



TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOOL

MASINAEHITUSE INSTITUUT

Läbi vaadatud:

Masinaehituse instituudi nõukogus

Instituudi direktor Kristo Karjust

20. veebruar 2013

TEADUS- JA ARENDUSTEGEVUSE AASTAARUANNE

2012

TALLINN
2013

SISUKORD

SISUKORD	2
1. INSTITUUDI STRUKTUUR.....	3
2. INSTITUUDI TEADUS- JA ARENDUSTEGEVUSE ISELOOMUSTUS	5
2.1 Struktuuriüksuse koosseisu kuuluvate uurimisgruppide kirjeldus ja tulemused	5
2.1.1 Teadustöö kirjeldus (inglise keeles).....	5
2.1.2 Aruandeaastal saadud tähtsamad teadustulemused	8
2.2 Uurimisgrupi kuni 5 olulisemat publikatsiooni 2012 aastal	12
2.3 Loetelu struktuuriüksuse töötajatest, kes on välisakadeemiate või muude oluliste T&A-ga seotud välisorganisatsioonide liikmed.	12
2.4 Aruandeaasta tähtsamad T&A finantseerimise allikad	12
2.5 Instituudi teadus- ja arendustegevuse teemade ja projektide nimetused	13
2.6 Struktuuriüksuse töötajate poolt avaldatud sihtfinantseeritava teadusteema taotlemisel arvestatavad eelretsenseeritavad teaduspublikatsioonid	14
2.7 Struktuuriüksuses kaitstud doktoriväitekirjade loetelu	18
2.8 Struktuuriüksuses kaitstud magistritööde loetelu	19
2.9 Struktuuriüksuses järel doktorina T&A-s osalenud isikute loetelu	19
3 STRUKTUURIÜKSUSE INFRASTRUKTUURI UUENDAMISE LOETELU	19

1. INSTITUUDI STRUKTUUR

Instituudi direktor dots. Kristo Karjust

- Autotehnika õppetool, Chair of Automotive Engineering, prof. Jüri Lavrentjev
- Tootmissüsteemide õppetool, Chair of Manufacturing Systems, prof. Jüri Riives
- Tootearenduse õppetool, Chair of Product Development, prof. Martin Eerme
- Tootmistehnika õppetool, Chair of Production Engineering, prof. Tauno Otto

Tabel 1 – ME Instituudi töötajad 31.12.2012 seisuga

Jrk	Perenimi	Eesnimi	Nimetus	Hõive	Õppetool
1	Auriemma	Fabio	teadur	1	Autotehnika õppetool
2	Eerme	Martin	professor	1	Tootearenduse õppetool
3	Hermaste	Aigar	lektor	1	Tootmistehnika õppetool
4	Herranen	Henrik	nooremteadur	1,0	Tootearenduse õppetool
5	Karaulova	Tatjana	teadur	1	Tootmistehnika õppetool
6	Karjust	Kristo	dotsent, direktor	1	Tootmistehnika õppetool
7	Kirs	Maarjus	insener	1	Tootearenduse õppetool
8	Kivima	Gerth	lektor	0,5	Tootearenduse õppetool
9	Kulbas	Ruth	sekretär	1	Tehnilised töötajad
10	Kõiv	Risto	lektor	0,5	Autotehnika õppetool
11	Küttner	Rein	teadur	0,3	Tootmistehnika õppetool
12	Lavrentjev	Jüri	professor	1	Autotehnika õppetool
13	Lend	Henri	tehnik	0,25	Tootearenduse õppetool
14	Luppin	Janek	lektor	0,5	Autotehnika õppetool
15	Majak	Jüri	vanemteadur	1	Tootmistehnika õppetool
16	Maruste	Kristjan	insener	0,5	Autotehnika õppetool
17	Napp	Andres	tehnik	1	Tehnilised töötajad
18	Otto	Tauno	professor	1	Tootmistehnika õppetool
19	Paavel	Marko	insener	0,5	Tootmistehnika õppetool
20	Päev	Erkki	insener	0,1	Tootmistehnika õppetool
21	Pärn	Martin	küralisprofessor	0,5	Tootmissüsteemide õppetool
22	Pohlak	Meelis	vanemteadur	1	Tootearenduse õppetool
23	Pääsuke	Kaarel	assistent	0,25	Tootmistehnika õppetool
24	Randmaa	Merili	assistent	0,5	Tootmissüsteemide õppetool
25	Riives	Jüri	professor	0,5	Tootmissüsteemide õppetool
26	Rämmal	Hans	vanemteadur	1	Autotehnika õppetool
27	Sarkans	Martinš	haridustehnoloog	0,5	Tehnilised töötajad
28	Semeniuk	Mykola	insener	0,5	Tehnilised töötajad
29	Sonk	Kaimo	lektor	0,75	Tootearenduse õppetool
30	Ševtšenko	Eduard	vanemteadur	0,5	Tootmistehnika õppetool
31	Tiikoja	Heiki	assistent	0,5	Autotehnika õppetool
32	Tähemaa	Toivo	dotsent	0,75	Tootearenduse õppetool
33	Veldi	Ilje	asjaajaja	0,5	Tehnilised töötajad
34	Vene	Karl-Kristo	tehnik	0,1	Tootearenduse õppetool

Tootearenduse-, tootmistehnika- ja tootmissüsteemide õppetoolide juurde kuuluvad järgmised laborid:

1. Prototüüpide kiirvalmistamise labor
2. Toodete modelleerimise ja materjalide dünaamilise- ning vibrokatsetuste labor
3. Tootmise automatiseerimise labor
4. Hüdro- ja pneumoseadmete labor

Olulisemad seadmed:

Kiirprototüüpimise masinad - Zprinter 310 ja Formiga P 100.

Optilised skännerid GOM ATOS, GOM TRITOP, GOM ARAMIS ja GOM ARGUS.

