

Tartu Ülikool

Sotsiaalteaduste valdkond

Haridusteaduste instituut

Kutseõpetaja õppekava

Sulev Kiivit

ÕPPEMATERJALI KOOSTAMINE TEEMAL

„PUITTOODETE MATERJALI KULU ARVUTAMINE”

bakalaureusetöö

Juhendaja: Jaan Mikk

Läbiv pealkiri: puittoodete materjali kulu arvutamine

KAITSMISELE LUBATUD

Juhendaja: Jaan Mikk (emeriitprofessor)

(allkiri ja kuupäev)

Kaitsemiskomisjoni esimees: Piret Luik (PhD)

(allkiri ja kuupäev)

Tartu 2016

Sisukord

SISSEJUHATUS	3
TEOREETILINE ÜLEVAADE.....	4
Õppematerjali koostamise üldised alused.....	4
Õppematerjali koostamise lähtekohad ja nõuded õppematerjalile.....	6
Tegevusuuring õppematerjali arendamisel	8
Uurimuse eesmärk ja ülesanded	10
METOODIKA	10
Valim	10
Mõõtevahendid	11
Protseduur.....	12
TULEMUSED JA ARUTELU	15
Ekspertide hinnangud ja kommentaarid õppematerjali kohta.	15
Ekspertide soovitused õppematerjali muutmiseks ja nendega arvestamine	18
KOKKUVÕTE	24
RESÜMEE	25
TÄNUSÕNAD.....	26
AUTORSUSE KINNITUS.....	26
KASUTATUD KIRJANDUS	27

Lisa 1 Tagasiside ankeet

Lisa 2 Õppematerjal „Puittoodete materjali kulu arvutamine“

Sissejuhatus

Kutseharidusstandardis (2006) on öeldud, et „kutseõppe eesmärk on luua võimalused sellise isiksuse kujunemiseks, kellel on teadmised, oskused, vilumused, hoiakud ja sotsiaalne valmidus töötamiseks õpitud erialal ning eeldused õpingute jätkamiseks ja elukestvaks õppeks. Kutseõppe ülesanne on valmistada ette vastutustundlik ja algatusvõimeline töötaja“ (§ 2).

Kutsehariduses lähevad õppekavad lühemaks ja praktika osakaal suureneb. Kutseõppe sisu aluseks on kutsestandardid. Kutsekeskharidusõppe korraldamine põhineb lisaks kutsestandarditele gümnaasiumi riiklikule õppekavale. Kutsekeskharidusõppe eripäraks on see, et antud õppekaval õppija omandab lisaks ametialastele teadmiste ja oskustele ka õppekavaga määratud üldhariduslikud teadmised ja oskused. Kutseõppe tasemeõppe lõpetanud õpilane omandab teadmised, oskused ja hoiakud vastavalt kvalifikatsioonitasemele (vt Kutseharidusstandard, 2013; Kutseseadus, 2008). Hiljem, kui inimene töötab on tal võimalus ennast täiendada erinevatel kutse tasemetel. Kiired muutused ühiskonnas ja tehnoloogiate arengus on muutnud oluliseks elukestva õppe.

Elukestva õppe all mõistame, et „elukestev õpe hõlmab formaalharidussüsteemi (lasteae, põhikool, gümnaasium, kutseõppeasutus, kõrgkool) kõrval ka sellest väljaspool pakutavat täiendus- ja ümberõpet, mitteformaalset ja informaalset õpet kogu selle mitmekesisuses“ (Eesti elukestva õppe strateegia 2020, 2014, lk. 22). Elukestva õppe eesmärgiks on parandada oma teadmisi, oskusi ja pädevusi, et paremini kohaneda kiiresti muutuvast ühiskonnast ja tööturul.

Seoses kutseõppes auditoorse õppeaja vähenemisega ja elukestva õppe suurenemise vajadusega, muutuvad järjest olulisemaks muutustele vastavad õppematerjalid. Sellest tulenevalt on uurimisprobleemiks puidueriala õpetamist toetavate õppematerjalide olukord ja vastavus kutseõppes toimuvatele muutustele ning kuidas koostada õppematerjale. Lähtudes eelnevast, valis autor bakalaureusetöö teemaks õppematerjali koostamise. Autori arvates tema poolt valitud teema aktuaalsus ja olulisus seisneb tööturu nõuetele vastava tööjõu koolitusvajaduse suurenemises. Hetkel puuduvad puidueriala õppeaines kutseõppe õppekavades toimuvaid muudatusi arvestavad ja kompaktsed õppematerjalid.

Lähtudes eespool toodust oli eesmärgiks koostada õppematerjal. Eesmärgini jõudmiseks töö autor selgitas välja teema, mille kohta puudub õppematerjal. Teema valikul arvestas autor õppekavades toimuvaid muudatusi. Uuringu käigus soovis autor teada saada, millised on õppematerjali koostamise teoreetilised alused. Samuti määratleti õppematerjali kasutajate sihtrühm. Oluline oli, et õppematerjal oleks kasutatav nii esmaõppes kui ka jätkuõppes, mida saavad kasutada kutsekooli õpilased ja töötajad tootmisettevõttes. Õppematerjal peaks olema abiks alustavale ettevõtjale, materjalikulude arvutamisel ja tootele hinnakujundamisel. Õppematerjalile annavad tagasisidet neli ekspert-õpetajat ja üks ettevõtte tehnoloog. Tagasiside põhjal parandatakse õppematerjali, et see oleks sobiv kasutamiseks õppeprotsessis.

Käesolev bakalaureusetöö koosneb teoreetilisest ja empiirilisest osast. Teoreetilises osas annab autor ülevaate õppematerjali koostamise üldistest alustest, lähtekohtadest ja nõuetest ning tegevusuuringust õppematerjalide koostamisel. Empiirilises osas tutvustatakse valimit, mõõtevahendeid, tegevusuuringu protseduuri ning arutelu ja tehakse kokkuvõtte.

Teoreetiline ülevaade

Õppematerjali koostamise üldised alused.

Tartu Ülikooli üliõpilaste poolt on koostatud palju erinevaid õppematerjale. Enamus koostatud õppematerjale on seotud üldharidusainete õpetamisega (vt. E-kataloog ESTER) Vähem on koostatud kutseõppes kasutatavaid erialaseid õppematerjale. Näiteks on koostatud terviseergonoomika õpik (Murov, 2010). Materjalide töötlemisega seotud teemasid ei ole Tartu Ülikoolis käsitletud. Autori andmetel on antud teemasid käsitletud Tallinna Tehnikaülikoolis. Kutseõppes toimuvaid muudatusi arvestavaid õppematerjale autori andmetel on käsitletud vähe. Autori andmetel ei ole Tartu Ülikoolis ja üldiselt Eestis koostatud kutseõppe puidutöötlemise valdkonnas toimuvaid muudatusi arvestavaid õppematerjale, mis on käesoleva lõputöö eesmärgiks.

Õppematerjali koostamine on aeganõudev protsess, mille käigus on vaja silmas pidada mitmeid printsiipe. Hea õppematerjal on väärtus. Iga uus autor pakub värsked ideid, on oluline säilitada varasemate uurijate kogemus (vt Mikk, 1995).

