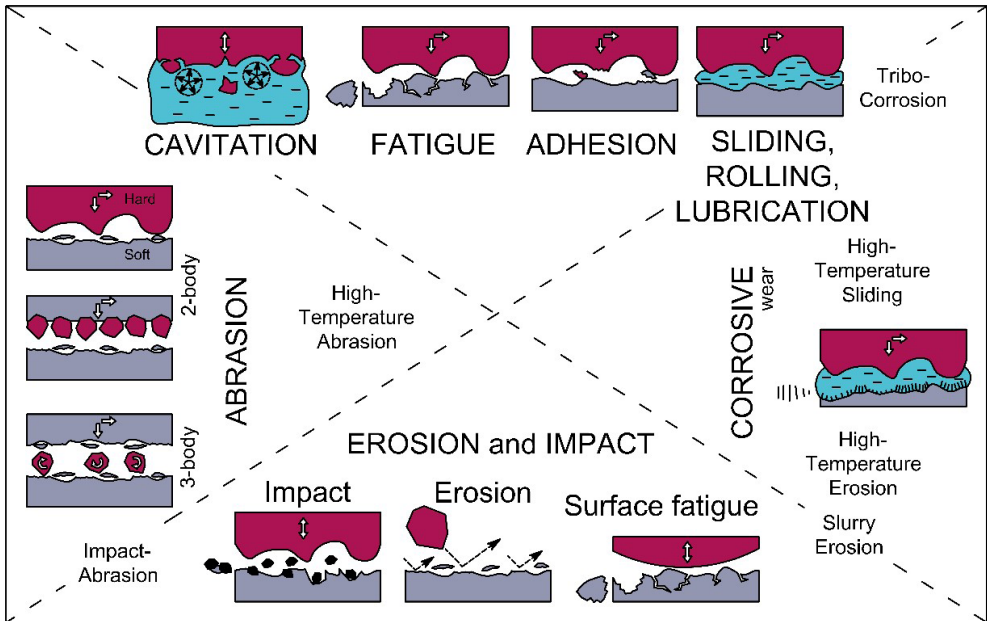
Tribosüsteemide arendus

(teemajuht: vanemteadur Maksim Antonov)

Testimisvõimalused hõlmavad liuge- (koos või ilma määrimiseta toa- või kõrgtemperatuuridel), abrasiiv- (erinevad koormused, kiirused, abrasiiv, kuiv või märg, erinev abrasiivi kontsentratsioon, toa- või kõrgtemperatuurid, jne.) ning kombineeritud kulumise protsesse (nt tribokorrosioon või löökabrasiivkulumine) (vt skeemi).

Ettevõtete tarvis modifitseeritakse olemasolevaid või luuakse uusi katsetusviise, imiteerimaks tegelikke tingimusi. Tänu täpsetele madalkoormusanduritele (koormuse ja positsiooni eraldusvõime vastavalt 0,5 mN ja 1 µm), viiakse läbi miniproovikehade või pehmete materjalide (nagu paber, tekstiil, käsnn jne) katsetusi. Minimaalseid kulumisi saab mõõta tänu 3D optilisele profilomeetrile (täpsus on kuni 0,01 nm).

Tulemusi kasutatakse olemasolevate materjalide või toodete täiustamiseks ja uute loomiseks vajaliku pideva tootearenduse tsükli sisendina. Tänapäeva uurimis- ja tootmiseseadmete ja modelleerimistarkvara kättesaadavus võimaldab töötada välja uusi innovaatilisi materjale.



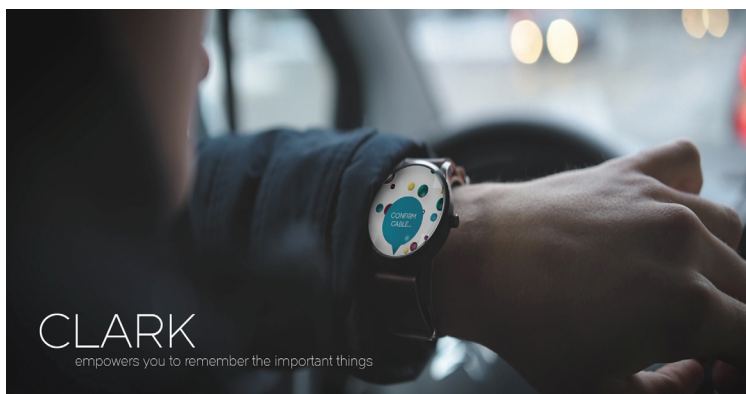
Disainil baseeruvad toote- ja teenusesüsteemid

(teemajuht: prof Martin Pärn)

Disaini ja tehnoloogia tuleviku nägemuseks uuritakse, kuidas uute tehnoloogiate rakendamine muudab inimeste käitumist, minimeerimaks kaasnevaid ühiskondlikke riske ning suurendamaks tehnoloogia arengust saadavat kasu.

Disainist juhitud otsiva uurimise kaudu tegeldakse kaasaegete kompleksete probleemide ja situatsioonide lahtiharutamisega, visandades võimalikke lahendusvariante, -stsenaariume ja visioone, võimaldades sissevaadet võimalikku tulevikku ning aidata ettevõttel mõista globaalsete trendide mõju ja neist avanevaid võimalusi. Tõlgendatakse inimeste muutuvaid käitumistavasid ja harjumusi ning otsitakse neile toetuvaid väärtust loovaid toote ja teenuse ideid, aidates nii läbi inimliku ja tunnetusliku tasandi mõistmise suunata tehnoloogia arendust.

Innovatsiooniprotsessi esimesel etapil, kus toimub uurimustöö on fookuses ideede genereerimine, kontseptsioonide loomine ja testimine; selle tulemusena sünnivad terviklikud sissevaated soovitud tulevikku. Seda analüüsid ja hinnates on võimalik luua samm-sammult soovitud suunas astuvaid tegevusstsenaariume ja koostada konkreetseid lähteülesandeid toote- või teenuse arenduseks.



60 AASTAT MEHAANIKA VALDKONNA KOOLITUST TALLINNA TEHNIKAKÕRGGKOO LIS

Vello Vainola¹

Tallinna Tehnikakõrgkool (TTK), mis kasvas välja Tallinna Tehnikumist 1915. aastal, tähistas 2020 novembris 105-ndat aastapäeva. Tehnikainstituudi ajalugu ulatub poole sajandi taha, kui autotehnika ja metallide lõiketöötlemise eriala õpilased ning õppejõud koos erialalaborite sisustusega viidi üle Tallinna Polütehnikumist 1961. aastal tollaegsesse Tallinna Ehitus- ja Mehaanikatehnikumi (TEMT-i).

Erialad

Erialadest on läbi erinevate ajastute kõige järjepidevamad olnud **autotehnika ja metallide lõiketöötlemise eriala**. Paralleelselt eelpool nimetatud erialadega on olnud lühemat perioodi õpetatud erialasid: tööriistade tootmine, masinaehituse tehnoloogia, plastide töölemine.

Täna sel päeval koolitab TTK tehnikainstituut **autotehnika, elektritehnika, masinaehituse ja robotitehnika insenere**, kelle keskseks erialaseks väljundiks on võimekus panustada tööstusettevõtete tootearendus- ja tootmisprotsessi. Õppekavades on ettevõtte-, inseneri- ja diplomipraktika töökeskkonnas, mille kestvus õppeperioodi jooksul on kokku 6 kuud ning viimasel kursusel lõputöö koostamine, milledest ligi 90 % on ettevõtete baasil. Praktikumid on üles ehitatud lähtuvalt kaasaegsest tootearendusprotsessist nn ideest-tootmiseni printsibiist, mis hõlmab: toote CAD projekteerimist; materjali valikut ja tugevusarvutusi; CAM programmeerimist, detailide ja prototüüpide valmistamist; tööstusrobotite ja -kontrollerite programmeerimist, kvaliteedikontrolli ja tootmisprotsessi juhtimist.

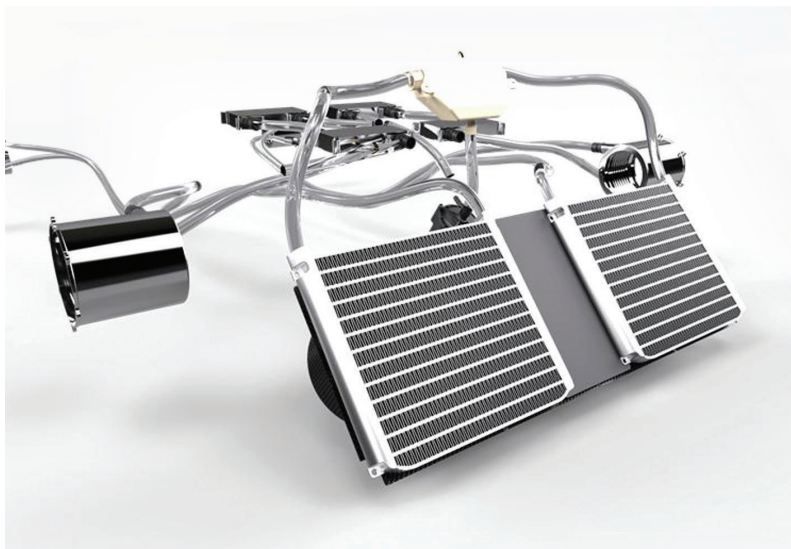
Rakenduskõrgkooli parimad lõputööd

Tudengivormeli FS Team Tallinn vormeliarendus jätkub suunaga kergemate, kiiremate ja vastupidavamate sõidukite arendamisel, milles lõövad kaasa kõikide Tehnika-

¹ TTK tehnikainstituudi direktor

instituudi erialade tudengid. 2019. aasta TTK parima lõputöö ja aasta inseneeriadungi tiitli pälvis just tudengivormelisse panustanud masinaehituse üliõpilane Konrad Ilustrumm, lõputööga „3D printitud jahutusradiaatorite projekteerimine“.