Olulisemad tarkvarad:

ANSYS Professional V12.1. Ansys on LEM programmipakett, mis võimaldab sooritada erinevaid toodete simulatsioone (tugevusarvutus, voolamise ülesanded jne). On olemas programmi kommerts- litsents tööstusprojektide tegemiseks. Varem kasutati programmi vaid õppetöös.

Autotehnika õppetooli laborid:

1. Sisepõlemismootorite labor
2. Akustikalabor

Mootorilabori kõige kaasaegsemateks seadmeteks on:

- väljaheitegaaside 4-komponendiline analüsaator (Bosch),
- endoskoop (Karl Storz),
- 2-kanaline digitaaltermomeeter,
- 8-kanaliline analoog-digitaal andmeloger (NI)
- mootorite tehnilise diagnostika seade Automotive Kit.

Akustikalabori olulisemateks seadmeteks on:

- dünaamiline kuumade gaaside mõõtestend (kiirus kuni 100 m/s, temperatuur kuni 200 C)
- 2-kanaliline pieso-elektriline mõõtesead koos vedelikjahutusega dünaamiliste rõhuanduritega (Kistler),
- 4-kanaliline D/A andmeloger (National Instruments) kiirete protsesside mõõtmiseks arvuti abil,
- 4 mõõtemikrofoni koos eelvõimenditega (PCB).

Instituudi liikmed osalevad aktiivselt Innovatiivsete Masinaehituslike Tootmissüsteemide Tehnoloogia Arenduskeskuse (IMECC) töödes.

2. INSTITUUDI TEADUS- JA ARENDUSTEgevuse ISELOOMUSTUS

Masinaehituse instituudi põhilised teadussuunad 2012 aastal:

- Komposiit- ja funktsionaalsetest materjalidest konstruktsioonide, toodete ja tootmisprotsesside optimaalne projekteerimine (Vanemteadur Jüri Majak)
- Mehhatroonika- ja tootmissüsteemide proaktiivsus ja käitumismudelid (Prof. Tauno Otto)
- E-tootmise kontseptsioon väike- ja keskmise suurusega ettevõtetele (Prof. Tauno Otto)
- Materjalide ja konstruktsioonide optimeerimine arvestades elastset ja/või plastset anisotroopiat (Vanemteadur Jüri Majak)
- Digitaalsete otsetootmisprotsesside analüüs ja arendus (Vanemteadur Meelis Pohlak)
- Tootmisettevõtete jätkusuutlikkuse parendamine töökindla tehnoloogia abil (Teadur Eduard Ševtšenko)
- Kõrgtemperatuursete gaaside voolu akustika eksperimentaalsed uurimismeetodid (Prof. Jüri Lavrentjev).

2.1 Struktuuriüksuse koosseisu kuuluvate uurimisgruppide kirjeldus ja tulemused

2.1.1 Teadustöö kirjeldus (inglise keeles)

a) The e-manufacturing and production systems proactivity concept for small and medium-sized enterprises (T213B, ETF7852).

Persons: Prof. Tauno Otto, Prof. Jüri Riives, researcher Eduard Ševtšenko, lector Aigar Hermaste, assistant Kaarel Pääsuke, lektor Kaimo Sonk, assistant Merili Randmaa, Martins Šarkans

The e-Manufacturing research group is focused on elaboration of concept for SME. Small and medium sized enterprises where orders (and their nature) changes, technological processes might vary in relatively great extent, need flexible and easily adoptable integrated systems, reaching over the single enterprise and covering whole cluster if needed. In scientific matter use of embedded systems (smart dust) enables to link enterprise information systems in a new way. Web-enabled and information technologies play indispensable roles in supporting and enabling the complex practices of design and manufacturing by providing the mechanisms to facilitate and manage the integrated systems. Proactive solutions are major pillars that support the success of the integration of e-Manufacturing and e-business. Machinery enterprises in Estonia are mainly SME. There are over 400 small and medium sized enterprises in the machinery apparatus and metal engineering sector. Estonia is a good testing and implementation region such models as here is needed www infrastructure, Internet using habits and interest toward novel e-solutions. Integrating order handling system and ubiquitous computing gathering manufacturing data through "smart dust" (motes) network and analysing it by data mining tools is possible discover alerting situation by decision support system and enable enhanced productivity through in-time order handling and resource sharing network implementation.

This is connected to a interdisciplinary research of mechatronics and production systems proactivity and behavioural models. Activity of the research group is concentrated on proactive decision support in networked collaborating enterprises of special tooling and machining. Intelligent prediction of manufacturing capability in enterprises cluster for preventing management failures thus following the Predict and Prevent Bottleneck manufacturing paradigm enables achieving of near-zero down-time and the best possible quality of product in comparison with the currently prevalent Fail and Fix paradigm mirrored in reactively addressing and fixing the manufacturing problem once it occurs.

b) Optimal design of composite and functional material structures, products and manufacturing processes (T035)

Persons: senior researcher Jüri Majak, senior researcher Meelis Pohlak, professor Martin Eerme, professor Jüri Lavrentjev, senior researcher Hans Rämmal, researcher Tatjana Karaulova, associate professor Kristo Karjust, associate professor Toivo Tähemaa, technician Henrik Herranen, technician Henri Lend.

The present application focuses on scientific/engineering aspects of manufacturing engineering including the development of novel methods and tools for optimal product development and manufacturing planning in industry. The goal of the research project is to develop methods and techniques for optimal design of products and manufacturing processes. Main sub-goals can be outlined as: 1. Optimal design of composite and functional material structures, products and manufacturing processes, 2. Exploiting advanced materials and structures in design, 3. Development of sustainable manufacturing technologies. The objectives of the current research project draw on needs of European and Estonian technology platforms for manufacturing industry and are formulated in accordance of the General roadmap of EU programme FACTORIES OF THE FUTURE - BEYOND 2013

c) Smart Composites – Design and Manufacturing (AR12139)

Persons: senior researcher Jüri Majak, senior researcher Meelis Pohlak, professor Martin Eerme, professor Jüri Lavrentjev, professor Rein Küttner, Professor Tauno Otto, researcher Heiki Tiikoja, associate professor Kristo Karjust, associate professor Toivo Tähemaa, technician Henrik Herranen, technician Henri Lend, engineer Maarjus Kirs, persons from different institutions like: Department of Materials Engineering, Institute of Cybernetics, Laboratory of Proactive Technologies at Department of Computer Control, Thomas Johann Seebeck Institute of Electronics, Small Craft Competence Centre, OÜ Eliko Tehnoloogia Arenduskeskus, Defendec OÜ, Goliath Wind OÜ, Kasse Paadid OÜ, Lindvart OÜ, Luksusjaht AS, MMG Taastusravi OÜ.