Kutseõppe andmisel on olulised kutsealased teadmised ja oskused kuid vähemolulised ei ole maailmavaade, suhtumine enda ja teiste töösse, hoolsus ning eetika. Õppematerjal peab

andma edasi erialaseid teadmisi, kujundama töömaailmas olevaid väärtushinnanguid ja hoiakuid. Õpet tuleb anda nii, et õpilane tunnetaks õpitava eriala olulisust ja õpetamine pakuks rahuldust õpetajale. Teoreetiliste teadmiste kinnistamisel on oluline koht praktilisel tegevusel, mida viiakse läbi praktilise töö tundides ettevõtte- ja koolipraktikal. Mida paremini on õpetajal ettevalmistatud teooriatund, seda lihtsam on õpilasi kaasata õppimisprotsessi. Teooriatunni ettevalmistamisel on oluline koht hästi koostatud õppematerjalil. Õppematerjalid võivad olla oma mahult, teostuselt ja sisult väga erinevad. Selgelt peab olema eristatud materjali eesmärk ja milliseid õpiväljundeid soovitakse saavutada. Õppematerjal peab vastama õppekavale (vt Puidutehnoloogia erialade riiklik õppekava, 2014, Tartu KHK õppekava). Õpiväljundite saavutamiseks on vaja jälgida, et sisu toetaks õppimist. Erinevad õpikud ja õppematerjalid on abiks õpetajatele õppimise juhtimisel, kuna nad arvestavad erinevaid õppimisteooriaid ning meetodikaid (Skjelbred, 2001).

Õpiväljundite saavutamist toetab terviklik õppematerjal. Terviklikku õppematerjali iseloomustab see, et ta on loodud ühe konkreetse teema omandamiseks. Terviklikult koostatud õppematerjal peab sisaldama olulist teavet ning selle kasutamisel oleks võimalikult vähe vaja kasutada väliseid allikaid. Õppematerjali iseseisvaks kasutamiseks on oluline, et kasutajad ei kulutaks asjatult aega info otsimisele (Salumaa & Talvik, 2003).

Õppematerjali koostamisel peab arvestama sihtrühma, kellele õppematerjal on suunatud. Milline on õppematerjali eesmärk õpetamisel, kas õpetamise lihtsustamine või on mõeldud iseseisvaks õppimiseks. Koostamisel peab arvestama, et materjal oleks kasutajale arusaadav ja mõistetav. Mikk (2000) soovitab vältida abstraktseid termineid. Tekstis kasutatud uued sõnad peaksid olema selgitatud arusaadavalt (Mikk, 1995).

Materjali mõistmiseks on oluline teksti optimaalne keerukus ja ülesehitus. Tekstide kirjutamisel vältida ülemäärast keerukust, hoiduda liialdamisest tundmata sõnadega, eelistada lühemaid lauseid, soodustada teksti ülesehitusega mõistmist ja konkretiseerida esitust (vt Mikk, Lihtsa keele reeglid).

Õppematerjali koostamisel peab arvestama infotehnoloogia kasutamise võimalusega, mis suurendab tegeliku situatsiooni lähedast õppimist. Õppematerjali koostamist võib vaadata, kui õpidisaini. Tegevused, mis on seotud õppematerjalide, õpitegevuste ja erinevate õpisüsteemide arendamisega nimetatakse õpidisainiks (Molenda, Reigeluth, & Nelson, 2003). Õpidisaini mudeleid on erinevaid. Üheks tuntumaks mudeliks õpiobjekti kavandamisel ja koostamisel on ADDIE (ingl k *analyse, design, development, implemenation, evaluation*)

mudel (Villems j. 2012). Antud mudeli etappe saab edukalt rakendada erinevate õppematerjalide koostamisel. Nimetatud mudel võeti kasutusele 1970 aastatel. ADDIE mudel jagab õppematerjalide arendamise viieks etapiks: analüüs, kavandamine, väljatöötamine, kasutamine ja hinnangu andmine.

Õppematerjal ei peaks olema ainult info edastaja vaid peaks suunama info kasutamisele ja analüüsile. Siis saab õppija paremini aru, miks on õpitavat vaja. Reaalse olukorra imiteerimine parandab õpitulemusi. Kogemus aitab mõista õpitavat, mis aitab tulevikus töökohal paremini toime tulla (Pilli, Kuusk, 2007). Nagu väidab Griffiths (1995, viidatud Kirmjõe, 2012, lk 11) „hea õppematerjal peaks võimaldama õpilaste omavahelist suhtlemist arutelude või probleemküsimuste kaudu, andes sel viisil õppijatele võimaluse aktiveerida varasemad teadmised ning kogemused“.

Tegeliku situatsiooni lähedane õppimine suurendab ka õpimotivatsiooni. Õppematerjal peaks olema õpilastele huvitav, et suurendada motivatsiooni õppimise vastu (Mikk, 1995).

Õppematerjali koostamise lähtekohad ja nõuded õppematerjalile.

Kvaliteetse õppe üheks eelduseks on hea õppevara olemasolu. Kvaliteetne õppevara peab vastama kehtestatud nõuetele ja standarditele. Õppekirjandusele esitatavaid nõudeid reguleerib haridus- ja teadusministri 11. augusti 2010 vastu võetud määrus nr 41. Hetkel kehtib antud määruse redaktsioon, mis jõustus 06.09.2013. Nimetatud määrus esitab üldised nõuded õppekirjandusele. Määrus sätestab, et õppekirjandus peab lähtuma õppekavast. Üldistes punktides on nimetatud, et õppekirjandus oleks eakohane, koostatud korrektses keeles ning sisaldaks aktiivõppe kasutamist ning õppeülesannete mitmekesisuse põhimõtteid. Õppekavale tuginedes saame hinnata õppematerjali jõukohasust (Mikk, 2000). Õppematerjali koostamisel on soovitatav arvestada erinevate õppeainete lõimingu (vt Õpikutele, tööraamatutele, töövihikutele ja muule..., 2010).

Kutsekeskhariduses osa üldharidusainetest lõimitakse erialaainetega. Õppeainete lõimimisel peab arvestama lõimitavate ainete ühisosaga, kus on oluline võtmepädevuste arendamine.

Pilli ja Kuusk (2007) märkisid, et:

Tegelik elu pole kunagi piiratud õppeaine või mooduliga, vaid on alati keerukam ja mitmetasandilisem. Tööks hästi ettevalmistav õppeprotsess imiteerib tööl toimuvat nii

lähedalt kui võimalik. Vaid nii tekivad kõige paremini meelde jäävad seosed, mis ongi mitmete moodulite või ainete ja kutseala praktiliste küsimuste lõimimise kõige mõistlikum lahendus. (lk 7).

Üheks õppeprotsessi lõimimise vormiks on töökohapõhine õpe. Töökohapõhine õpe toimub ettevõttes või asutuses praktiku juhendamisel (vt Kutseõppeasutuse seadus, 2013). Kutseõpe eeldab praktiku kutsealase asjatundlikkuse ja õpetamisoskuste lõimumist, mis mõjutab oluliselt õpetamise edukust (Grollman, 2008).

Reva, Karm, Lepp ja Remmik (2014) märkisid uurimuses, et „õpetamist kirjeldades rõhutasid praktikud-õppejõud korduvalt õppematerjalide vajalikkust. Leiti, et sisukad ja põhjalikud õppematerjalid või õppekirjanduse olemasolu on üks õpetamise eeltingimusi. Õppematerjalide ettevalmistamist peeti õpetamisel kõige tähtsamaks ja õppematerjalide koostamine võttis põhilise aja õppetöös valmistumisest“ (lk 130).