Tegemist on eeskujuliku näitega kõrgtasemelisest tootearendusest, kus on ühendatud praktilised kogemused eelnevate aastate vormelite valmistamisest ning teaduslik lähenemine läbi keerukate simulatsioonide projekteerimise, läbiviimise ja nende analüüsi.



3D printitud radiaator

Tehnoloogiline võimekus

2016. aastal võeti Tehnikainstituudi eesmärgiks Tööstus 4.0 labori kontseptsiooni loomine. 2018. a valminud laboriga saab kool tudengitele demonstreerida ja õppetöös kasutada 100 % automatiseeritud tootmissüsteemi toimimist ja selle olulisi osasid. Tudengid saavad esimese “käed külge” kogemuse koolist ja on tööturule sisenedes teadlikumad uute tehnoloogiate juurutamise ning omavahel sidumise võimalustest. Tööstus 4.0 õppelaborist saavad nad teadmisi koostöörrobotitest, liikurrobotitest, 3D printeritest, RFID tehnoloogiast, MES ja ERP programmidest ning nende kõikide omavahelisest koostööst.

Tehnikainstituudis on kümme kaasagsete seadmetega sisustatud erialalaborit, mis võimaldab õppetöö siduda reaalsete projektidega. Viimaste raames saab teha ettevõtetele vajalikku arendustegevust ja innovaatilisi rakendusuuringuid. See tagab ühelt poolt rakendusliku õppetöö üliõpilaste jaoks ning teiselt poolt firmade huvi teha koostööd TTK-ga ja loob tihedamad sidemed Eesti tööstusettevõtetega. Kaasagne sisseseade vähendab erinevusi õppetöö ja reaalse elu vahel ning seeläbi paraneb õppetöö läbiviimine kõrgkooli jaoks olulises valdkonnas. Viimastel aastatel on Tehnikainstituudi lõpetajate erialasele tööle suundumine 90% lähedane.



Tööstus 4.0 labor



FS Team vormel

Üliõpilased puutuvad tootearenduse ja tootmisega kokku nii teoreetiliselt kui ka praktiliselt, projekteerides ja valmistades praktikumide ning projektitööde käigus toodete prototüüpe, seadmeid ja masinaid. Instituudi lõiketötluse ja keevitustehnoloogia laborites on valminud TTK&TTÜ Formula Student tiimi üliõpilaste poolt vormelite veermiku jm osad.

Koostöö ettevõtetega

2018. aastal toetas tehnikainstituuti **kaks Kuldsponsorit: Stoneridge Electronics AS** andis tehnikainstituudile üle mõõtemasina, turuväärtusega 10 000 eurot ja **Alas-Kuul AS** toetas õppetööd uute Sandvik Coromant lõiketööriistadega, mille koguväärtus oli 14 000 eurot.

Tehnikainstituudi üliõpilasi on tunnustanud **stipendiumitega** mitmed ettevõted. 2019. aastal andis **ABB AS** välja ühe 1280 euro suuruse stipendiumi elektritehnika õppekava üliõpilasele. **Radius Machining OÜ** toetas ühte masinaehituse eriala üliõpilast 1500 euro suuruse stipendiumiga ja **Toyota Baltic AS** toetab iga-aastaselt kolme autotehnika eriala üliõpilast 540 euro suuruste stipendiumitega.

Ameerikas rajatud **Gene Haas Foundation** eraldas 2019. aastal TTK tehnikainstituudile 20 000 dollarit arendusstipendiumiks, et kaasajastada õppekeskkonda. Tehnikainstituudi lektor Madis Moor taotles toetust Gene Haas Foundation'ist, et edendada ja muuta TTK inseneriõpet tudengitele põnevamaks.



Abplanalp Estee OÜ annab üle Gene Haas Fondi toetuse

Lähiperspektiivis jätkatakse ja suurendatakse uute konkurentsivõimeliste tehnoloogiate, toodete, teenuste ja protsesside juurutamist ning arendamisprojektide toetamist. Ettevõtete vajadustest lähtuvalt pakutakse täienduskoolitust, toetust tootearenduse ja tehnoloogia ning tootlikkusega seotud projektidele ja tellimustele. Viiakse läbi regulaarseid kohtumisi ettevõtete ja koostööpartnerite esindajatega, mille käigus antakse ülevaade erialastest uudistest ning arutatakse õppeprotsessi tihedamat lähendamist ettevõtlusele. Peamised koostööpartnerid praktikabaaside osas on läbi aegade olnud: BLRT Group, Norma AS, ABB AS, Radius Machining OÜ, Sumar Tools OÜ, Favor AS, AS Baltic Workboats, Saku Metall AS, Sami AS, HANZA Mechanics OÜ, Norcar-BSB Eesti AS, Paide Masinatehas AS, Meiren Engineering OÜ, Bestra Engineering AS, Finest Steel AS, Tech Group AS, Stera Same AS.

MASINATÖÖSTUS – KUTSESÜSTEEMI LIPULAEV

Mare Johandi¹, Tiia Randma²

Masina- ja metallitööstuses on kutsestandardid keevitajatel, koostelukkseppadel, CNC metallilõikepingi ning APJ lehtmetsa töötlemispinkide operaatoritel, mehhaatronikutel ning robotioperaatoritel ja -tehnikutel.

Kutsestandarddeid koostavad valdkonna asjatundjad ja koolide esindajad kutsestandardi töörühmas. Tegevust koordineerib Kutsekoda. Luuakse ja uuendatakse kokkulepitud sõnastuse ja detailsusega kutsestandardid, mis sisaldavad nõudeid ja ootusi tööalasele kompetentsusele. Välja töötatud kutsestandardite kavandid esitatakse arvamuse avaldamiseks erinevatele valdkonna ettevõtetele ja teistele osapooltele, et neid veelgi parendada. Kutsestandardi võtavad koolid aluseks õppekavade koostamiseks, et tagada kvaliteetne ja optimaalne väljaõpe ning tööturul vajalike oskuste ja teadmiste õpetamine. Kutsestandardi alusel toimub kutseeksamil kutse taotleja vastavushindamine.

Masina- ja metallitööstust kutsesüsteemiga liitumiseks veenda ei tulnud

Läinud sajandi üheksakümnendate keskel, taasloodud Eesti Vabariigis olid kutsestandardite koostamise eestvedajateks ettevõtjad. Eesti töötajate kvalifikatsioonisüsteemi loomisel osalesid teiste hulgas ka tööstusettevõtted. Masina- ja metallitööstuses alustati kutsestandardite välja töötamist 1998. aastal. Eesti Tööriistatootjate Assotsiatsiooni, Kevvitajate Ühingu, Eesti Masinaehitajate Seltsi ja Eesti Masinatööstuse Liidu toel ja initsiatiivil loodi Eesti Kaubandus- Tööstuskoja juurde kutsestandardi töörühmad. Eriala- ja kutseliitude esindajatest said kutsestandardite töörühmade eestvedajad. Kutsesüsteemi pooleks koordinaatoriks oli Sirje Murre. Esimestena koostati tööriistalukksepa, keevitaja, tööpingioperaatori ja montaažilukksepa kutsestandardid.

Eesti Masinatööstuse Liit on aktiivselt osalenud kutsenõukogude töös alates 1999. aastast. Masina- ja metallitööstus oli üks esimesi valdkondi, kes 1998. aastal liitus

¹ Tehnika, tootmise ja töötlemise kutsenõukogu koordinaator

² Kutsekoja juhatuse liige

uuenenud Eesti töötajate kutsekvalifikatsioonisüsteemi loomisega. Valdkonna eestkõnelejateks olid tollal tööandjate esindajatena Jüri Riives ja Ardo Kamratov. Masinatööstureid kutsesüsteemi kasulikkuses pikalt veenda ei tulnud. Kutsesüsteemi vajalikkuse sõnastas selgelt ja lühidalt Masinatööstuse Kutsenõukogu kauaaegne liige Grigori Geršman: „Kvaliteet on tagatud, kui tootja juurde tuleb tagasi klient, aga mitte toode. Kas kutseharidus tagab kvaliteedi?“ Kuna tol ajal oli vastus pigem eitav, asuti ehitama silda tööturu ja õppes pakutava vahele. Esialgu tehti tihedat ja sisukat koostööd Eesti Kaubandus-Tööstuskoja kutsereformigrupiga. Alates 1. oktoobrist 2001 liikus kogu tegevus Kutsekvalifikatsiooni sihtasutusse, millest on praeguseks saanud Kutsekoda.