The general goal of the project is to develop smart composite materials and structures according to the needs of Estonian industry TOPICS: Design of smart composite materials and structures Development of computational modeling capabilities and manufacturing techniques for the design of smart materials and structures Validation and evaluation of the smart composites.

d) Design of Materials and Structures with elastic and/or plastic anisotropy (ETF 8485)

Persons: senior researcher Jüri Majak, senior researcher Meelis Pohlak, professor Martin Eerme, associate professor Kristo Karjust, technician Henrik Herranen, technician Henri Lend.

Project contains two main research areas:

1. Optimal design of composite structures
2. Structural analysis and design of sheet metal forming processes

Development of the multistage optimisation strategy combining FEA, function approximation and global optimisation algorithms is planned in order to solve engineering design problems considered. Treatment of discretization methods for particular problem cases has been foreseen.

e) Enhancing Sustainability of Manufacturing Enterprises through reliability engineering (ETF9460)

Persons: researcher Eduard Ševtšenko, researcher Tatjana Karaulova.

The purpose of this grant is to redesign the manufacturing processes in reliable way. The focus is to increase the internal effectiveness of production processes. Objectivities of the work have 3 main directions, because they are connected with doctoral theses (during this grant implementation must be done 3 doctoral works). Its main directions are: 1. Intelligent module elaboration for optimal allocation of resources and elimination of the production processes faults. 2. Reducing waste by changing the patterns of production, using Green initiatives. 3. Development the maintenance plan: maintenance activities on operational level. Optimization quality inspection process Hypothesis 1. Sustainability can make businesses more profitable. 2. The integration of technological processes with reliability analysis enables to increase the production process efficiency. 3. The planning and scheduling of preventive maintenance activities is often crucial for the cost-effectiveness of many large industrial organizations. 4. Production waste realisation gives economic and ecological effect. Significance of the project for science and national economy • The new world of sustainable technologies and work practices is undoubtedly a challenging and exciting emerging reality for the manufacturing industries. Manufacturers of all sizes are turning to lean manufacturing techniques to reduce waste and save money. As a result of the project implementation, enterprises receive a set of recommendations that, when implemented, result in production efficiencies, environmental improvements, and cost savings. • Green manufacturing, a process for production that bolsters sustainable consumption and production by minimising waste and pollution, has become an increasingly important corporate strategy in the global business arena. Green manufacturing, despite higher incurred costs, offers a distinct competitive advantage over the laggards • Supports and diversifies masters/doctoral studies of researchers. • Links university and industry to develop patents and implement innovations.

f) Analysis and Development of Additive Manufacturing Processes (ETF 9460)

Persons: senior researcher Meelis Pohlak, senior researcher Jüri Majak, associate professor Kristo Karjust, assistant Kaarel Pääsuke, researcher Heiki Tiikoja, lektor Kaimo Sonk, technician Henri Lend. The objective of the current research project is to analyze the processes involved in Additive Manufacturing (AM) technologies and find ways to improve them. It is planned to study methods and procedures to improve AM processes, especially those that are based on SLS approach. The main tasks of the study are: to develop new simulation models of SLS process by implementing more accurate material models and simulation procedures; to improve accuracy of SLS; to improve SLS process by developing method to apply composite particles/fibers into model in controlled way so that parts with FGM could be produced and to develop multidisciplinary topology optimization procedures for parts made with AM. For achieving the objectives, it is planned to use extensively numerical modeling methods (e.g. FEA) and experimental procedures. Flexibility is an important property of manufacturing processes. One feature of traditional mass production technologies is complicated and time consuming readjustment for production of new products. The capability of fast adaptation to new products assures significant competitive advantage. The technologies providing such capability are Additive Manufacturing technologies, also known as Direct Digital Manufacturing or Rapid Manufacturing. In case of these technologies, parts are manufactured directly from three dimensional digital models without significant manual work. The parts are built automatically in layer wise manner by adding material, not removing like in most traditional processes. As the process is additive, it complies with modern environment friendly mentality. No special tooling is required – the process is very flexible and highly automated. One of the most promising AM technologies is Selective Laser Sintering (SLS). In this process, objects are made of powder material by fusing particles together layer by layer with a laser. Parts can be made of metals, polymers, ceramics and composites. Although AM technologies are in industrial use already for several decades, there exist some serious limitations that prevent wider industrial implementation. The main limitations are associated with quality (mechanical properties, surface quality, accuracy of geometry, etc.) of parts produced by AM; only limited number of materials can be used; the productivity is low and the technology is expensive. The wider use of AM technologies depends on removing such limitations, and the current research project addresses this issue.

2.1.2 Aruandeaastal saadud tähtsamad teadustulemused**a) E-tootmise kontseptsioon väike- ja keskmisega suurusega ettevõtetele (T213B, ETF7852)**

Teadustöö keskendus paindootmis- ja robotikarakendustele ning süsteemi töökindluse prognoosimisele e-tootmises. Doktoritööd kaitsesid Marina Kostina ja Martinš Sarkans. 2012 on analüüsitud tehnoloogiliste ja inimressursside koostoides tekkiva tehnoloogilise võimekuse ja lean-juhtimise põhimõtteid eesmärgiga kujundada kõrge suutlikkusega e-töökohta.

Uuringute oluline eesmärk oli analüüsida reaalaraja tootmise seiresüsteeme ja pakkuda paremaid lahendusi.