Õppematerjali koostamine peaks toimuma õpetajate ja tööandjate koostööna, nii nagu toimub õppekavade arendamine. Erinevatel kursustel käsitletavate teemade kohta on koolides loodud erinevaid õppematerjale ja õpiobjekte. Vähe on õppematerjale mida saavad õppijad ja õpetajad kasutada erinevatel kursustel. Hea õppematerjal arvestab kasutaja eelteadmistega, mis on kindla struktuuriga, kasutajasõbralik, sisult ja keeleliselt korrektne. Õppematerjali ülesehitus peaks võimaldama õppijal, seda iseseisvalt kasutada. Õppematerjalil peavad olema alljärgnevad omadused: taaskasutatav, terviklik, õppimist toetav ja ühilduv. Taaskasutatav õppematerjal on kasutatav erinevate sihtrühmade poolt, sõltumata ajast ja kohast. Terviklik õppematerjal on koostatud mingi kindla teema kohta. Õpiväljundite saavutamiseks on vajalik info õppematerjalis. Õppematerjal toetab õppimist, kui õppija saab seda läbida iseseisvalt. Iseseisvalt läbimiseks peab õppematerjal sisaldama õpijuhiseid, olema struktureeritud ja toetab õppeprotsessi kõiki etappe. Õppematerjali koostamisel arvestada erinevate IKT vahendite kasutamise võimalusega (vt. Villems j. 2012).

Reigeluth ja Carr-Chelman on välja töötanud juhendi/ õppematerjali kujundamise teooria (instructional design theor), mis hõlmab kuut etappi õppematerjali sisulisest poolest kuni õppematerjali vormilise kujundamiseni. Etapid on järgmised: juhendi/ õppematerjali sündmuse, analüüsi, planeerimise, ülesehituse, täitmise ja hindamise teooria. Iga teooria on eelduseks järgneva teooria läbiviimisel. Oluline on ära märkida, et koostaja peab integreerima igat etappi kujundamiseks efektiivset õppematerjali. (Reigeluth ja Carr-Chelman, lk. 6-9)

Peale õppematerjali koostamist on vaja uurida selle kvaliteeti. Õpiku kvaliteedi hindamiseks kasutatakse põhiliselt kolme meetodit:

1. Ekspertide hinnangud
2. Eksperimentaalsed uurimused
3. Õpiku analüüs (Mikk, 2000)

Ekspertide arvamused ja ettepanekud on kõige paremaks hinnanguks õpiku sisu kohta (Mikk, 2000).

Õppematerjalidel on õppetöös väga tähtis koht, mis on sama oluline, kui õpetaja õppeprotsessis. Õpetaja poolt koostatud õppevara näitab tema võimet areneda ning tahet ennast pidevalt täiendada (Mikk, 2012)

Kokkuvõttes on õppematerjali koostamisel vaja arvestada erinevaid nõudeid. Eelkõige on vaja arvestada õppematerjali kasutajate sihtrühmaga ja milline on nende eesmärk selle kasutamisel.

Tegevusuuring õppematerjali arendamisel

Tegevusuuring (*action research*) on uurimisviis, mis võib põhineda nii kvalitatiivsel kui ka kvantitatiivsel uurimismeetodil. Kvalitatiivse ja kvantitatiivse uuringu vahele on tegelikult väga raske piiri tõmmata. Kvalitatiivset uuringut iseloomustab paindlikkus, erinevate uuringuetappide segunemine ning korduv tagasipöördumine juba läbitud etappide juurde (Laherand, 2008).

Tegevusuuringut iseloomustavad selle põhitunnused: püütakse lahendada erinevaid praktilisi probleeme, uurimus viiakse läbi praktiku poolt ning eesmärgiks on parandada erialase tegevuse kvaliteeti (Löfström, 2011).

Autori poolt oli tegevusuuringu valiku eelistuseks, selle kohene praktiline rakendamise võimalus. Tegevusuuringu erijooned võib kokku võtta järgmiselt: tegevusuuring lähtub praktilistest küsimustest ja on suunatud erialase tegevuse edendamisele, tegevusuuring on

loomult tsükliline, tegevusuuringu käigus läheb vaja analüüsivõimet, tegevusuuring on koostööpõhine ja kogukonnakeskne (vrd Kember, 2000). Uuringu käigus oli võimalik hinnata õppematerjali tugevaid ja nõrku külgi ning teha muudatusi.

Tegevusuuring on oma loomult tsükliline, mille eesmärgiks on parandada erialase tegevuse kvaliteeti. See koosneb planeerimise, tegutsemise, vaatlemise ja analüüsimise etappidest (Löfström, 2011).

Tegevusuuringute rajajaks peetakse Kurt Lewinit, kelle töödes on oluline koht teooria ja praktika koos arendamisel (Laherand, 2008).

Tegevusuuringuid on hakatud kasutama laialdaselt. Kui varem kasutati tegevusuuringuid organisatsioonide ja töökeskkonna uurimistel siis praegu on see leidnud kasutamist ka teistes valdkondades. 1970-ndate keskel oli tegevusuuring arenenud ja olid selgunud neli põhilist tegevusuuringu liiki. Nendeks olid traditsiooniline, kontekstuaalne, radikaalne ja haridusalane tegevusuuring (O'Brien, 1998).

Antud töö autor tugines oma töös haridusalasele tegevusuuringule. Laherand (2008) märkis, et „see mõiste kajastab ootust, et õpetaja peaks suutma kaasa rääkida õppekavade koostamisel, oma töökeskkonna parandamises ja õpetamise professionaalse taseme tõstmises“ (lk 135). Selle meetodi kasutamisel ühendatakse erinevate inimeste koostöös tegevus ja refleksioon, teooria ja praktika ning jõutakse probleemide praktiliste lahendusteni (Brydon-Miller, Greenwood, Maguire 2003).

Vahetu kontakt uuritavaga võib mõnikord ka probleeme tekitada, kuid eelisteks on kindlasti kohaliku kultuuri ja kohalike praktikute igapäevase töö ja sellega seotud probleemide tundmine (Ryhammer, 1989).

Tegevusuuringu läbiviimiseks on võimalik kasutada erinevaid meetodikaid. Nendeks on O'Brieni (1998) ja Erika Löfströmi (2011) lähenemised tegevusuuringule. Autor kasutas oma töös Löfströmi uuringu mudelit, kuna see on kohandatud hariduslike uuringute läbiviimiseks.

Uurimuse eesmärk ja ülesanded

Tisleri eriala toetavate õppematerjalide loetelu on toodud Riikliku Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskuse dokumendis (vt. Riikliku Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus) Nimetatud dokumendis on näha, et perioodil 2008-2013 ei ole väljatöötatud ühtegi tisleri eriala toetavat õppematerjali. Õppematerjalide kaardistus 2009/2010. a seisuga näitab, et tisleri eriala toetavate õppematerjalide valik on suhteliselt väike. Toetudes kutsehariduse arendamise programmile, õppematerjalide kaardistusele, õppematerjalide koostamise lähtekohtadele ja nõuetele, püstitas autor uurimuse eesmärgi.

Uurimuse eesmärgiks oli koostada õppematerjal teemal „Puittoodete materjali kulu arvutamine”. Eesmärgi saavutamiseks püstitati kaks uurimisküsimust ja kolm uurimisülesannet.

1. Milline on tisleri ja puidutöötlemise erialade õpetamist toetavate õppematerjalide olukord?
2. Millised on õppematerjali koostamise alused ja põhimõtted?
3. Koostada õppematerjal, mis on sobilik kasutamiseks kutseõppe tasemeõppes ja täiskasvanute täiendkoolitusel, arvestades õppematerjali koostamise põhimõtteid.
4. Koguda eksperthinnanguid koostatud õppematerjali kvaliteedi kohta.
5. Täiendada õppematerjali, arvestades ekspertide hinnanguid.

Metoodika

Valim

Töös on kasutatud sihipärast valimit. Valimi moodustamiseks soovis autor leida kõige tüüpilisemad populatsiooni esindajad. Ekspertide valikul lähtuti uurimuse eesmärgist, milleks oli hinnangu andmine bakalaureusetöö käigus koostatavale õppematerjalile. Ekspertide valiku üheks kriteeriumiks oli see, et oleks esindatud kutseõpe ja töömaailm. Ekspertide tööstaaž oleks praegusel erialal vähemalt 5 aastat.