2002. aastaks loodi metallitöötlemispinkidel töötaja, freesija, lihviija, treiali, elektroerosionisti, tööriistalukksepa, koostelukksepa, keevitaja ja mehhatooniku kutsestandardid.

Uue kutseeaduse vastu võtmine 2008. aastal tõi kaasa Eesti senisest viie tasemega süsteemist Euroopa kaheksa tasemega kvalifikatsiooniraamistikule ülemineku ning kompetentsuspõhise lähenemise kutsestandardites. 2018. aastal valmisid robotioperaator, tase 4 ning robotitehnik, tase 5 kutsestandardid.

Viimane ulatuslik masina- ja metallitööstuse kutsestandardite uuendamine algas 2019. aasta alguses. Kutsenõuded viidi tööturu ootustega kooskõlla võimalikult ühtses võtmes, arvestati ka tagasisidet koolidelt ja kutseeksamitelt ning OSKA metalli- ja masinatööstuse tuleviku tööjõu- ja oskuste vajaduse uuringu tulemusi. Kutsestandardite töörühmad on uuendanud mehhatroonik, tase 4 ja mehhatroonik, tase 5, CNC metallilõikepinkide operaator, tase 4 ja CNC metallilõikepinkide operaatori-seadistaja, tase 5 kutsestandardeid. Lähiaastatel on plaanis uuendada neljanda taseme lehtmetsa töötlemispinkide operaatorite ja koostelukkseppade kutsestandardeid.

Esimesed masina- ja metallitööstuse kutsed said keevitajad ja metallitöötlemispinkidel töötajad

2001. aastal algasid ettevalmistused masina- ja metallitööstuse kutsete andmiseks. Koos masina- ja metallitööstuse, elektroonika- ja aparaaditööstuse, tööriistavalmistamise ettevõtete ning kutse- ja erialaühenduste esindajatega pandi kokku tõendusmaterjal, et Eesti Masinatööstuse Liit on võimeline ja valmis kutseeksamite korraldamiseks ning taotleb kutse- andja õigusi. Kutseandja õiguse otsustas Eesti Masinatööstuse Liidule anda Masina-, Metall- ja Aparaaditööstuse Kutsenõukogu 2002. aasta mais.

Eksamite läbi viimiseks kinnitati kutseeksamikeskused – metalli ja mehaanika erialasid õpetavad kutseõppeasutused. Üheskoos töötati välja kutsekvalifikatsiooni tõendamise vormid, kutseeksami protseduur ning kutseeksamite info avalikustamise viis.

Esimesed kutseksamid korraldati töökogemusega oskustöötajatele jaanuaris 2003. a. Tartu Kutsehariduskeskuses toimus metallitöötlemispinkidel töötaja I kutseksam ja kutse said seitse eksamisooritajat. Narva Kutseõppekeskuses toimus keevitaja kutseksam, mille sooritasid kaks kutsetaotlejat.

Eesti Masinatööstuse Liit otsustas luua kutse andmise korraldamiseks eraldiseisva juriidilise isiku. Nii saigi 2013. aasta oktoobris kutse andja õiguse KOO-MET OÜ. KOO-MET tegutses kutse andjana 2018. aasta lõpuni. Alates 2019. aastast on kutse andja õigus taas Eesti Masinatööstuse Liidul.

Kutseksamite areng läbi aastate on olnud märkimisväärne. Välja on töötatud kvaliteeti kindlustavad kutse andmise protseduurid ja dokumentatsioon. Kaasajastatud on hindamisvorme ja meetodeid, sooritada saab e-eksameid. Samuti kogutakse hindamiste tagasisidet ja arvestatakse sellega hindamisprotsessi parendamisel.

Eesti Masinatööstuse Liidul on õigus anda järgmisi kutseid:

1. APJ lehtmetsalli töötlemispinkide operaator, tase 4
2. Keevitaja, tase 3
3. Keevitaja, tase 4
4. Konventsionaalsetel metallilõikepinkidel töötaja, tase 3
5. Koostelukksepp I
6. Koostelukksepp, tase 3
7. Koostelukksepp, tase 4
8. Mehhatroonik, tase 4
9. CNC metallilõikepinkide operaator, tase 4
10. CNC metallilõikepinkide operaator-seadistaja, tase 5
11. Robotitehnik, tase 5

2003. aastast kuni 2021. aasta 10. märtsini on masina- ja metallitööstuse valdkonnas enim välja antud keevitaja, metallilõikepinkidel töötaja ja mehhatrooniku kutseid.

Tabel 1. Välja antud kutsetunnistused masina- ja metallitööstuses seisuga 10. märts 2021

Kutsestandard	KOKKU	Kehtivaid KOKKU
APJ lehtmetsalli töötlemispinkide operaator, tase 4	5	5
Arvjuhtimisega metallilõikepinkide operaator I	189	188
Arvjuhtimisega metallilõikepinkide operaator-seadistaja II	1	0
Freesija II	1	1
Freesija III	1	0
Keevitaja I	2168	2131
Keevitaja II	48	26
Keevitaja, tase 3	36	34

Keevitaja, tase 4	345	344
Konventsionaalsetel metallilõikepinkidel töötaja, tase 3	2	2
Koostelukksepp I	489	459
Koostelukksepp, tase 3	83	82
Koostelukksepp, tase 4	24	24
Mehhatroonik I	25	25
Mehhatroonik II	539	59
Mehhatroonik III	3	0
Mehhatroonik-tehnik, tase 5	1	1
Mehhatroonik, tase 4	386	385
Metallilõikepinkidel töötaja, tase 4	128	128
Metallilõikepinkidel töötaja, tase 5	2	2
Metallitöötlemispinkidel töötaja I	528	521
Robotitehnik, tase 5	18	18
Treial II	3	2
Treial III	1	0

Enamik kutseeksameid korraldatakse kutseõppeasutuse lõpetajatele, sest alates 2017. aastast on kutseksam ametikooli lõpetamisel kohustuslik.

Eestis õpetavad metalli ja mehaanika erialasid kaheksa kutseõppeasutust:

1. Ida-Virumaa Kutsehariduskeskus
2. Tallinna Lasnamäe Mehaanikakool
3. Võrumaa Kutsehariduskeskus
4. Tartu Kutsehariduskeskus
5. Viljandi Kutseõppekeskus
6. Tallinna Tööstushariduskeskus
7. Pärnumaa Kutsehariduskeskus
8. Rakvere Ametikool

Selle aasta märtsi seisuga õpetatakse keevituse erialasid seitsmes, treialeid ja freesijaid viies, mehhatroonikuid, koostelukkseppi ja lehtmatali operaatoreid kolmes ning robotitehnikuid ühes koolis.

Tabel 2. Populaarseimad masina- ja metallitööstuse kutsed ning enim kutseid andnud koolid 2020. aastal

Kool	Kutsete arv	Populaarseim kutse	Populaarseima kutse taotlejate arv
Ida-Virumaa Kutsehariduskeskus	111	Keevitaja	67
Tallinna Tööstushariduskeskus	102	Mehhatroonik	76
Tallinna Lasnamäe Mehaanikakool	63	Keevitaja	48

Kutseksamite sooritanute osakaal on aasta-aastalt püsinud sarnane. Paremini õnnestuvad kutseksamid mehhatroonik, tase 4 kutse taotlejatel, nt 2020. aastal 78 % kutse taotlejatest sooritas eksami. Keerulisem on kutset saada metallilõikepinkidel töötaja kutseksamitel, kus eelmisel aastal 65 % taotlejatest sooritas eksami.