Seiresüsteemist valmis prototüüplahendus, mis väljatöötatud mudelite jaoks kogus tööpinkidelt ja paindootmissüsteemi komponentidelt andmeid, analüüsis ja võimaldas reaalarajas prognoose sündmuste kohta, mis toimuvad tsehhis. Need andmed aitavad meeskonnal reageerida õigeaegselt toimuvale olukorrale. Demonstraatorina realiseeritud füüsiline mudel võimaldab prognoosida võimalike probleemide teket tootmissüsteemides. Demonstraator lahendus valmis Defendec ja National Instruments komponentidest.

b) Komposiit- ja funktsionaalsetest materjalidest konstruktsioonide, toodete ja tootmisprotsesside optimaalne projekteerimine (T035)

Projekti esimese aasta jooksul on põhitähepanu suunatud teisele alameesmärgile. Täpsemalt: Nanoplaatide ja grafeeni lehtede pinge-deformatsiooni seisundi analüüs - on koostatud plaadi mudel (tuletatud võrrandid), mis võtab arvesse geomeetrilist mittelineaarsust, nihkedeformatsioone ja elastset anisotroopiat.

Sisseehitatud elektroonikat sisaldavate tarkade komposiitmaterjalide uurimine - on hinnatud elektroonika lisamisest tingitud materjali mehaanikaliste omaduste muutust, lisatava elektroonika paigutamist parimal võimalikul viisil; Olulisemad publikatsioonid (1.1 ajakirjades) on aga seotud alameesmärkidega 1 ja 3, kuna siin on tegemist projekti meeskonna eelnevate teadusuuringute jätkamisega.

Konkreetselt võib tuua välja: Pulbermaterjalidega armeeritud komposiidi modelleerimist, mis on võimalikult kerge kuid mille mehaanikalised omadused vastavad etteantud nõuetele; EU standarditele vastava auto kaitseraua projekteerimine.

Projekti esimese aasta tulemused on avaldatud kolmes 1.1, kolmes 1.2 ja seitsmes 3.1 artiklis (projekt rahastab 3-me teadurit ja 2-te õppejõudu). Projektis osalevad doktorandid on täiendavalt avaldanud ühe 1.1 ja kaks 3.1 artiklit (teemaga seotud publ.)

c) Targad komposiitmaterjalid: projekteerimine ja valmistamine (AR12139)

Targad komposiitmaterjalid: Meetodite ja tehnoloogiate valik toote kvaliteedi parandamiseks (struktuuri seisundi jälgimine, mehaanikalised, soojuslikud, elektrilised jne omadused).

1) Akustilise emissiooni, mehaanilise pinge, vibratsiooni ja pöörisvoolu mõõtmisel põhinevate meetodite võimekuse ja kasutatavuse eksperimentaalne hindamine antud projekti vajadusteks. Tulemus: Välja on töötatud mõned esialgsed mõõteskeemid - lahendused materjalide ja struktuuride uurimiseks.

Näiteks piezosensoritega ultraheliga mõõtmine Piezo-elektromehaanilise impedantsi või pitch-catch meetodiga (üks sensor ergutab impulsiga materjali ja teine püüab teises punktis vastuvõetud signaali, mis sõltub mõõdetavast objektist).

2) Mitme konkureeriva jälgimismeetodi kasutamine. Tulemus: Teostatud analüüs näitab, et on kasulik kombineerida mitmeid sensoreid, näiteks kiirendus- ja tenso- (takistuslikke) ning võib-olla

ka niiskuse (mahtuvuslikke) ühte tüüpi (väikse voolutarbega) sõlmedes ning suurema võimustarbega (näiteks piezo /ultraheli -sensoorikaga) sõlmed oleksid omaette võrgus, võimalusel koostöös esimeste sõlmedega.

3) Niiskuse mõõtmine komposiidi sees, sobivate meetodite valik, uurimine. Tulemus: Teostatud analüüs näitab, et üheks võimalikuks lahenduseks on kasutada mahtuvuslikku tüüpi andureid, koos vastava elektroonika ja tarkvaraga, mis muundab materjali niiskuse signaali väärtuseks. Edasise uurimistöö peab välja selgitama, kas materjali (struktuuri) valmistamisel sinna otse elektrodide lisamine, millest saaks vastava elektroonikaga otse „lugeda“ niiskuse väärtust, on mõistlikult realiseeritav.

Komposiiti lisatava elektroonikasüsteemi projekteerimine.

1) Riistvara ja tarkvara valik, projekteerimine. Tulemus: Esialgne analüüs ja teostatud sõlmede eelkavandamine näitab, et väikse voolutarbega sensor-sõlmedes on mõttekas kasutada MSP430 (täpsemalt innovatiivse F-RAMiga variandid) mikro-kontrollereid, mis sobituvad ka hästi raadio-sensorite lahendustega, kasutades Zigbee, Simplicity või 6LowPan („internet of things“) lahendusi sides.

2) Energiatõhksate tarkade komposiitide arendamine. Tulemus: Eksperimentaalselt on uuritud energia ülekande võimalusi, kasutades lähivälja side (NFC, 13,58 MHz ribas, vmt) lahendusi, kasutades Texas Instrumentsi ja ST-Microelectronicsi näidislahendusi.

Tehtud katsed näitavad, et taoline võimalus jääb väga piiratuks, lubades väga väiksele vahemaale (heal juhul maksimaalselt mõni sentimeeter) üle kanda minimalistlik kogus energiat, sensor-mõõtesõlme vajaduseks. Esialgsetest mõõtetulemustest erinevalt on kaasas olnud andmelehtedel lubatud mõõdetud väärtustest suuremat energiaülekannet, millest piisaks minimaalsete sensorsõlmede ja andmehõive mikroprotsessori toitmiseks. Seetõttu on vaja antud lahendusi täiendavalt testida.

Tarkade komposiitmaterjalide projekteerimine.