Valimisse kuulus neli puidueriala kutseõpetajat erinevatest kutsehariduskeskustest ja üks ettevõtte tehnoloog. Valimi moodustamisel arvestas autor kaasatud inimeste pedagoogilisi

ning erialaseid teadmisi ja kogemust puidutöötlemise valdkonnas. Kõigil ekspertidel oli tööstaaž praegusel erialal üle 5 aasta. Ekspert-õpetajad töötavad:

1. Tartu Kutsehariduskeskuses (Õ1),
2. Ida-Virumaa Kutsehariduskeskuses (Õ2),
3. Võrumaa Kutsehariduskeskuses (Õ3),
4. Tallinna Ehituskoolis (Õ4),
5. AS Tarmeko LPD OÜ tehnoloog, Tartumaal (E5).

Ülevaade uurimuses osalenud ekspertidest on esitatud Tabelis 1. Ekspertide andmete esitamisel võeti eeskujuks Lenne Tammiste bakalaureusetöö (Tammiste, L. 2011). Ekspertide tähistust, kus Õ tähistab ekspert-õpetajaid ja E ekspert-tehnoloogi, kasutati andmete analüüsi juures.

Tabel 2. *Ekspertide andmed*

Ekspert	Praegune amet	Haridus	Tööstaaž
Õ1	Meisterõpetaja; kutseõpetaja	TPI puidutöötlemis tehnoloogia-insener; TÜ sotsiaaltöö korraldus, rakenduskõrgharidus; TTÜ haridusteadus, tehnikaõpetaja magister.	7 aastat
Õ2	Kutseõpetaja	Rakenduskõrgharidus, TÜ kutseõpetaja magister	7 aastat
Õ3	Kutseõpetaja	Kõrgharidus, TÜ kutseõpetaja magister	7 aastat
Õ4	Kutseõpetaja	Kõrgharidus, TÜ füüsikaõpetaja magister	43 aastat
E 5	Tehnoloogia insener	Rakenduskõrgharidus, Võru Kutsehariduskeskus	10 aastat

Mõõtevahendid

Bakalaureusetöö käigus koostati ja hinnati õppematerjali tegevusuuringu raames. Tegevusuuring võib tugineda nii kvalitatiivsetele kui kvantitatiivsetele andmetele, sest tegemist on süsteemse uurimisviisiga (Löfström, 2011). Autor koostas ekspertide käest tagasiside saamiseks ankeedi (vt Lisa 1), mis sisaldas struktureeritud ehk valikvastustega küsimusi ning avatud küsimusi. Ankeedi koostamisel andis soovitusi bakalaureusetöö juhendaja. Valikvastustega küsimuste väidetele, said vastajad avaldada arvamust Likerti 5 palli skaalal (kindlasti ja; pigem ja; ei oska öelda; pigem ei; kindlasti ei). Ankeedi valikvastustega küsimuste koostamise eesmärgiks oli saada ülevaade uuritavast tekstist, kui tervikust. Valikvastustega küsimused keskendusid teksti arusaadavusele. Avatud küsimused

andsid võimaluse ekspertidel vastata oma soovi kohaselt. Küsimused keskendusid uuritava õppematerjali sisule. Osalejad said anda tagasisidet õppematerjali sisu sobivuse ja kvaliteedi kohta. Ankeet koosnes kahest osast, kus esimeses osas oli võimalik anda hinnang õppematerjali teoreetilisele osale. Ankeedi teises osas anti eraldi hinnang igale kuluarvutuse tabelile. Vastata sai nii valikvastustega kui ka avatud küsimustele. Ankeedi lõpus olid avatud küsimused, mis puudutasid kogu õppematerjali. Ankeedi koostamisel tugineti käesolevas bakalaureusetöös püstitatud uurimuse eesmärgile.

Protseduur

Bakalaureusetöö raames viis autor tegevusuuringu läbi viies etapis. Tegevusuuring kestis ligikaudu 8 kuud, mis algas oktoobris 2014 ja lõppes mais 2015. Kõige pikema ajalise kestvusega olid esimene ja teine etapp, mis kestsid oktoobrist 2014 kuni aprill 2015. Nendes etappides toimus uuringu kavandamine, teema piiritlemine, kirjanduse läbivaatamine, õppematerjali koostamise planeerimine. Bakalaureusetöö teema kohta andmete kogumine ja analüüs ning õppematerjali koostamisega alustamine. Kolmandas etapis toimus õppematerjali koostamine.

Neljandas ja viiendas etapis, toimus ekspertide tagasiside küsimine, analüüs ja õppematerjalis muudatuste tegemine. Muudatuste tegemiseks viidi läbi tagasiside ankeetide analüüs. Neljanda ja viienda etapi tegevused kattusid ning viidi läbi aprillis ja mais 2015.

Esimene etapp

Uuringu esimeses etapis selgitas autor valdkonda ja tegi valiku, mis vajaks uurimist. Õppematerjali loomiseks oli vaja esitada erinevaid küsimusi. Miks sellist materjali on vaja? Milliseid probleeme koostatav materjal aitab lahendada? Kes on õppematerjali kasutajad (Villems j. 2012)? Analüüsi etapis töö autor analüüsis sisu ja sihtrühma vajadusi. Materjali kasutajate sihtrühmaks ei olnud ainult õppijad. Kasutajateks võisid olla ettevõtete vastava eriala töötajad. Analüüsi käigus tuli hinnata, milline on tegelik olukord õppematerjalide osas. Hinnangute tegemiseks tutvus autor Tartu Kutsehariduskeskuse infokogus oleva tislari eriala õpinguid toetava kirjandusega. Autor külastas internetis erinevaid tislari eriala toetavaid õpiobjekte (vt. Innove. Õppematerjalide kaardistamine 2009/2010; Tartu Kutsehariduskeskuse õpiobjektid) ning tutvus nende sisuga. Uuritavate õppematerjalide analüüsil keskendus autor materjali vajaduse arvutamise teemadele. Eelkõige huvitas autorit, millises mahus ja kujul on

uuritavat teemat käsitletud. Kas õppematerjalid on loodud ühe konkreetse teema omandamiseks? Uurimist vajab ettevõtete tegelik olukord ja vajadus õppematerjali järgi. Uurimistöö käigus külastas autor ettevõtteid ja tutvus seal kasutatava materjalide vajaduse arvutamise metoodikaga. Sisuanalüüsis oli vaja arvestada, et õppematerjali sisu oleks sobiva mahuga, arvestaks kasutaja eelteadmistega ning oleks loogilise ülesehitusega.

Selles etapis töötas autor läbi riiklikud õppekavad ja kutsestandardid. Kuna autor on praktikust õpetaja, siis lisaks töömaailma vajadustele, tugines autor töömaailmas saadud isiklikele kogemustele. Kogemused toetasid õppematerjali koostamise valdkonna leidmisel. Antud uurimuses keskendus autor teoreetilistele ja metoodilistele alustele, mis on olulised õppematerjali koostamisel.