Kutsetunnistus on garantiikiri tööandjale

Kuigi Eestis ei ole masina- ja metallitööstuses töötamiseks vaja tingimata kutset omada, arvavad valdkonna eksperdid, et kutse andmine on positiivne protsess nii töötajale kui tööandjale

Kutsetunnistus:

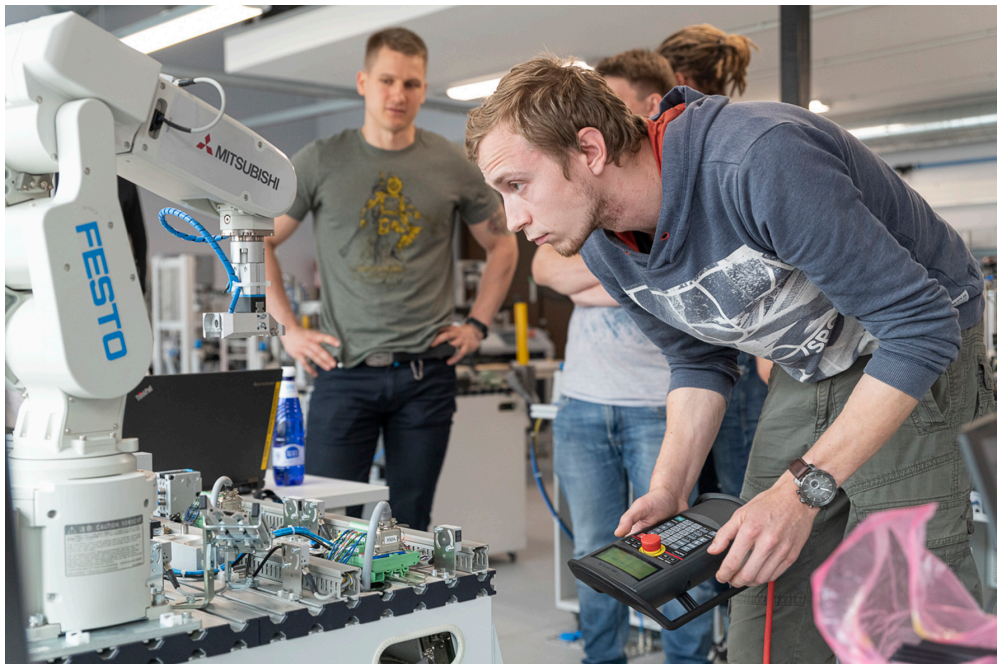
- annab taotlejale võimaluse eksami sooritamisel saada valdkonna kogunud asjatundjate tunnustus;
- on töötajale enesearendamist motiveeriv ja enesekindluse tõstmise allikas;
- informeerib tööandjat ja klienti kutsealasest asjatundlikkusest;
- on eelis tööle kandideerimisel nii Eestis kui välismaal, kutsetunnistus toimib kui garantiikiri;
- on inglisekeelse kutsetunnistuse lisa abil mõistetav ka mujal Euroopas.

Kutsete andmine on muutunud paindlikumaks ja andnud koolidele ning tööandjatele juurde uusi võimalusi. Kindlasti laiendab valdkonnas kutsetaotlejate ringi kutse osade kaupa andmise võimalus. Kiiresti muutuvas töömaailmas töötavad erinevate võimete ja karjäärimuutustega inimesed. Uued, kompetentsipõhised kutsestandardid võimaldavad neile kõigile paindlikke kutsealase tunnustamise võimalusi.

Masina- ja metallitööstuse kutsesüsteemi üles ehitamisel ning arendamisel on oma suure panuse andnud mitmed töömaailma esindajad. Suur tänu teile: Jüri Riives, Valdur Veski, Matti Timmermann, Jaanus Halling, Grigori Geršman, Maido Ajaots, Mart Tamre, Leho Lilleorg, Külli Kanter, Aleksander Stepanov ja kutsesüsteemi pikaajaline koordinaator Sirje Murre.



Keevitaja kutseksam



Robotitehnika kutseksam

Kutseeksamite sisuka ja õiglase läbi viimise eest aitäh Jelena Kruglovale ja Galina Trofimovale Ida-Virumaa Kutsehariduskeskusest, Villu Repänile, Ülo Rampile, Raido Viltile ja Allan Patskale Tartu Kutsehariduskeskusest, Viktor Dremljugale, Indrek Saarele, Terje Kruusalule ja Jüri Postile Võrumaa Kutsehariduskeskusest, Lembit Miilile ja Urmas Rebasele Pärnumaa Kutsehariduskeskusest, Eduard Brindfeldtile, Virgo Rottenbergile, Rein Piknerile ja Veiko Põldmaale Tallinna Tööstushariduskeskusest, Albert Ustimenkole ja Jaan Mätasele Viljandi Kutseõppekeskusest, Enn Helemäele, Leho Lilleorule, Tatjana Karaganovale ja Aleksandr Sagalajevile Tallinna Lasnamäe Mehaanikakoolist, Olev Metsisele ja Nikolai Jukinile Rakvere Ametikoolist, Janis Piiritalole, Samo Saartsile ja Toomas Pihlile Tallinna Tehnikakõrgkoolist ning keevitajate koolitajale Harri Veskimeistrile.

Teksti koostamisel kasutatud Sirje Murre ja Matti Timmermanni mälestusi.

EMIL – EESTI MEHAANIKAINSENERIDE LIIT

Aigar Hermaste, Priit Kulu

Eesti Mehaanikainseneride Liit (EMIL) moodustati 1997. a Eesti Mehaanikainseneride Seltsi (EMIS), Eesti Materjalitehnika Ühingu (EMÜ) ja Eesti Keevitusühingu (EKÜ) baasil. Toonasesse juhatusse kuulusid Maido Ajaots, Priit Kulu, Jüri Papstel, Toomas Talving, Heinrich Rešetnjak, Andres Laansoo ja Aleksei Hõbemägi.

1997. a 14. novembril võeti vastu ja kinnitati EMILi Üldkogul põhikiri. Põhikirjast tulenevalt oli EMILi tegevuse eesmärkideks:

1. Kõikide liikmete tegevuse ühendamine ja esindamine Eesti tehnika-, teadus- ja hariduspoliitika kujundamisel.
2. Noorsoo hulgas tehnikaprobleemide ja nende sotsiaalse mõistmise süvendamine ja tehnikahuvi äratamine.
3. Erialase täiendkoolituse arendamine.
4. Mehaanikainseneri kutsete prestiiži tõstmine.
5. Mehaanikainseneride kutsete omistamine.
6. Eesti mehaanikainseneride esindamine rahvusvahelistes organisatsioonides.
7. Eesti masina-, metalli- ja aparaaditööstuse konkurentsivõime tõstmisele kaasaaitamine.
8. Eesti tehnikaajaloo uurimisele ja tehnikapärandi säilitamisele kaasaaitamine.

Läbi aegade on EMILil olnud mitmeid erinevaid juriidilisi liikmeid nagu Tallinna Tehnikakõrgkooli mehaanikateaduskond, TTÜ mehaanikateaduskond, TTÜ Masinaehituse instituut, TTÜ Materjalitehnika instituut, Eesti Masinatööstuse Liit, TTÜ Mehaanikateaduskonna üliõpilasnõukogu ja veel mõned ettevõtted.

Tänaseks on enamus ühinguid ja seltse oma töö lõpetanud ning kõik mehaanikainsenerid on koondunud EMILi alla. Alates 2017. aastast ei ole EMILil enam juriidilisi liikmeid ja nii nagu liidu nimigi ütleb, on nüüdsest liikmeteks ainult mehhanotehnika valdkonna insenerid. EMILi juhatuse esimehed on olnud Jüri Papstel (1998–2001), Andres Laansoo (2001–2009), Priit Kulu (2009–2013) ja Aigar Hermaste (2013–k.a). Hetkel on EMIL Eesti Inseneride Liidu ja Eesti Masinatööstuse Liidu liige.

Oma eesmärkide saavutamiseks on EMIL korraldanud mitmeid koolitusi, osalenud iga-aastasel Instrutec masina- ja metallitööstuse messidel, koos Eesti Masinatööstuse Liiduga välja andnud mitmeid trükiseid (Eesti Masinatööstuse Liit 1991–2006, TTÜ mehaanikateaduskond 75 ja Eesti Masinatööstuse Liit 20 (2011), Eesti Masinatööstuse Liit, TTÜ mehaanikateaduskond 80 (2016), Eesti Masinatööstuse Liit 85 (2021)).

2011. aastal asutati koostöös TTÜ Arengufondiga Eesti Mehaanikainseneride Liidu magistriõppe stipendium mehaanikateaduskonna tootearenduse ja tootmistehnika eriala magistriõppe üliõpilasele. Nelja aasta jooksul jagati välja 4 stipendiumi, suurusega 1000 eurot.

TTÜ mehaanikateaduskonna õppejõudude poolt koos EMILiga ja Archimedese poolt toetatud projekti raames valmis 2012. a Mehaanikainseneri käsiraamat, mis ilmus mitmekordsete trükkide raames kogutiraažis 2200 eksemplari, mis on tänaseks läbi müüdud.

Pidevast huvist selle käsiraamatu vastu asuti Mehaanikainseneri käsiraamatu uue versiooni – *Europa-Lehrmittel* 4-nda ingliskeelse (märkimisväärselt laiendatud võrreldes eelmistega) tõlkimisega. Käsiraamatu valmimist toetatakse Kõrgkooliõpikute koostamise programmi alt.

Siinjuures tuleb ära märkida TTÜ õppejõudude (J. Kübarsepp, P. Kulu jt) olulist panustamist eestikeelse terminoloogia loomisel. 2013. a valmis Materjalitehnika seletav sõnaraamat ligi 5600 märksõnaga. Viimasel kahel aastal on tegeletud selle sisestamise, täiendamise ja korrastamisega Eesti Keele Instituudi elektroonsesse terminiandmebaasi *Ekilex*.