1) Materjalide valik/disain: sisseehitatud elektroonikaga materjalid, FGM materjalid, nanokomposiidid. Tulemus: Välja on selgitatud praegune materjalide kasutus ja valik laevandusega seotud ettevõtetes ja tuulegeneratorite arendajas Coliath. Sellele tuginedes on valitud praeguseks peamiselt kaks üldist materjali tüüpi: sisseehitatud elektroonikaga targad materjalid ja FGM.

2) Baaskomposiidi valmistamise tehnoloogiad. Tulemus: Sandwich plaatide valmistamine TTÜ laboris käsilamineerimise tehnoloogia abil. Esialgse plaani koostamine muutuva suunaga kiududega laminaadi tegemiseks (roboti kasutamisega).

3) Struktuuranalüüs ja optimeerimine. Tulemus: Lõplike elementide meetodi ja ANSYS tarkvara kasutamisel põhineva esialgse arvutusmudeli koostamine sandwich struktuuri struktuurianalüüsi teostamiseks.

d) Materjalide ja konstruktsioonide optimeerimine arvestades elastset ja/või plastset anisotroopiat (ETF 8485)

Alamteema 1. Komposiitmaterjalid. Kergekaaluliste ja konkrentsivoimelise hinnaga osakestega armeeritud komposiitmaterjali projekteerimine. Maatriksi ja armatuurina kasutati vastavalt polüester vaiku ja alumiiniumi trihüdriidi osakesi. Testiti erineva osakeste kontsentratsiooniga materjale. Moodeti tombetugevus ja pinnakovadus (Barcoli imp. abil) ning tihedus. Lähtudes katsetulemustest püstitati ja lahendati mitmekriteeriaalne optimeerimisülesanne optimaalse materjali kompositsiooni leidmiseks. Materjalis millele oli lisatud 6% klaasi mikrosfääre ilmnes 3%-line tombetugevuse norgemine. Materjali kaalu õnnestus vähendada 13%. Materjali hinda vähendada ei onnestunud - ilmnes 7% -line hinna kasv.

Alamteema 2. Lehtmatallist konstruktsioonid. Projekteeriti auto kaitseraud vastavalt direktiivile 2005/66/EC.

Publitseerimine: 2 artiklit avaldati ISI Web of Science poolt indekseeritud ajakirjades, 1 artikkel 3.1 kategooria, 2 konverentsi ettekannet.

PhD kaitsmised projektiga seotud teemal: Tarmo Velsker, detsember 2012.

e) Tootmisettevõtete jätkusuutlikkuse parendamine töökindla tehnoloogia abil (ETF 9460)

Grandi tulemusena loodi raamistik tootmisprotsesside töökindluse tõstmiseks, raamistik tootmismarsruutide valimiseks, raamistik väikestele ja keskmistele ettevõtetele koostöövõrgustikuga liitumiseks. Pakuti lahendus allhanke võrgu hindamiseks lao tõstukite jätkusuutlikkuse tõstmiseks ning Rohelise mõtlemise integratsiooniks probleemide lahendamisel. Tõhustati koostööd Portugali, Rootsi ja USA partneritega. Kaks magistrandi Linköping ülikoolist külastasid TUT, mille tulemusena on valminud ja kaitstud magistritöö. PhD tudeng Viktoria Bashkite külastas Lisbon Ülikooli, kus ta kirjutab doktoritööks vajalikud publikatsioonid. Koostöö partner Yan Wang Georgia Tech ülikoolist külastas TUT and Tatjana Karaulova külastas Georgia Tech ülikooli. Teostastati Mektory project, kus osales tööstuspartner Densel Baltic.

Tulemusena on valminud järgmised artiklid:

1.1 - 2 artiklit (Mechanika ajakirjas) ;

1.2 - 2 artiklit IJIEM ja JAMME ;

3.1 - 7 artiklit: DAAAM Baltic, PRO-VE, DAAAM International, IFAC, ICINCO

3.2 - 1 artikkel TMCE konverentsil

Kaitstud on Marina Kostina doktoritöö, 5 magistritööd, läbiviidud kursus doktorantidele koostöös Georgia Tech ülikooli dotsendiga Yan Wang-iga.

f) Digitaalsete otsetootmisprotsesside analüüs ja arendus (ETF 9441)

Esimesel aastal uuriti ja kaardistati digitaalsete otsetootmistehnoloogiates asetleidvaid protsesse.

2.2 Uurimisgrupi kuni 5 olulisemat publikatsiooni 2012 aastal

- Majak, J.; Pohlak, M.; Eerme, M.; Velsker, T. (2012). Design of car frontal protection system using neural networks and genetic algorithm. *Mechanika*, 18(4), 453 - 460.
- Karaulova, T.; Kostina, M.; Sahno, J. (2012). Framework of reliability estimation for manufacturing processes. *Mechanika*, 18(6), 713 - 720.
- Shevtshenko, E.; Bashkite, V.; Maleki, M.; Wang, Y. (2012). Sustainable Design of Material Handling Equipment: A win-win approach for manufacturers and customers. *Mechanika*, 18(5), 561 - 568.
- Hindreus, T.; Kaljas, F.; Källo, R.; Martin, A.; Tähemaa, T.; Reedik, V. (2012). On Synergy Deployment in Engineering Design. *Journal of Materials Science and Engineering B*, 2(6), 408 - 413.
- Karaulova, Tatjana; Kostina, Marina; Shevtshenko, Eduard. (2012). Reliability Assessment of Manufacturing Processes. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, No 3, 143 - 151.

2.3 Loetelu struktuuriüksuse töötajatest, kes on välisakadeemiate või muude oluliste T&A-ga seotud välisorganisatsioonide liikmed.