Oktoobrist 2014 kuni jaanuar 2015 tegi töö autor ettevalmistusi õppematerjali koostamiseks. Autori sooviks oli koostada terviklik õppematerjal ühe kindla teema kohta. Valitud teemaks oli „Puittoodete materjalide kulu arvutamine“. Teema valikul tugines autor varasematele uuringutele, mis oli tehtud puidueriala toetavate õppematerjalide kohta (vt Õppematerjalide kaardistamine 2009/2010). Uuringutest selgus, et avaldatud õppematerjalide valik on väike. Autori poolt valitud teema kohta puudus terviklik õppematerjal. Uuringutes ei olnud kajastatud e-õppe materjale. Ettevalmistuse etapis toimus info kogumine, arvestades õppematerjali koostamise sisulisi nõudeid ning lähtedokumente (Mikk, J. 2009; Marandi, T. 2007; Kutseõppeasutuse seadus, 2013; Kutseharidusstandard, 2013; Eesti autoriõiguse seadus 1992). Autor tutvus antud teemal varem avaldatud õppematerjalidega (Auvinen, S. 2007; Tering, T. 2002; Jackson, A., Day, D. 2006). Lisaks teoreetilistele materjalidele, tugines autor enda tähelepanekutele, et tootmisprotsessis on väga oluline koht materjalide vajaduse arvutamisel. Materjalide kulu analüüs läbi arvutuste, aitab õpilastel paremini mõista materjalide säästlikku kasutamise vajadust ja kujundab keskkonnasäästlikku mõtteviisi.

Teine etapp

Autor valis esimeses etapis kogitud andmete hulgast olulised materjalid, mis käsitlesid valitud uurimuse teemat. Autor koostas tegevuskava, õppematerjali koostamiseks. Õppematerjali ülesehitusel autor arvestas kasutajate sihtrühmaga, õppekava eesmärgiga ja õppematerjali koostamise teoreetiliste alustega. Tegevuskava koostamisel oli olulisel kohal kutseõppes toimuvate muudatustega arvestamine. Selles etapis koondas töö autor kõik vajalikud materjalid õppematerjali koostamiseks. Autori poolt koostati õppematerjali

struktuur, mis järgiks teemakohase kompaktsed õppematerjali struktuuri. Õppematerjali esimeste teemade hulgas käsitles töö autor lühidalt olulisi erialaseid teoreetilisi teemasid. Teoreetilised osad pidid andma esimesed teadmised materjalide vajaduse arvutamist mõjutavatest teguritest. Õppematerjali struktuur pidi järgima teemade käsitlemisel nende loogilist järjestust, mis aitab paremini mõista õpitavat. Materjali aitab mõista stimuleerivad ja vastuvõtmist soodustavad seosed (Krull, 2000). Õppematerjali sisu väljatöötamisel on autor arvestanud kasutajate eripäraga. Kasutajateks võivad olla nii õppurid kui ka praktikud. Õppematerjal on erinevad teemad esitatud õppimist ning kasutamist toetavalt.

Kolmas etapp

Kolmanda etapi lõpuks koostas autor õppematerjali. Õppematerjali koostamine toimus jaanuarist 2015 kuni aprillini 2015. Õppematerjal koosnes kahest osast. Esimene osa kajastas materjalide kulu arvutuse teoreetilisi aluseid ja teine arvutuse meetodikat.

Õppematerjali esimese osa eesmärgiks oli teha kokkuvõtte tehnoloogilisest protsessist, mis on õppematerjali kasutajale vajalik praktiliste arvutuste tegemisel. Kajastamist leidsid teemad: tootmiskulusid mõjutavad tegurid, tehnoloogiline protsess, töötlusvarud, materjalide väljatuleku protsent ja tehnoloogiline kadu.

Teoreetilises osas selgitas autor arvutuste tegemiseks kasutatavaid valemeid ning termineid, mida kasutaja peab teadma. Eraldi tõi autor välja olulised tehnoloogilised normid, mis olid vajalikud arvutuste tegemisel. Selliselt ülesehitatud õppematerjali on mugav kasutada kursuste korraldamisel või konkreetse ülesande lahendamisel, kuna kaob täiendava kirjanduse kasutamise vajadus.

Õppematerjali teises osas autor koostas kõikide põhimaterjalide vajaduse arvutamiseks tabelid. Tabelitele on lisatud lahtrite täitmise selgitused.

Kolmanda etapi lõpus saatis autor uuringus osaleda nõustunud ekspertidele tutvumiseks õppematerjali. Õppematerjali saatis autor ekspertidele e-postiga.

Neljas etapp

Selles etapis toimus autori poolt ekspertidelt tagasiside saamiseks küsitlusankeedi koostamine. Tagasiside saamise eesmärgiks oli koguda ekspertide arvamusi ja ettepanekuid

koostatud õppematerjali kohta. Ankeedi struktuurist on autor kirjeldanud käesoleva töö mõõtevahendite osas. Ankeedi saatis autor ekspertidele e-postiga. Ekspertid tagastasid autorile täidetud ankeedid samuti e-postiga.

Õppematerjali kvaliteedi hindamisele kaasas töö autor eksperte. Ekspertide tagasiside oli vajalik muudatuste paranduste ja täienduste tegemiseks õppematerjalis. Õppematerjali hindamise kohta on pikemalt kirjutatud käesoleva bakalaureusetöö tulemuste peatükis. Neljandas etapis alustas autor saadud tagasiside analüüsiga, mis jätkus viiendas etapis.

Viies etapp

Pärast andmete kogumist, toimus autori poolt ankeetide analüüs. Analüüsiprotsessi käigus tutvus autor põhjalikult kogutud materjaliga, märgistas esiletõstetud teemad ja valis välja sobiva informatsiooni õppematerjali täiendamiseks. Tegevuse viis autor läbi aprillis 2015. Toimus õppematerjalis muudatuste tegemine. Viienda etapi tegevus kattus ajaliselt neljanda etapiga ja see toimus aprill 2015 kuni mai 2015. Muudatuste tegemisel lähtus autor teoreetilisest kirjandusest ja ekspertide tagasisidest, ettepanekutest ning kommentaaridest.

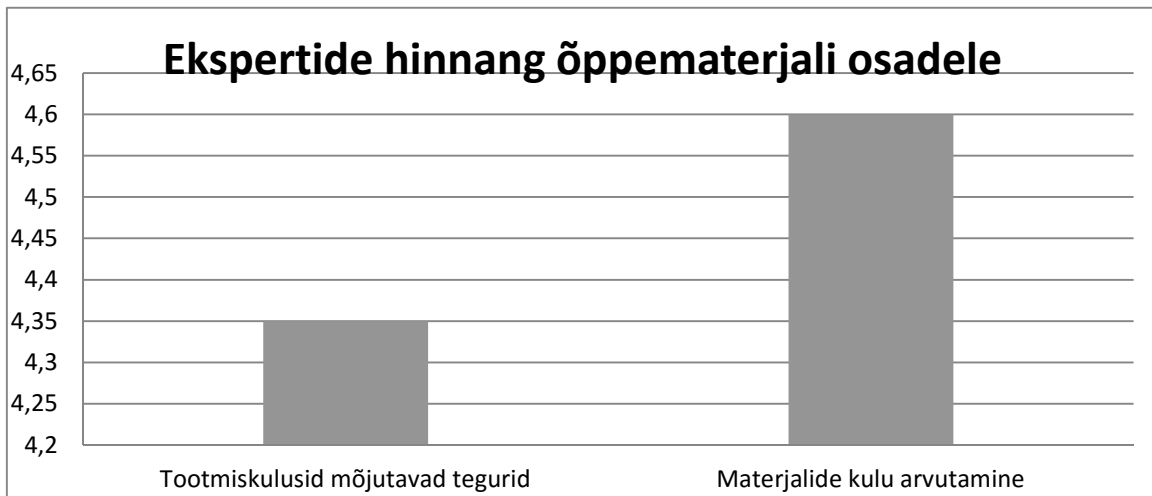
Valikvastustega küsimuste analüüsiks kasutati andmetöötlusprogrammi Microsoft Excel 2010. Ekspertide tagasiside analüüsi ja õppematerjalis tehtud muudatusi on kirjeldatud käesoleva töö järgnevatel osades.

Tulemused ja arutelu

Ekspertide hinnangud ja kommentaarid õppematerjali kohta.