EMIL on ka mehhanotehnika valdkonna inseneridele mehaanikainseneri kutsekvalifikatsioone omistav organ. Esimene kutseomistamise õigus saadi 2004. aastal. Siis loodi ka EMILi juurde vastav erialaspetsialistidest koosnev kutsekomisjon (esimees P. Kulu). Alates 2004. aastast, on EMIL kokku omistanud üle 250 mehaanikainseneri kutse.

Käesoleval ajal omistatakse järgmisi kutseid:

- Mehaanikainsener, tase 6,
- Diplomeeritud mehaanikainsener, tase 7, tootearenduse, tootmistehnika ja masina- ja robotsüsteemide erialal,
- Volitatud mehaanikainsener, tase 8, koolituse ja teadusarendustegevuse, tootearenduse, tootmistehnika, materjalitehnika, keevitustehnika, masina- ja robotisüsteemide ning seadmete ja süsteemide korrashoiu erialadel.

Viimase aja põhitegevusteks on olnud ka mehaanikainseneride kutsete kutsestandardide uuendamine, millega tegeles selleks moodustatud töögrupp (P. Kulu, V. Vainola, O. Mets, A. Laanemets, K. Vaher, V. Konnimois).

Uued kompetentsipõhised kutsestandardid kinnitati 8. novembril 2018. a ja kehtivad 2025. aastani.

Põhiline erinevuseks võrreldes vanade standarditega on erialase töö kõrval IKT osa lisandumine, täiendkoolituse mahus 5-6 EAPd nõue ja 7. ning 8. taseme kutsete kehtivuse viimine 7 aastale.

Uute kutsestandardide raames antakse kutseid välja alates 2020. aastast.

Täiendkoolituse nõude täitmise tagamiseks käivitati Mehaanika ja tööstustehnika instituudi inseneripedagoogika keskuse poolt meistriklassi täiendkoolitus, mille mooduliteks on: 1. Juhtimine ja suhtlemine, 2. Toodete arendamine, 3. Materjalitehnika ja toodete valmistamine, 4. Robotisüsteemide arendamine, 5. Seadmete hooldus ja järelvalve, 6. Tootmise korraldamine ja juhtimine, 7. Keevitustehnoloogiad. Täiendkoolituse mooduli maht on 1 EAP, kogu meistrikursuse maht aga 7 EAP.

Kuna TTÜ ja Eesti Maaülikool (EMÜ) on jätkuvalt andmas mehaanikainseneri, 6. tase esmakutseid (EMÜ) ja diplomeeritud mehaanikainseneri esmakutseid (TTÜ), siis vaadati üle ka vastavad standardid, mis tänaseks on kinnitatud.

Eesti Mehaanikainseneride Liit on tihedalt seotud ka erinevate konverentside (DAAAM Baltic, Baltmattrib, MMM 2018, 2021) ja seminaride korraldamisega. Traditsiooniks on saanud iga kahe aasta tagant mehaanikainseneride päeva korraldamine koos Tallinna Tehnikaülikooli mehaanika ja tööstustehnika instituudiga.

EMIL on pidevalt tegelenud kutsete ja kutsesüsteemi tutvustamisega mehaanika-valdkonnas ning püüdnud teha kutse andmist võimalikult arusaadavaks kõikidele kutsetaotlejatele. Üheks selliseks tegevuseks oli kaasaegse, selge ja informatiivse kodulehe loomine. Selle eest pälvis EMIL ka 2016. aastal Kutsekoja poolt Tunnustatud kutseandja nimetuse.



Kutsetunnistuse väljaandmisel Insero OÜ-s 2019. a

ARENGUD TÖÖSTUSES JA VÄLJAKUTSED EESTI MASINAEHITUSES

Jüri Riives

Arennud tööstuses ja tehnoloogias üha kiirenevad. Oluliste muutuste esilekutsujaks oli eeskätt väljakuulutatud nn „neljas tööstusrevolutsioon“ (*Industry 4.0*), milles tootmise digitaliseerimine omandas väga olulise koha. Ega tänapäeval enam teisiti ei saagi, kuna ka maailm meie ümber muutub väga kiiresti. Seda eeskätt asjaoludel, mis on seotud vananeva tööjõuga Euroopas, kliimamuutustega maailmas, uute Z- ja alfa generatsioonide maailmavaatelistele muutustele, aga samuti tootmise paradigma uuendustele, kus järjest suuremad ootused on omistatud kvaliteedile, toote maksumuse vähenemisele, tellimuste täitmise tsükli kestvusele, toote turule toomise aegade lühenemisele jms. Ettevõtetel on vajalik kõige sellega edukalt hakkama saada.

Tehnoloogiate mitmekesisus, nende järjest keerulisemaks muutumine, aga ka arendustegevuse pidev vajadus konkurentsipositsioonide säilitamiseks, on viinud asjaoluleni, kus vaid edasijõudnud ettevõtted suudavad arengutega edukalt kaasas käia. Olukorra iseloomustamiseks toome kaasaegse töökooha olemuse (vt Joonis 1).

Mitte üksnes roboti kasutamine ei muuda töökohta kaasaegseks, vaid selle töökooha vertikaalne ja horisontaalne integratsioon tööstusinterneti (IoT) ja tööstusseadmete liidestega (M2M) ning erinevate digitaalsüsteemide lahendustega (CAD/CAM – automatiseeritud projekteerimise ja valmistamise lahendused, ERP/PLM – tootmise planeerimise ja tootmisandmete halduse lahendused, MES, LIMS – tööstusandmete seire ja võrdlemise süsteemid). Joonisel 1 kajastatud töökoht koos digilahendustega on tänapäeva reaalsus. Ega teisiti, kui läbi komplekse digitaliseerimise ja automatiiseerimise, ei ole võimalik ka saavutada tootlikkust üle 500.000 EUR aastas töötaja kohta.

Tööstusliku tootmise roll ühiskonnas on pidevas arenduses. Edukad ettevõtted liiguvad suure kiirusega tehnilise täiuslikkuse suunas. Digitaliseerimine, tehisintellekti lahenduste kasutamine, robotiseerimise osatähtsuse plahvatuslik tõus, uued targad materjalid, keskkonnasäästlikkus jms on tänapäeva reaalsus. Seda tuleb arvestada ja võimaluse korral arengutega kaasas käia. Tööstuse tehnoloogiline tase iseloomustab riigi majanduse taset tänapäeva globaliseerunud maailmas ja ka riigi konkurent-



Joonis 1. Kaasaegne töökoht koos oluliste digitaallahendustega (S. Bouchard, M. Bélanger-Barrette, "Risk assessment for "Safe" Collaborative robots still needed")

sivõimet. Tööstus toetab innovatsiooni, tootlikkuse ja rahvusvahelise kaubanduse arengut. Tööstuslik tootmine on üha rohkem seotud teenindusega ja sõltub oluliselt turust ja klientidest.

Euroopa on säilitanud veel ikka juhtpositsiooni masinatööstuses maailmas. Masinatööstusel on jätkuvalt tõusev trend ja tööstusharu innovaatus suureneb pidevalt. Samas tuleb arvestada ebaselgusi ja turbulentsi kasvu. Masinatööstuse trende ja arenguid suunavad Euroopas olulisel määral üldtuntud organisatsioonid: EFFRA, ORGALIM, Manufuture. Kokkuvõtvalt on alltoodud tabelis (Tabel 1) toodud olulised trendid ja mõjurid, tuletatud eeltoodud organisatsioonide materjalide põhjal.

Eesti töötlevas tööstuses on valdavalt tegemist väikeste ja keskmise suurusega ettevõtetega (VKE) ning sellega tuleb arvestada arenduste kavandamisel ja arenguprogrammide väljatöötamisel. Samas suurettevõtte on sageli arenemisvõimelised ja suutelised enam kasutama tehnoloogilisi uuendusi. Samas tehnoloogiad ja vahendid, mis on mõeldud suurettevõtetele ei ole sageli otstarbekad kasutamiseks VKE-des.