Jüri Lavrentjev – Society of Automotive Engineers (SAE)

Jüri Lavrentjev – International Institute of Acoustics and Vibration (IIAV)

2.4 Aruandeaasta tähtsamad T&A finantseerimise allikad

Sihtfinantseerimine:

- T035, Komposiit- ja funktsionaalsetest materjalidest konstruktsioonide, toodete ja tootmisprotsesside optimaalne projekteerimine, Jüri Majak
- T213B, Mehhatroonika- ja tootmissüsteemide proaktiivsus ja käitumismudelid, Otto Tauno

Materjalitehnoloogia projekt:

- AR12139, Smart Composites – Design and Manufacturing, Jüri Majak

Grandid:

- ETF8485, Materjalide ja konstruktsioonide optimeerimine arvestades elastset ja/või plastset anisotroopiat, Majak Jüri
- ETF7852, E-tootmise kontseptsioon väike- ja keskmisega suurusega ettevõtetele, Otto Tauno
- ETF9460, Tootmisettevõtete jätkusuutlikkuse parendamine töökindla tehnoloogia abil, Eduard Ševtsenko

- ETF9441, Digitaalsete otsetootmisprotsesside analüüs ja arendus, Meelis Pohlak

Siseriiklikud lepingud:

- Lep12001, Lennukite saba-osa teenindussüsteemi disainilahenduse väljatöötamine ning kaasnevad konsultatsiooni teenused, Eerme Martin
- Lep12148, ROMEICOP- Jätkusuutlikkusele orienteeritud tootmisettevõtte ja kulude optimeerimise protsessi tutvustus (Mektory projekt), Ševtšenko Eduard

Välisriiklikud lepingud:

- VIR478, Development of Innovative Business Models for Ensuring Competitiveness (INNOREG), Tauno Otto
- VERT524, Set Up and Facilitation of a (Virtual) Learning Network for Competence Development of Small and Micro Entrepreneurs (BizLearn.Net), Tauno Otto
- VERT562, European Marketing & Innovation Centers (EMIC), Kristo Karjust

2.5 Instituudi teadus- ja arendustegevuse teemade ja projektide nimetused

- Haridus- ja Teadusministeerium

sihtfinantseeritavad teemad:

- T035, Komposiit- ja funktsionaalsetest materjalidest konstruktsioonide, toodete ja tootmisprotsesside optimaalne projekteerimine, Jüri Majak
- T213B, Mehhatroonika- ja tootmissüsteemide proaktiivsus ja käitumismudelid, Otto Tauno

- SA Eesti Teadusfond

grandid:

- ETF8485, Materjalide ja konstruktsioonide optimeerimine arvestades elastset ja/või plastset anisotroopiat, Majak Jüri
- ETF7852, E-tootmise kontseptsioon väike- ja keskmisega suurusega ettevõtetele, Otto Tauno
- ETF9460, Tootmisettevõtete jätkusuutlikkuse parendamine töökindla tehnoloogia abil, Eduard Ševtšenko
- ETF9441, Digitaalsete otsetootmisprotsesside analüüs ja arendus, Meelis Pohlak

- Välisriiklikud lepingud:

- VIR478, Development of Innovative Business Models for Ensuring Competitiveness (INNOREG), Tauno Otto
- VERT524, Set Up and Facilitation of a (Virtual) Learning Network for Competence Development of Small and Micro Entrepreneurs (BizLearn.Net), Tauno Otto
- VERT562, European Marketing & Innovation Centers (EMIC), Kristo Karjust

2.6 Struktuuriüksuse töötajate poolt avaldatud sihtfinantseeritava teadusteema taotlemisel arvestatavad eelretsenseeritavad teaduspublikatsioonid

1.1

- Majak, J.; Pohlak, M.; Eerme, M.; Velsker, T. (2012). Design of car frontal protection system using neural networks and genetic algorithm. *Mechanika*, 18(4), 453 - 460.
- Karaulova, T.; Kostina, M.; Sahno, J. (2012). Framework of reliability estimation for manufacturing processes. *Mechanika*, 18(6), 713 - 720.
- Shevtshenko, E.; Bashkite, V; Maleki, M.; Wang, Y. (2012). Sustainable Design of Material Handling Equipment: A win-win approach for manufacturers and customers. *Mechanika*, 18(5), 561 - 568.

1.2

- Hindreus, T.; Kaljas, F.; Källo, R.; Martin, A.; Tähemaa, T.; Reedik, V. (2012). On Synergy Deployment in Engineering Design. *Journal of Materials Science and Engineering B*, 2(6), 408 - 413.
- Karaulova, Tatjana; Kostina, Marina; Shevtshenko, Eduard. (2012). Reliability Assessment of Manufacturing Processes. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, No 3, 143 - 151.
- Kostina, M.; Karaulova, T.; Sahno, J.; Maleki, M. (2012). Reliability estimation for manufacturing processes. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 51(1), 7 - 13.
- Herranen, H.; Allikas, G.; Eerme, M.; Vene, K.; Otto, T.; Gregor, A.; Kirs, M.; Mädamürk, K. (2012). Visualization of strain distribution around the edges of a rectangular foreign object inside the woven carbon fibre specimen . *Estonian Journal of Engineering*, 18(3), 279 - 287.

2.3

- Sarkans, M. (2012). Synergy Deployment at Early Evaluation of Modularity of the Multi-Agent Production Systems. (Doktoritöö, Tallinna Tehnikaülikool) Tallinn: TTU Press

3.1

- Karjust, K.; Pohlak, M; Majak, J. (2012). Adhesion process optimization in reinforced composites. In: Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia: 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, Tallinn, Estonia, 19-21 april 2012. Tallinn: Tallinn University of Technology, 2012, 633 - 638.