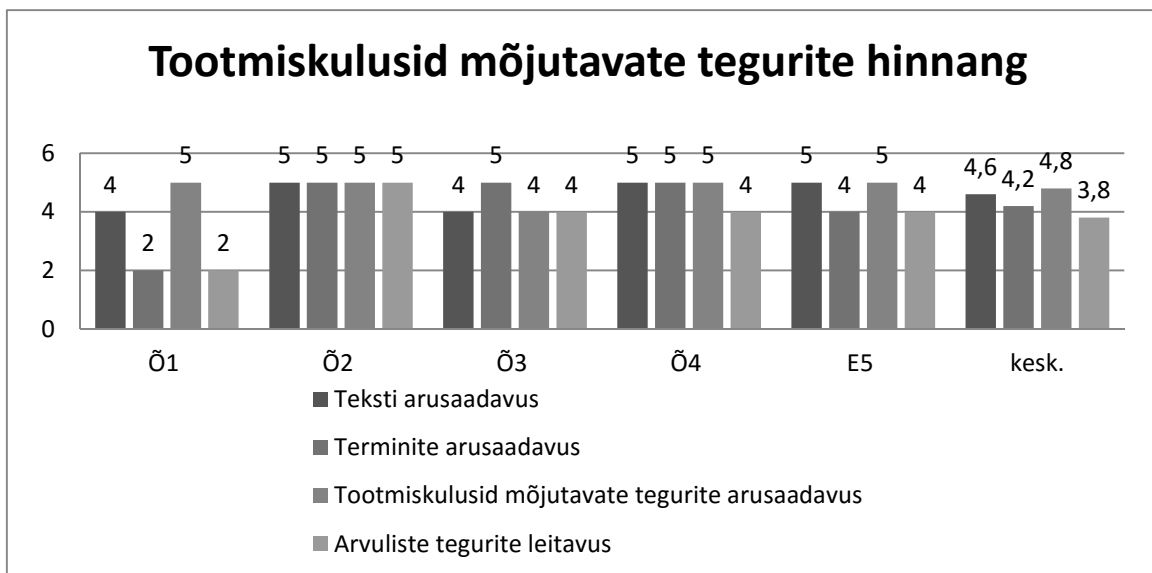
Käesoleva töö ülesandeks oli koostada õppematerjal, arvestades koostamise põhimõtteid ja varasemaid uuringuid ning koguda eksperthinnanguid koostatud õppematerjali kohta. Ekspertanalüüsiga soovis autor saada teada, millisel määral on vaja õppematerjali täiendada ja parandada. Õppematerjalile andsid hinnangu kõik eksperdid. Hinnangud olid materjalide kulu arvutamise osa kohta valdavalt positiivsed. Ekspertid Õ3 ja E5 hinnangute kohaselt oli tabelite arusaadavus kohati raske. Rohkem erinevaid arvamusi oli tootmiskulusid mõjutavate tegurite osa kohta. Teksti arusaadavusega jäid eksperdid enamuses rahule. Sellega täideti Mikk (2009) soovitus, et tekstide kirjutamisel vältida ülemäärast keerukust. Arvuliste tegurite ja mõistete eristamisel tekstist oli probleemiks ekspertide Õ3, Õ4 ja E5 arvamused.

Toodud arvamus kinnitas Krull (2000) väidet, et seosed soodustavad materjali paremat mõistmist.



Joonis 1. Ekspertide keskmised hinnangud õppematerjali osade kohta, 5 pallisel skaalal

Joonisel 1. on kokku võetud ekspertide keskmised hinnangud õppematerjali osade kohta kõikide tegurite lõikes. Kõige rohkem ettepanekuid tegid eksperdid tootmiskulu mõjutavate tegurite osa täiendamise kohta.



Joonis 2. Ekspertide hinnangud õppematerjali I osale, 5 pallisel skaalal

Ekspertide täpsemad hinnangud õppematerjalile on esitatud Tabelis 3.

Tabel 3. *Ekspertide hinnangud õppematerjalile*

Väited ja küsimused	Õ1	Õ2	Õ3	Õ4	E5
Tootmiskulusid mõjutavad tegurid					
Kas kasutatav tekst on arusaadav	Pigem ja	Kindlasti ja	Pigem ja	Kindlasti ja	Kindlasti ja
Kas terminid on arusaadavad	Pigem ei	Kindlasti ja	Kindlasti ja	Kindlasti ja	Pigem ja
Kas tootmiskulusid mõjutavad arvulised tegurid on arusaadavad	Kindlasti ja	Kindlasti ja	Pigem ja	Kindlasti ja	Kindlasti ja
Kas arvulised tegurid on tekstist kiiresti leitavad	Pigem ei	Kindlasti ja	Pigem ja	Pigem ja	Pigem ja
Materjalide kulu arvutamine					
Puit- ja pealustusmaterjalide kulu arvutamine					
Kas tabeli ülesehitus on arusaadav	Kindlasti ja	Kindlasti ja	Pigem ja	Kindlasti ja	Pigem ja
Kas tabeli lahtrite arvutuskäik on arusaadav	Kindlasti ja	Kindlasti ja	Ei oska öelda	Kindlasti ja	Pigem ja
Liimide kulu arvutamine					
Kas tabeli ülesehitus on arusaadav	Kindlasti ja	Kindlasti ja	Pigem ja	Kindlasti ja	Pigem ja
Kas tabeli lahtrite arvutuskäik on arusaadav	Kindlasti ja	Kindlasti ja	Pigem ja	Kindlasti ja	Pigem ja
Lihvmaterjalide kuluarvutamine					
Kas tabeli ülesehitus on arusaadav	Kindlasti ja	Kindlasti ja	Pigem ja	Kindlasti ja	Pigem ja
Kas tabeli lahtrite arvutuskäik on arusaadav	Kindlasti ja	Kindlasti ja	Pigem ja	Kindlasti ja	Pigem ja
Viimistlusmaterjalide kulu arvutamine					
Kas tabeli ülesehitus on arusaadav	Kindlasti ja	Kindlasti ja	Pigem ja	Kindlasti ja	Pigem ja
Kas tabeli lahtrite arvutuskäik on arusaadav	Kindlasti ja	Kindlasti ja	Pigem ja	Kindlasti ja	Pigem ja

Õ1 kommentaarist selgus, et õppematerjal sobis kasutamiseks iseseisvalt või täiendõppes õppida soovival inimesel. Õppematerjal andis Õ1 arvates ülevaate puidutöötlemises kasutatavate materjalide koguste arvutamisest. Õ1 arvates oli hea see, et õppematerjalis peatükk 8 on olemas konkreetne arvutusnäide. Õ2 arvates oli kõik komplektselt koos ja lihtsalt leitav. Õppematerjali iseseisvaks kasutamiseks on oluline, et kasutajad ei kulutaks asjatult aega info otsimisele (Salumaa & Talvik, 2003). Kasulikuks peeti selgitavat mõõtühikute tabelit (Lisa 2, tabel 5, lk. 35), mis aitab õiged mõõtühikud kiiresti leida.

Tabel 5. Materjalide arvutustäpsus ja mõõtühik

Materjali nimetus	Mõõtühik	Arvutustäpsus
Pindala	m ²	0,01
Detaili või tooriku maht	m ³	0,001
Liimiga kaetav pindala	m ²	0,001
Liimi kulunorm	kg / m ²	0,0001
Lihvitav pindala	m ²	0,001
Laki kulunorm	kg/m ²	0,001
Liimi kulu	kg	0,001

Õ4- le meeldis see, et on terviklik ülevaade kindlast teemast. Oluline ja vähemoluline peaksid olema selgelt eristatavad (Mikk, 2000).