Digitootmise tehnoloogiate evitamise aeg VKE-des võib kujuneda pikaks ja arvestades kiirelt muutuvaid tehnoloogiasid, peavad VKE-d korrigeerima operatiivselt kavandatud tegevusi. Oluline on käsitleda üleminekut digitootmisele kui pidevalt arenevat protsessi. Uute lahenduste arendusel ja realiseerimisel on vajalik sujuv koostöö teh-

Tabel 1. Trendid masinatööstuses

ARENGUSUUNAD	OOTAMATUSED	OHUD
Digitaliseerimine	Tarneahelates	Looduskatastroofid
Robotika	Rahvusvahelistel turgudel	Kliimamuutused
Autonoomsed täisautomati-seeritud töökeskused	Ärimudelites	Rändeprobleemid
Tehisintellekt	Finantsinstrumentides	Tööjõu nappus
Inimene-masin integratsioon	Koostöös	Tööjõu vananemine
Integratsioon ja arvuti-võimsuse suurendamine		Küberohud
Digitaalsuse ja funktsio-naalsuse seos		Eetilised mõjud
		Religioossed mõjud
		Sõjalised konfliktid

noloogiatevõtete, ülikoolide ja tootmisettevõtete vahel. Et paindlikult arvestada nii ärikeskkonna, kui ka tehnoloogia arendustega seonduvaid muutusi, tuleb liikuda ettevõtte jaoks parajate sammudega, silmas pidades strateegilist terviklahendust ja reaalseid vajadusi. See on paras väljakutse, aga teisiti ei ole võimalik, sest igasugune paigalseis on paratamatult tagasiminekuks. Refereerides Eesti Panga mõningaid tööeks-pidamisi, võib kokkuvõtvalt Eesti masinatööstuses väljakujunenud olukorda refereerida alljärgnevalt:

- Tänu „odavale rahale“ ja muutuval majanduskliimal võiks ettevõtetel olla soodus aeg uute võimaluste leidmiseks ja ekspordipotentsiaali arendusteks.
- Lühike väärtusahel ja vähene lisandväärtus toodetel ei võimalda vajalikke ja konkurentsivõimet kindlustavaid tehnoloogilisi arendusi, mille tõttu kujuneb nn „Keskpärasuse lõks“.
- Töövõimelise elanikkonna arv väheneb ja palgakulu suureneb, mis peaks olema tõsiselt võetavaks mõjuriks lisandväärtuse suurendamisel, mis omakorda tekitab „Muutuste paratamatuse“.
- Väikesed investeeringud arendustegevusele pärsivad konkurentsivõimet ja võivad tekitada „Paigalseisu ohu“.
- Digitaliseerituse, automatiseerituse ja ka paindlikkuse tase ettevõtetes on selgelt madal, mistõttu „Tootlikkus on ohus“.
- Ettevõtted pole väga ambitsioonikad arendusteks, ka uute ärimudelite arendusteks. Kuid uued, kaasaegsed tehnoloogiad ja ärimudelid on vajalikud, et tagada „Konkurentsivõime kindlustamine“.

Siinkohal on mõnede juhusliku valimi Eesti masinatööstuse ettevõtete olemus ja nägemus tänapäeva tiheda konkurentsiga maailmaturul toimetamise kohta. Siit saab siis mõtiskleda, mis meil hetkel on hästi ja kuhu ning kuidas edasi peaksime liikuma.

HEAD PRAKTIKAD



ALISE TECHNIC OÜ

Asutamise aasta – 2000

Tegevusvaldkond – lehtmetsalli töötlemine

Alise Technic OÜ pakub allhankena tootmis- ja inseneriteenuseid metallist komponentide ja koostude valmistamiseks, kasutades selleks laia valikut kaasaegseid tööstustehnoloogiasid ja arvutiprogrammjuhtimisega seadmeid

Missioon – loome metallist kasulikke lahendusi

Visioon – lihtsustame oma klientide elu

Soovime olla eelistatuim koostööpartner lehtmetsalltoodete arendamisel ja tootmisel.

Töötajate arv 2020. a – 31

Käive 2020. a – 2,8 milj€

Eksport – 2020. a ekspordimaht oli 52 %, sihtturgudena Soome, Rootsi, Läti, Saksa, Taani; 99 % meie toodangust läheb läbi klientide Eestist välja

Koduleht – alisetechnic.eu

Edu võtmed:

1. Meie märksõna eduks on lojaalsus, seda nii töötajate kui ka klientide poolt. Pikaajalised töö- ja kliendisuhed on meile väga olulised. Eks ka tehnoloogiline võimekus on see, mis loob ettevõtte edule aluse; aga seade üksi siiski ei tööta, selleks on vaja oskuste ja teadmistega kolleegi. Lisaks on oluline ka paindlikus, suutlikkus klientide ootuste ja nõudlikkuse kasvuga kaasas käia.
2. Hoiame end kursis ja püüame sammu pidada maailmas toimuvaga. Klientide jaoks on oluline, et kasutaksime keskkonnasõbralike lahendusi ja materjale. Klientide vajadused ja konkurents turul on need, mis viivad uute tehnoloogiliste vajaduste ja lahenduste juurde.
3. Protsesside automatiseerimine on suund, millega tuleb järjest rohkem tegeleda; sellega kaasneb ka kogu meeskonna arendamine. Eesmärk on kogu käsitsi tehtav

töö, nt kliendinõuete, andmete sisestamine, kontrollimine automatiseerida ja sellest vabanev nutikate kolleegide ressursid suunata tootmisprotsesside parendamiseks ja seal vajalike IT lahenduste leidmise ja automatiseerimise.

Ettevõtte loomisest saadik oleme silmas pidanud, et kasutame innovaatilisi seadmeid, mis on ka keskkonnasõbralikud. Seade on mõistlik siis uuema vastu vahetada, kui uus on tootlikum, säästlikum, ohutum nii keskkonna kui ka ressursitõhususe mõttes.

4. Meie fookus täna on energiasektoril, kus on põnevaid taastuvenergia lahendusi, meditsiini- valdkonnal, kus on pidevalt uusi arenguid ja logistika alates nutipostkastist, pakiautomaadist kuni elektriautode, vee- ja õhusõidukiteni. Püüame kaasa rääkida tulevikutoodete tootmisel ja arengutes ning hoida kätt pulsil igapäevaselt maailmas põnevate lahenduste loomisel.



Meeskonnas peitub vägevus, meie parim meeskond!



AQ LASERTOOL OÜ

AQ Lasertool alustas tegevust Eestis 2003. aastal, tegutsedes masina- ja metallitööstuse valdkonnas. Peamine tegevusala on lehtmetailist komponentide valmistamine kommertssõidukitele – veoautod, bussid ja rongid.

Ärikonseptsioon – arendada, toota ja tarnida komponente ning süsteeme nõudlikele tööstusklientidele

Visioon – loomulik valik koostööpartnerina

2003 – Lasertool OÜ alustas samanimelise Rootsi ettevõtte tütaretevõttena tegevust Pärnumaal Lemmetsa külas. Esialgu oli tootmispinda ca 3 000 m² ning töötajaid ca 10.

2006 – AQ Group omandas Lasertool'i tehased nii Eestis kui Rootsis ning ettevõtte nimi muudeti AQ Lasertool'iks

2007 – Tootmispinda laiendati 10 000 m²

2008 – Ettevõtte tunnistatakse "Pärnumaa Tõusev Täht" auhinna vääriliseks

2009 – Ettevõtte tunnistatakse "Pärnumaa Parim Ettevõtte" auhinna vääriliseks

2009 – AQ Lasertool omandab tootmishoone, milles sinnamaani tegutseti rentnikena

2010 – Ettevõtte tunnistatakse "Kõige kiiremini kasvav Rootsi ettevõtte Eestis" auhinna vääriliseks

2011 – Ettevõtte tunnistatakse "Audru valla parim ettevõtte" auhinna vääriliseks

2012 – Ettevõtte tunnistatakse teistkordselt "Pärnumaa Parim Ettevõtte" auhinna vääriliseks

2014 – AQ Lasertool võtab üle tootmistegevuse Jüris (Sertec Engineering) ja Viimsis (Foleshill Metal Finishing)

2018 – AQ Lasertool ostab Mecanova OÜ ja ühendab äritegevused jätkates AQ Lasertool'ina

AQ Lasertool'is töötab 400 inimest ja aastane käive on üle 40 miljoni euro

Ekspord – ekspordi maht on 95% ja peamised sihtturud on Rootsi, Saksamaa, Soome, Holland, Belgia, Prantsusmaa, aga ka India, USA, Argentiina

Koduleht – <https://www.aqg.se/en/lasertool>

Ettevõtte tegutseb valdkonnas, kus on vajalikud spetsiifilised kvaliteedijuhtimis-süsteemid – autotööstus (IATF 16946), rongitööstus (EN 15085), tuuleenergeetika (APQP4Wind). Need ja samuti tootmine konkurentsivõimelises piirkonnas on taganud ettevõttele jätkuva edu.

Tehnoloogilise võimekuse arendus käib järk-järgult ja koostöös klientidega, ettevõtte investeerib vastavalt klientide vajadustele, et tagada pidev käibe kasv. Samuti käib pidev töö tehnoloogilise arendamisega et tõsta tootlikkust. See on taganud ettevõtte konkurentsivõime varasemalt ja ka tulevikus.

Tulevikus on vaja üha enam tähelepanu pöörata automatiseerimisele ja nutikatele digilahendustele, et vähendada tööjõu vajadust tooteühiku kohta.

Perspektiivikad sektorid, kus meie kliendid töötavad ja kuhu me juba täna komponente tarnime, on tuuleenergeetika ja E-mobility.