- Maleki, M.; Liiv, I.; Shevtshenko, E.; Cruz-Machado, V. (2012). Classification of Supply Chain Practices According to Customer Values in Automotive Industry. In: Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia: 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, Tallinn, Estonia, 19-21 april 2012. (Toim.) T. Otto. Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2012, 542 - 547.
- Velsker, T.; Lend, H.; Kirs, M. (2012). Design of glass canopy panel. Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial engineering : 19-21th April 2012, Tallinn, Estonia (759 - 764).DAAAM International Vienna
- Polyantchikov, I.; Bangalore Srinivasa, A.; Veerana Naikod, G.; Tara, T.; Kangilaski, T.; Shevtshenko, E. (2012). Enterprise Architecture Management Based Framework for Integration of SME to Collaborative Network. Collaborative Networks in the Internet of Services (158 - 165). London New York: Springer Heidelberg
- Zahharov, R.; Karaulova, T.; Otto, T.; Boccato, G. (2012). From Industry-University Cooperation to Research Brokering in Estonia. Cremonese, Francesca (Toim.). The Innovation Competence Broker: Bridging firms and R&D institutions (67 - 82). Milano: McGraw-Hill
- Randmaa, M.; Howard, T.; Otto, T. (2012). From product centered design to value centered design: understanding the value-system. In: Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia: 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, Tallinn, Estonia, 19-21 april 2012. (Toim.) T. Otto. Tallinn: Tallinn University of Technology, 2012, 548 - 554.
- Sonk, K. Hermaste, A. Sarkans, M (2012). Functional requirements as a company and process modeling tool. In: Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia: 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, Tallinn, Estonia, 19-21 april 2012. (Toim.) T. Otto. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2012, 98 - 103.
- Lemmik, R.; Karjust, K. (2012). Interoperability between different interest groups - Practice Portal case study. In: Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia: 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, Tallinn, Estonia, 19-21 april 2012. (Toim.) Otto, T.. Tallinn: Tallinn University of Technology, 2012, 169 - 174.
- Sahno, J.; Opik, R.; Kostina, M.; Paavel, M.; Shevtshenko, E., Wang, Y. (2012). Knowledge Management Framework for Production Route Selection in Manufacturing Enterprises. In: Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia: 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, Tallinn, Estonia, 19-21 april 2012. (Toim.) T. Otto. Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2012, 567 - 572.
- Tähemaa, T.; Temberbulatova, A; Karjust, K. (2012). Lean production development in Estonian SME's. In: Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia: 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, Tallinn, Estonia, 19-21 april 2012. (Toim.) Otto, T.. Tallinn: Tallinn University of Technology, 2012, 603 - 608.

- Bashkite, V.; Durmanenko, D.; Karaulova, T. (2012). Life Cycle Extension for Used Vehicles and Their Environmental Impact. In: Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia: 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, Tallinn, Estonia, 19-21 april 2012. (Toim.) Otto, T.. Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2012, 401 - 406.
- Aruväli, T.; Serg, R.; Otto, T. (2012). Machinery utilization monitoring and pause identification prototype model design. In: Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia: 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, Tallinn, Estonia, 19-21 april 2012. (Toim.) Otto, T.. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2012, 256 - 261.
- Talalaev, R.; Sarkans, M.; Laansoo, A.; Veinthal, R. (2012). Methodology for Configuration of Robot Welding Cell for SMEs Under Conditions of Small and Medium Sized Production Using MIG/MAG Process. In: Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia: 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, Tallinn, Estonia, 19-21 April 2012. (Toim.) T. Otto. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2012, 591 - 596.
- Grossschmidt, Gunnar; Harf, Mait (2012). Multi-pole modeling and intelligent simulation of technical chain systems (part 1). In: Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, [vol 2] : 19-21st April 2008, Tallinn, Estonia: (Toim.) Otto, Tauno. Tallinn: Tallinn University of Technology, 2012, 458 - 463 .
- Grossschmidt, Gunnar; Harf, Mait (2012). Multi-pole modeling and intelligent simulation of technical chain systems (part 2). In: Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, [vol 2] : 19-21st April 2008, Tallinn, Estonia: (Toim.) Otto, Tauno. Tallinn: Tallinn University of Technology, 2012, 464 - 471 .
- Riives, R.; Lavin, J.; Karjust, K.; Koov, K. (2012). Offer management in the networking manufacturing. In: Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia: 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, Tallinn, Estonia, 19-21 april 2012. (Toim.) Otto, T.. Tallinn: Tallinn University of Technology, 2012, 561 - 566.
- Snatkin, A.; Karjust, K.; Eiskop, T. (2012). Real time production monitoring system in SME. In: Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia: 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, Tallinn, Estonia, 19-21 april 2012. (Toim.) Otto, T.. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2012, 573 - 578.
- Lavin, J.; Randmaa, M. (2012). Relationships between business objectives and the actual outcome of the business. In: Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia: 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, Tallinn, Estonia, 19-21 april 2012. (Toim.) T. Otto. Tallinn: Tallinn University of Technology, 2012, 512 - 517.
- Riives, J.; Karjust, K.; Küttner, R.; Lemmik, R.; Koov, K.; Lavin, J. (2012). Software development platform for integrated manufacturing engineering system. In: Proceedings of the 8th

International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia: 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, Tallinn, Estonia, 19-21 april 2012. (Toim.) Otto, T.. Tallinn: Tallinn University of Technology, 2012, 555 - 560.

- Loun, K.; Riives, J. ; Otto, T. (2012). Workplace performance and capability optimization in the integrated manufacturing. In: Proceedings of 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering: 8th International DAAAM Baltic Conference In Estonia. INDUSTRIAL ENGINEERING, 19 - 21st April 2012, Tallinn. (Toim.) Otto, T.. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2012, 518 - 523.

3.2.