Küsimusele, mis ei meeldinud E5 ja Õ4 ei vastanud. Õ3 arvates oli kõik arusaadav, aga praktiliste arvutuste juures jätab soovida õppijate arvutusoskus, eriti arvude teisendamisel. Esitatud probleemi mõistlikuks lahenduseks õpetamisel pidasid Pilli ja Kuusk (2007) erinevate ainete ja praktiliste küsimuste lõimimise.

Ekspertide soovitusel õppematerjali muutmiseks ja nendega arvestamine

Käesoleva töö uurimisülesandeks oli saada teada, millisel määral on vaja koostatud õppematerjali täiendada ja parandada. Täienduste tegemisel autor tugines ekspertide hinnangutele, ettepanekutele ja kommentaaridele. Kõige rohkem soovitusi ja ettepanekuid oli ekspertidelt sisuliste muudatuste tegemiseks. Lisaks sisulistele muudatustele oli ettepanekuid töö vormistuse muutmiseks. Osad ekspertide poolt tehtud muudatuste ettepanekud ei leidnud õppematerjalis kajastamist. Õppematerjalis muudatuste kasutamise ja mittekasutamise kohta esitas autor põhjendused.

Ekspertide arvamused olid enamuses positiivsed. Õ1 ja Õ4 arvates olid tootmiskulusid mõjutavad olulised tegurid esitatud. Tehnoloogilises osas võiks kajastada lõikeinstrumendist sõltuvaid tootmiskulusid: „*võib-olla ehk täpsustada lõikeinstrumendist sõltuvaid tootmiskulusid, näiteks ketas- ja lintsaega töötlemisel, milline on materjalikadu ja erinevus sõltuvalt valitud lõikeviisist ja instrumendist*” (Õ2). Erinevad saematerjalide kvaliteediklassid võiksid olla täpsemalt esitatud ja nende seotus väljatuleku protsendiga. Autor lisas õppematerjalis põhiliste puit-, plaat- ja pealustusmaterjalide keskmised väljatulekuprotsendid mis on aluseks materjalide vajaduse arvutamiseks. Vastav täiendus viidi õppematerjalis sisse (Lisa 2, lk. 13).

Põhiliste puit-, plaat- ja pealustusmaterjalide arvestuslikud keskmised väljatuleku protsendid, kasutamiseks materjalide vajaduse arvutamisel;

- *okaspuu saematerjal, servamata 62 %,*
- *lehtpuu saematerjal, servamata 49 %*

- *pöök ja kask 45 %,*
- *haab 34 %,*
- *lepp 41 %,*
- *servatud saematerjalide kasutamisel võib väljatulekut suurendada kuni 5 %,*
- *hööveldatud spoon 65 %,*
- *kooritud spoon paksusega 1,4 mm 85 %,*
- *kooritud spoon paksusega 1,0 mm 60 %,*
- *plaatmaterjalidel juurdelõikus kaarti alusel, kuid mitte vähem kui 85-90 %,*
- *liimitud painutatud toorikutel 75 %.*

Õ3 arvates oleks vaja kajastada põhjalikumalt saematerjali töötlusvaru. Vastavad täiendused viidi töös sisse (Lisa 2, lk. 11). Ekspertidele esitatud õppematerjalis oli toodud töötlusvaru definitsioon ja mõju toote lõpphinnale. Autor lisas täienduseks töötlusvaru arvulised suurused, mida sai kasutada arvutuste tegemise juures.

Põhilised töötlusvarud puidust detailide valmistamisel.

1. freesimine kahelt vastasküljelt eelneva rihtimiseta

1.1. Pikkuses ja laiuses 4-5 mm

2. freesimine kahelt vastasküljelt eelneva rihtimisega

2.1.pikkuses ja laiuses 5-6 mm

2.2. toorikutele pikkusega üle 2000 mm, töötlusvaru 7-9 mm

3. detailide liimimisel laiuses võib töötlusvaru paksuses suurendada 2 mm

4. detailide liimimisel paksuses võib töötlusvaru suurendada laiuses 2 mm

6. töötlusvaru toorikute järkamisel pikkuses 20-25 mm

7. treimisel töötlusvaru

7.1. pikkuses 40 mm

7.2. laiuses ja paksuses 5 mm

7.3.kui ühest toorikust saab mitu detaili siis töötlusvaru suurendada iga saetee kohta 4 mm.

Töötlusvarude määrmisest on kirjutatud käesoleva õppematerjali peatükis 7.2.

Kiiresti info leidmisega arvestamine on üks olulisi tegureid õppematerjali koostamisel (Salumaa & Talvik, 2003).

Täiendavana võiks Õ3 arvates käsitleda painutatud liimitud toorikute valmistamisel materjalide kulu mõjutavaid tegureid. Antud ettepanek ei leidnud autori poolt täiendamist. Esitatud ettepanek ei kattunud õppematerjali koostamiseks püstitatud eesmärkidega. Soovitatud teema on puidutöötlemise protsessis mahukas tehnoloogiline osa, mis vajab eraldi käsitlemist.

Eraldi teemana võiks E5 arvates käsitleda töödeldava materjali ja tootmisruumi niiskust ning temperatuuri. Soovitatud teema puudutab laiemalt puidutöötlemise tehnoloogilist protsessi, kui seda oli materjalide vajaduse arvutamine, mis tõttu autor ei pidanud vajalikus selle käsitlemist. Antud ettepanekud olid põhjustatud autori arvates sellepärast, et puudus õppematerjali eesmärgi selgitus. Autor lisas õppematerjali sissejuhatuse lõppu lause: „Antud õppematerjali eesmärgiks on selgitada materjali kulu arvutamise metoodikat, puittoodete valmistamisel“.

E5 arvates olid kõik olulised materjalide kulu mõjutavad tegurid väljatoodud. Negatiivsel arvamusel oli Õ1 terminite arusaadavuse ja arvuliste väärtuste leidmise osas tekstist. Õppematerjali tekstis viis autor sisse muudatused ja terminid toodi tekstis esile tumedas kirjas. Näiteks termin (Lisa 2, lk. 9).

***Tehnoloogiakaart** on tehniline dokument, mis annab kokkuvõetliku ja üksikasjaliku ülevaate detaili valmistamise protsessist.*

Andmete leidmiseks on viidatud ülesannete juures teksti osadele, kus on vajalik info, näiteks (Lisa 2, lk. 18).

Antud lahtrite täitmiseks täiendavalt lugeda õppematerjali peatükki 7.2.

Õppetekstide lõppu on lisatud küsimused, mille eesmärgiks on õppimise toetamine. Näiteks küsimus (Lisa 2, lk. 21).

Mõtle

Miks ei ole otstarbekas pikkusele järkamisel kordsust kasutada?

Ekspert Õ1 arvates oli temale, kui eriala tundvale inimesele materjali arvutuse põhimõtted arusaadavad. Visuaalse pildi parandamiseks võiks kasutada suuremat tabelite formaati. Liimide kuluarvutuse tabeli juures olev märg "Toote nimetus", Õ1 arvates vajaks selgitust, et igale tootele koostatakse eraldi tabel. Ekspertide Õ2 ja Õ4- le oli kuluarvutuse tabelite ülesehitus arusaadav ja piisav.

Ekspert Õ3 soovitas tabelites teisendada detailide mõõdud meeter mõõdustikku. Ettepaneku suhtes oli töö autor eriarvamusel, sest antud muudatuse sisseviimine võib tekitada materjalide kulu arvestuses vigu. Detailide joonised on materjali kulu arvutuse alusdokumendid, kus joonmõõtmel antakse millimeetrites. Ühesuguste mõõtühikute kasutamine materjalide kulu arvutamisel ja algdokumentides, kindlustab täpsema kontrolli algandmete üle. Ühesuguste algandmete kasutamine võimaldab kiiresti viia sisse muudatusi materjalide kulu arvutamisel.