Alumiiniumikeevitus

REVISMO ENGINEERING

Revismo Engineering (Revismo OÜ) on 2013. a loodud inseneribüroo. Ettevõtte tegeleb insenerteenuste osutamisega ning insenertehnilise nõustamisega. Meie eesmärgiks on olla enda teenuste lõikes Euroopa tasemel arvestatav tegija. Oma igapäevases töös lähtume põhimõttest, et kui on olemas kliendi tahe, siis leiame meie ka lahenduse. Seda võimaldab meil teha meie töökas ja nooruslik kollektiiv, kellele meeldib töötada erinevate probleemide ja lahenduste kallal.

Ettevõtte tegutseb ISO 9001 juhtimisstandardit järgides ning kõik meie poolt pakutavad teenused on ka ISO 9001 järgi sertifitseeritud. Meie poolt pakutavad tegevused on järgmised:

- CAD projekteerimine
- Tööstusdisain
- Insenertehnilised arvutused
- Ekspertiisid
- Juhendid
- Vastavushindamine ja riskianalüüs

Meie töökas meeskonnas töötab 15 inimest, kellest 11 on insenerid. Oleme Eesti suurim tootearendusega tegelev inseneribüroo. Müüme oma klientidele igakuiselt ca 2000 tundi insenerteenuseid. Meie kliendid on peamiselt Eesti ettevõtted, kuid müüme arvestatava osa oma tööst ka Rootsi, Norra ja Soome.

Leiame, et kvaliteetse töö aluseks on hea tervis ja mõnus töökeskkond. Oleme liitunud Tervist Edendavate Ettevõtete Ühendusega ning proovime ettevõttena propageerida liikumist ja tervislikke eluviise. Pöörame ettevõttega palju tähelepanu sellele, et meie omavaheline läbisaamine oleks hea ning sellest tulenevalt valime hoolega oma meeskonda uusi liikmeid. Koos meeskonnaga saame hea meelega kokku ka töövälisel ajal, võttes ette erinevaid ühistegevusi. Olgu tegemist spa külastusega, discgolfi mängimisega või talisuplusega – alati on kohal arvestatav osa meeskonnast.

Lisaks mõnusale töökeskkonnale on meie hea töö aluseks ka litsentseeritud 3D CAD tarkvarad, mis võimaldavad meil projekteeritavaid lahendusi virtuaalselt projekteerida ja analüüsida. Enamjaolt kasutame oma töös Solidworks 3D CAD Premium, Autodesk Inventor Professional, Autodesk AutoCAD ning Autodesk Nastran tarkvarasid. Eelnimetatud CAD tarkvarad annavad meie kasutusse palju kasulikke tööriistu.

Teeme palju tööd selle nimel, et saaksime olla kindlad oma töö heas kvaliteedis. Kõik meie poolt teostatavad projektid läbivad ettevõtte sees vähemalt kahetasandilise kontrolli – projekte kontrollib alati lisaks projekti teostanud insenerile ka vastu-

tav insener. Kontrollimise protseduurid teostatakse vastavalt ISO 9001 standardile, mida kord aastas Bureau Veritas verifitseerib. Pakkumaks oma klientidele täiendavat kindlustunnet oleme sõlminud inseneritehnilise projekteerimise alase vastutuskindlustuslepingu 250 000 € ulatuses. Täpsem kindlustatud tegevusala on „Seadmete ja masinate ning nende osade projekteerimine, tugevusanalüüside teostamine“.

Kui soovite abi inseneritehniliste probleemide lahendamisel, soovite hakata arendama oma toodet, vajate kvaliteetseid tootejuhendeid või inseneride konsultatsiooni, siis Revismo Engineering on Teile kindlasti abiks.



Revismo kollektiiv töövälisel ajal

WINDAK OÜ

Asutamise aasta – 2004 (OÜ registreerimise aasta, Windak asutati Rootsis 1994. a, Eestis töötati Windaki suunal juba 1999. aastast)

Tegutsemisvaldkond – Tööstus ja tootmine, masinaehitus, seadmed kaablitööstustele
Ettevõtte põhitegevuseks on kliendispetsiifiliste kaablikerimise seadmete projekteerimine, ehitamine, programmeerimine ja paigaldamine. Lisateenusena pakub Windak garantijärgset hooldust ning varuosade müüki

Missioon – Windak peab pakkuma kliendile orienteeritud esmaklassilist teenindust. Analüüsida ja pakkuda oma klientidele suurepärased terviklikud lahendused kooskõlas vajaduste ja eelarvega. Investeerida innovatsiooni ja kvaliteeti, eelistades lihtsat lahendused ja tipptaseme saavutamisel kõiges, mida me teeme

Visioon – Pakkuda meie klientidele maailmaklassi kaablipakendamise lahendusi, mis ületab kõik nende ootused ja nõuded

Töötajate arv – 40 (ajas muutuv)

Käive – 2019. a 7.2 M€ (ajas muutuv)

Eksport ja sihtturud – Eksport 2020. a – 100 %. Sihtturud: Ameerika Ühendriigid (80 %), EMEA regioon, Austraalia ja Sõltumatute Riikide Ühendus (CIS riigid)

Koduleht v www.windakgroup.com

Ettevõtte edu pant – Windaki peamine eesmärk on alati olnud pakkuda ainulaadset, terviklikku lahendust ja luua sisukaid suhteid oma klientidega. Me ei müü mitte ainult masinaid, vaid ka “kogemusi/protsessi” – täielik teenusepakett alates müügist ja projektijuhtimisest kuni seadmete elutsükli lõpuni.

Paindlikkus on üks meie eelis. Windak pakub kas valmislahendusi või kohandatud mistahes kaasosaluse ainulaadsetele väljakutsetele.

Me oleme oma klientidele alati olemas. Meie kliendid saavad meie peale loota ka pärast müüki.

Tootearendus ja tehnoloogilise võimekuse arendus - Meie tootearendusmeeskond töötab igapäevaselt. Ideede saamiseks juhindume trendidest maailmas, töötame koos oma partnerite ja ka klientidega ning lähtume praktilistest vajadustest.

Tulevikufookused:

- Keskendumine keskkonnasõbralikele pakenditele - energiatarbimise minimeerimine ja jäätmete mahu vähendamine
- Tootearendus
- Tööstus 4.0

Perspektiivikad valdkonnad tulevikus – kaabel ja kaablisarnaste toodete pakendus.



Windak OÜ peahoone Harjumaal Peetris

EESTI MASINATÖÖSTUSE LIIT TUNNUSTAB

2019

Aktiivseim liige 2019: VENTEN OÜ

Aasta 2019 sõber: Saksa-Balti Kaubanduskoda

Aktiivseim Nõukogu liige 2019: Priit Lind

Aasta tegu 2019: BLRT-s toodetud ainulaadne avamere haakpoi

Eesti Masinatööstuse Liidu auraha: PRIIT KULU



2018

Aktiivseim liige 2018: Radius Machining

Aasta 2018 sõber: Tööstusuudised.ee

Aktiivseim Nõukogu liige 2018: Kristo Kaugija

Aasta tegu 2018: ISEAUTO

Eesti Masinatööstuse Liidu auraha: JÜRI RIIVES



2017

Aktiivseim liige 2017: Saku Metall Allhanke Tehas

Aasta 2017 sõber: Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium

Aktiivseim juhatuse liige 2017: Tõnu Lelumees

Aasta tegu 2017: Merkuur OÜ ja mobiilsed töötoad

Eesti Masinatööstuse Liidu auraha: PAUL TREIER



2016

Eesti Masinatööstuse Liidu auraha: ALEKSEI HÖBEMÄGI



EMLi LIIKMED

1	Abiraha OÜ	www.abiraha.ee
2	Abplanalp Estee OÜ	www.abplanalp.ee
3	Adrem Pärnu AS	www.adremparnu.ee
4	Aider OÜ	www.aider.ee
5	Aktsiaselts Eesti Elecster	www.elecster.ee
6	Alas-Kuul AS	www.alas-kuul.ee
7	Alise Technic OÜ	www.alisetechnic.eu
8	Amper Engineering OÜ	www.3dscan.ee
9	AMV Metall OÜ	www.amvmetall.ee
10	AQ Lasertool OÜ	www.aqg.se/en/
11	Aramet OÜ	www.aramet.ee
12	AruCAD Süsteemid OÜ	www.arucad.ee
13	AS Linde Gas	www.linde-gas.ee
14	Auve Production OÜ	www.auveproduction.eu
15	Aven Metallitööd OÜ	www.aven.ee
16	Baltflex AS	www.baltflex.ee
17	BAV Engineering OÜ	www.bavengineering.com
18	BBT OÜ	www.bbt.ee
19	Beckhoff Automation OÜ	www.beckhoff.com
20	Bestnet AS	www.bestnet.ee
21	BLRT Masinaehitus OÜ	www.masinaehitus.ee
22	Cleveron AS	www.cleveron.com
23	Comatec Estonia OÜ	www.comatec.fi/en/comatec-estonia/
24	Danival MW OÜ	www.danival.ee
25	DECK Engineering OÜ	www.deckengineering.ee
26	DEMEK CNC OÜ	www.demek.ee
27	Desintegraator Tootmise OÜ	www.desi.ee
28	Dieselland OÜ	www.dieselland.ee
29	DoWisely OÜ	www.dowisely.com