- Snatkin, A. (2013). Machinery Monitoring as a Part of Higher Level Systems. Zakis, J. (Toim.). 13th International Symposium "Topical problems in the field of electric and power engineering". Doctoral school of energy and geotechnology II: Pärnu, Estonia, January 14-19, 2013 (285 - 288). Tallinn: Elekrijam
- Bashkite, V.; Karaulova, T (2012). Integration of Green thinking into Lean fundamentals by Theory of Inventive Problems-Solving tools. DAAAM International, Vienna, Austria, EU, 2012, Ed. B. Katalinic (345 - 350).DAAAM International Vienna
- Durkacova, M.; Lavin, J.; Karjust, K. (2012). KPI Optimization for Product Development Process. 23rd International DAAAM Symposium. Austria:, 2012, (1).
- Grossschmidt, Gunnar; Harf, Mait (2012). Modeling and simulation of an electro-hydraulic servo-system in an intelligent programming environment. In: The 13th Mechatronics Forum International Conference : Proceedings Vol.3/3, September 17-19, 2012, Johannes Kepler University Linz, Austria: (Toim.) Scheidl, Rudolf; Jakoby, Bernhard. Linz: Trauner, 2012, (Advances in Mechatronics), 939 - 946.
- Harf, Mait; Grossschmidt, Gunnar (2012). Modeling and simulation of an electro-hydraulic servovalve in an intelligent programming environment. In: ASME 2012 11th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis (ESDA2012), July 2-4, 2012, Nantes France, [Proceedings]: New York: ASME, 2012, 1 - 9.
- Parik, E.; Otto, T. (2012). Monitoring of Energy Efficiency in Industrial Pneumatic Machines. In: Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium: 23rd International DAAAM Symposium, Zadar, 2012-10-21/28. (Toim.) Katalinic, B.. Vienna, Austria: DAAAM International Vienna, 2012, 985 - 989.
- Aruvaeli, T.; Serg, R.; Kaare, K.; Otto, T. (2012). Monitoring System Framework and Architecture over Supply Chain. In: Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium: 23rd International DAAAM Symposium, Zadar, 2012-10-21/28. (Toim.) Katalinic, B.. Vienna, Austria: DAAAM International Vienna, 2012, 661 - 667.
- Pribytkova, M.; Sahno, J.; Karaulova, T.; Shevtshenko, E.; Maleki, M.; Cruz-Machado, V. (2012). Reliability Analysis Module Development for Production Route Elaboration. I. Horvath, Z. Rusak, A. Albers, M. Behrendt (Toim.). Proceedings of the Ninth International Symposium on

Tools and Methods of Competitive Engineering -TMCE 2012 (1013 - 1026).Delft University Press

- Kallaste, A.; Vaimann, T.; Pabut, O. (2012). Slow-Speed Ring-Shaped Permanent Magnet Generator for Wind Applications. In: 11th International Symposium “Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering” and “Doctoral School of Energy and Geotechnology II”: (Toim.) Zakis, J.. Tallinn: Elektriajam, 2012, 66 - 69.
- Herranen, H.; Kers, J.; Preden, J.; Talalaev, R.; Eerme, M.; Majak, J.; Pohlak, M.; Allikas, G.; Pabut, O.; Lend, H. (2012). The influence of embedded electronics on the structural performance in carbon fiber laminates. In: Proceedings of Mechanics of Nano, Micro and Macro Composite Structures 2012: Mechanics of Nano, Micro and Macro Composite Structures, TORINO, 18-20 June 2012. (Toim.) A. Ferreira, E. Carrera. Torino, Italy:, 2012.
- Bashkite, V.; Durmanenko, D.; Ševtsova, K. (2012). Value Investigation for Used Automotive Products by Analysis of Possible End-of-Life Scenarios. Dr. Janis Zakis (Toim.). 11th International Symposium "Topical problems in the field of electrical and power engineering", Doctoral school of energy and geotechnology II (295 - 300).Tallinn University of Technology

3.5.

- Kallaste, A.; Vaimann, T.; Pabut, O. (2012). Aeglasekäiguline otsetoimeline püsomagnetgeneraator tuuleagregaatidele. In: TEUK XIV: Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine - neljateistkümnenda konverentsi kogumik: TEUK XIV: Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine, Tartu, 8. november 2012. Tartu: Eesti Maaülikool, 2012, 68 - 77.

4.1.

- (2012). Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering : 19-21st April 2012, Tallinn, Estonia [1]. Tallinn: Tallinn University of Technology

5.2.

- Majak, J.; Pohlak, M.; Eerme, M.; Kers, J. (2012). Nanoscale vibration analysis of graphene sheets using nonlocal elasticity theory. In: Proceedings of the International conference on Mechanics of nano, micro and macro composite structures: Mechanics of nano, micro and macro composite structures, Torino, 18-20 juuni 2012. (Toim.) A. J. M. Ferreira, E. Carrera . Torino: Politecnico di Torino, 2012.

2.7 Struktuuriüksuses kaitstud doktoriväitekirjade loetelu

Martinš Sarkans, masinaehituse instituut

Teema: Synergy development at early evaluation of modularity of the multi-agent production systems. (Sünergia kaasaminemodulaarsuse varaseks hindamiseks mitmeagentsete tootmissüsteemide evitamisel)

Juhendaja: emer.prof Vello Reedik

Kaasjuhendaja: prof Martin Eerme

Kaitses: 05.09.2012

Tarmo Velsker, masinaehituse instituut

Teema: Design optimization of steel and glass structures. (Metall- ja klaaskonstruksioonide optimeerimine)

Juhendaja: prof Martin Eerme

Kaasjuhendaja: vanemteadur Jüri Majak

Kaitses: 12.12.2012

Marina Kostina, masinaehituse instituut

Teema: Reliability Estimation of Manufacturing Processes in Machinery Enterprises. (Tootmisprotsesside usaldusväärsuse hindamine masinaehituse ettevõtetes)

Juhendaja: teadur Tatjana Karaulova

Kaitses: 20.12.2012

2.8 Struktuuriüksuses kaitstud magistritööde loetelu

Tabel 2 – Kaitstud magistritööd

	2012
	M
Tootearendus	15
Tootmistehnika	15
Transporditehnika	11
MARM	8
Laevaehitus	5
Kokku	54

2.9 Struktuuriüksuses järeldoktorina T&A-s osalenud isikute loetelu

Auriemma Fabio, MICRO-GROOVED PANELS: A NOVEL TECHNOLOGY FOR EFFECTIVE NOISE CANCELLATION (1.04.2012 - 1.04.2014)

3 STRUKTUURIÜKSUSE INFRASTRUKTUURI UUENDAMISE LOETELU

- PV007358, Arvuti Dell Workstation, 26.04.2012 (2 188,00)
- PV007367, Optilise deformatsioonide mõõt, 14.05.2012 (104 400,00)