30	Duroc Machine Tool OÜ	www.durocmachinetool.ee
31	Eccom OÜ	www.eccom.ee
32	Eesti Maaülikooli Tehnikainstituut	https://te.emu.ee/
33	Eesti Mehaanikainseneride Liit MTÜ	www.emil.ee
34	Electromatix OÜ	www.electromatix.eu
35	Elister OÜ	www.elister.ee
36	Enefit Solutions AS	www.energia.ee/et/ettevottest/tehnoloogia/enefit-solutions
37	Enemat OÜ	www.enemat.com
38	Energiatehnika OÜ	www.energiatehnika.ee
39	Est Metrology OÜ	www.facebook.com/Est-Metrology-195602911216582/
40	ESTANC AS	www.estanc.ee
41	Exmet Services OÜ	www.tavepro.ee
42	Fein-Elast Estonia OÜ	www.fein-elast.com/EN/Home/
43	Festo Oy Ab Eesti filiaal	www.festo.com
44	FINESTA BALTIC OÜ	www.finesta.ee
45	Finest-Hall Factory OÜ	www.pvc-hall.com
46	Fleibel Group OÜ	www.fleibel.ee
47	Fortaco Estonia OÜ	www.fortacogroup.com/post/narva-factory-exentension/
48	Fractory Solutions OÜ	www.fractory.com/et/
49	Giab Machining OÜ	www.giab.ee
50	Gühring	www.webshop.guehring.de/en/
51	Haapsalu Metal	www.h-metal.ee
52	Hansavest Rental OÜ	www.hansavest.com
53	HANZA Mechanics Tartu	www.hanza.com/en/
54	Harju Color OÜ	www.harjucolor.ee
55	Harju Elekter Teletehnika	https://harjuelekter.ee
56	Heavy Industry Estonia	www.heavyindustry.eu
57	Hekotek AS	www.hekotek.ee
58	HOOB OÜ	www.hoob.ee
59	HY-Tech Comp OÜ	www.hytechcomp.com/et/
60	Ida-Virumaa Kutsehariduskeskus	www.kutsehariduskeskus.ee
61	Igus OÜ	www.igus.ee
62	IMECC OÜ	www.imecc.ee
63	Industrial Metal	www.imet.ee
64	Insero OÜ	www.insero.ee
65	Intar MW OÜ	www.intar.ee

66	Irontec OÜ	www.irontec.ee
67	Jalax AS	www.jalax.ee
68	Job For Robot OÜ	www.job4bot.com
69	Kehtna Majandus- ja Tehnoloogiakool	www.kehtna.edu.ee
70	Klinkmann Eesti AS	www.klinkmann.ee
71	Kominox OÜ	www.kominox.com/ee/
72	Lapi MT AS	www.lapimetall.ee
73	Logistika Pluss OÜ	www.logistikapluss.ee
74	Loorent OÜ	www.levstal.com/et/
75	Lovak OÜ	www.lovak.ee
76	Maru Metall AS	www.maru.ee
77	MEC Insenerilahendused OÜ	www.mec.ee
78	Mentum AS	www.mentor.eu
79	Merkuur OÜ	www.merkuur.eu
80	Merrem Tööstusplast OÜ	www.merrem.ee
81	MET-Terakeskus AS	www.met-terakeskus.ee
82	MHTechnic OÜ	www.mhtechnic.ee
83	Multimek Baltic OÜ	www.multimekbaltic.com
84	Norcar BSB Eesti AS	www.norcar.ee
85	Nuia PMT AS	www.nuiapmt.ee
86	Oiltrade OÜ	www.oiltrade.ee
87	Ojala Estonia OÜ	www.ojalagroup.com
88	Operail AS	www.operail.com/et/
89	Optimo Robotics OÜ	www.optimo.ee
90	Optitrans OÜ	www.optitrans.ee
91	Osaühing HevoTehnika	www.hevo.ee
92	OÜ EESTI KRAANAVABRIK	www.kraana.ee
93	OÜ GlobalReader	www.globalreader.eu/et/
94	OÜ PereTec	www.peretec.eu
95	Pentamet OÜ	www.pentamet.ee
96	PlasmaPro OÜ	www.plasmapro.ee
97	PLM Group Eesti OÜ	www.plmgroup.ee
98	QTH OÜ	www.qth.ee
99	Radius Machining OÜ	www.radius.ee
100	Rakiste Tehas AS	
101	Ral-Est OÜ	www.ralest.ee
102	Raudar Metal Works OÜ	www.ral.ee
103	RemTec Grupp OÜ	www.remtec.ee

104	Repston OÜ	www.repston.ee
105	Revismo OÜ	www.revismo.com
106	RKR Seadmed OÜ	www.rkrseadmed.ee
107	SA Tartu Teaduspark	www.teaduspark.ee
108	Saku Metall Allhanke Tehas AS	www.sakumetall.ee/allhanketehas/et/
109	SBA Service OÜ	www.sba.ee
110	Scaleupx OÜ	www.scaleupx.ee
111	Sebacom OÜ	www.sebacom.ee
112	Seltec OÜ	www.seltec.ee
113	Silwi Autoehitus AS	www.silwi.com
114	Skarcon Machining OÜ	www.skarcon.ee
115	Standel AS	www.standel.eu
116	STEQMET MACHINING OÜ	www.steqmet.ee
117	Stera Technologies AS	www.stera.com
118	Sumar Tools OÜ	www.sumartools.ee
119	Sähkölehto OÜ	Sähkölehto OÜ www.sahkolehto.fi/Etusivu/et_EE/
120	Zircon Group OÜ	www.zircon.ee
121	Tallinna Kopli Ametikool	www.tkak.ee
122	Tallinna Lasnamäe Mehaanikakool	www.mehaanikakool.ee
123	Tallinna Tehnikakõrgkooli Tehnikainstituut	www.ttkk.ee/struktuuriuksus/tehnikainstituut
124	Tartu Kutsehariduskeskus	www.khk.ee
125	TB works OÜ	www.tbworks.ee
126	Teamwork Engineering OÜ	www.twe.ee
127	Tech Group AS	www.techgroup.ee
128	Terasman OÜ	www.terasman.ee
129	TMK GROUP ESTONIA OÜ	www.tmkgroup.ee
130	Tritech OÜ	www.tritech.ee
131	TTÜ Inseneriteaduskond, tööstustehnika instituut	www.taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut
132	Waldec Eesti OÜ	www.clebaltic.com
133	Venten OÜ	www.venten.ee
134	Wermundsen OÜ	www.wermundsen.ee
135	Windak OÜ	www.windakgroup.com
136	VMT Tehased AS	www.vmt.ee
137	Võrumaa Kutsehariduskeskus	www.vkhk.ee



Ilmumas on MEHAANIKAINSENERI KÄSIRAAMAT, teine eestikeelne väljaanne

Käsiraamat on tõlge Saksamaal korduvalt trükitud käsiraamatu uusimast versioonist, mille eestindasid Tallinna Tehnikaülikooli vastava eriala spetsialistid: Priit Põdra (vastutav toimetaja), Priit Kulu, Aigar Hermaste, Tauno Otto.

Erialane teave on süstemaatiliselt esitatud seitsmes peatükis: matemaatika, füüsika, tehniline joonestamine, materjaliõpetus, masinaelemendid, tootmistehnika ning automaatika ja infotehnoloogia. Rohkesti on arvutus-, tähistus- ning CNC-pinkide programmeerimiskihte. Lisaks on toodud metalsete materjalide margivastavuse tabelid ning käsiraamatus viidatud standardite ja muude regulatsioonide nimistule.

Käsiraamat on mõeldud kasutamiseks tootmistehnika, masinaehituse ja tööstuskorralduse valdkonna inseneridele ja tehnikutele nii erialase kui ka üldteabe allikana. See on kasutatav ka õpikuna, nii praktiliste oskuste arendamisel kui ka akadeemilises- ja täiendõppes.

Käsiraamatu maht on 482 lk.

Info: Priit Põdra, e-mail: priit.podra@taltech.ee.



Priit Kulu SEPATÖÖ

Äsja ilmunud raamat „Sepatöö“ püüab täita lünka metallide survetöötlemist käsitlevate trükiste osas ja on mõeldud kasutamiseks eelkõige kutsekoolide õpilastele ja kõrgkoolide üliõpilastele, kelle pea- või kõrvalerialaks on sepanäpp. Raamat on abiks ka iseseisvalt sepanäppõppega omandavaile algajatele sepanäppõppe harrastajatele kui ka kutsealastele sepanäppõppe oma teoreetiliste teadmiste täiendamisel rauatööstusvaldkonnas.

Raamat on 197 lk ja sisaldab 107 illustratsiooni (102 joonist ja 5 tahvlit)