E5 soovitas iga tabeli juures teha näidisarvutuse. Vastav täiendus viidi sisse ja tabelite lõpus on näidisarvutus, näiteks (Lisa 2, lk. 25-26).

Näidisarvutus

Tabel 2. Liimide ja nende komponentide kulu arvutus

Detail ja operatsioon										Materjal								
Joonise nr	Nimetus / operatsioon	Mõõtmed mm		Pindala m ²	Arv tootes	Pindade arv	Liimitav pindala	Operatsiooni iseloomustus	Nimetus	Kulunorm								
		Pikkus	Laius							M/Ü	1m ² -le	Tootele	Sellest liimi komponendid					
				MF-17		amm.kloriid												
		1m ² -le	Toot.	1m ² -le	Toot.	1m ² -le	Toot.											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
D1	Pindamine	1514	764	1,16	10	2	23	liimivaltsid	M-70	kg	0,2	4,63	0,2	4,63	0,002	0,05		

Ülesande lähteandmed ja seletus

Detail D1 on valmistatud puitlaastplaadist, mille mõlemad pinnad pinnatakse hõõvelspooniga kuumpressimise teel. Detaili mõõdud on 1514 X 764 mm ja tootes on detaile 10 tükki.

Pindamisel kasutatakse karbamiidliimi M-70 töösegu, mille komponentideks on liimivaik MF-17 ja kõvendiks ammooniumkloriid. Liimivaltsidega pealekandmisel, liimi töösegu ja liimivaigu kulunorm on 0.200 kg/m² ja ammooniumkloriidil 0.002 kg/m².

Detaili D1 pindamiseks, materjalide vajaduse arvutamin

Kanname ülesande lähteandmed tabelisse ja teostame vajalikud arvutused vastavalt tabel 2 arvutuste juhisele.

Lahter 5, arvutame detaili pindala

$$L_5 = L_3 * L_4 / 1000000 \text{ m}^2$$

$$L_5 = 1514 * 764 / 1000000 = 1,16 \text{ m}^2$$

Lahter 8, arvutame pindala, millele kantakse liim.

$$L_8 = L_5 * L_6 * L_7 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$L_8 = 1,16 * 10 * 2 = 23,1 \text{ m}^2$$

Lahter 13, arvutame liimi töösegu M-70, vajaduse tootele

$$L_{13} = L_8 * L_{12} \text{ (kg)}$$

$$L_{13} = 23 * 0,200 = 4,63 \text{ kg}$$

Lahter 15, arvutame liimi komponendi MF-17 vajaduse tootele

$$L_{15} = L_8 * L_{14} \text{ (kg)}$$

$$L_{15} = 23 * 0,200 = 4,63 \text{ kg}$$

Lahter 17, arvutame liimi komponendi ammooniumkloriidi vajaduse tootele

$$L_{17} = L_8 * L_{16} \text{ (kg)}$$

$$L_{17} = 23 * 0,002 = 0,05 \text{ kg}$$

Saadud tulemused kanname liimi kuluarvutuste tabelisse. Kuluarvutus tehakse eraldi reana kõikidele toote valmistamiseks kasutatavatele liimidele ja nende komponentidele.

Tehti täiendav ettepanek: „*Lisaksin tehnoloogilise protsessi kirjelduse juurde ka tehnoloogilise kaardi näidise, kus on lihtsalt ka protsessikäik ja materjali, tooriku ja detailimõõdud koos ning mille abil tuleb ka väljatulekuprotsent*” (Õ2). Ettepanekuga arvestati ja tekstile lisati interneti aadress, kus asub Tartu KHK poolt kinnitatud tehnoloogiakaart ja selle kasutamise juhised (Lisa 2, lk. 9). Ekspert Õ1 ei olnud rahul termini "kulunorm" tõlgendamisega.

„Terminoloogias on jooksvalt läbiv viga „kulunorm”, mis on tegelikult materjalide arvutuslik kogus, mille leidmine ongi antud tööülesanne. Kulunorm on määratud katsete alusel tunnustatud laboratooriumites ning neid muuta ei või. Need on omakorda aluseks materjalide kulu arvutamisel.” (Õ1)

Nimetatud termini kasutamises jäi autor eksperdiga eriarvamusele. Eksperdi väitel on kulunorm teaduslikult välja töötatud suurus. Eesti keele seletavas sõnaraamatus on antud alljärgnev selgitus, et „Kulunorm MAJ (materjali) kulu ettenähtud määr mingi ühiku kohta. Tooraine, kütus, energia, tööjõu kulunormid“ ("Eesti keele seletav sõnaraamat", 2009). Tuginedes sõnaraamatus antud tõlgendusele, pidas autor termini „kulunorm“ kasutamist õigustatuks. Autori poolt koostatud õppematerjal on kulunormi väljatöötamise meetodika, mis on aluseks tootmises materjalide kulunormi kehtestamisel.

Juurdelõikuskaardil puuduvad selgitused tähistele, mis järjekorras teostatakse plaadi lahtilõikus. Õppematerjalis lisati täiendusena lõikuse suunda tähistavad nooled (Lisa 2, joonis 1, lk. 8).

Ekspert Õ1 arvates võiks peatükke vähendada ja selle arvelt teha alapeatükid. Autor vähendas peatükke ja peatükk 6 jagunes viieks alapeatükiks. Arusaamatuste vältimiseks soovitas Õ1 töö pealkirjaks, "Puitdetailide valmistamiseks vajaliku materjali koguse arvutamine". Autor jäi eksperdiga eriarvamusele, sest õppematerjal ei kajasta ainult puitdetailide vajaduse arvutamist vaid erinevaid materjale. Eraldi kommentaarid oleks vaja lisada mõõtühikute teisendamise kohta. Sissejuhatavas osas oleks vaja selgitada põhjalikumalt sihtrühma, kellele õppematerjal oli mõeldud ja millised on sellest arusaamiseks vajalikud eelteadmised. Ettepanekud leidsid käsitlemist õppematerjali täiendamisel Õ2 arvates oli hea algatus komplekse õppematerjali koostamiseks. Õ3 peab õppematerjali koostamist tänuväärseks tegevuseks. E5 täiendavaid kommentaare ei lisanud.

Õppematerjali lõpus esitas autor tervikliku näidisarvutuse (Lisa 2, lk. 35-43). Arvutuse aluseks on kasutatud nõuetekohast tehnilist dokumentatsiooni ja protsessi kirjeldust (joonised, ülesanne, lähteandmed jne). Ülesande koostamise eesmärgiks oli õppematerjali teoreetiliste teadmiste kinnistamine läbi näidisülesande analüüsi.

Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli viia läbi uurimus õppematerjali koostamise teoreetiliste aluste kohta, õppematerjali koostamine ja eksperthinnangute kogumine. Püüti leida vastus küsimusele, milline on hetkel tislari eriala toetavate õppematerjalide olukord. Uurimusest saab järeldada, et hetkel on õppimist toetavaid õppematerjale vähe ning need on vananenud või ei vasta uutele õppekavadele. Püstitatud eesmärk sai täidetud. Kõik eksperdid, kellel paluti õppematerjali hinnata ja kommenteerida, seda ka tegid ja andsid tagasisidet. Tagasiside põhjal täiustas autor õppematerjali. Tagasisidest saadud tulemuste põhjal on koostatud materjal arusaadav ja kasutatav. Ühtlaselt tõid ekspert-õpetajad välja selle, et kompaktselt on koos ühte konkreetset teemat kajastav materjal. Koostamisel on peetud silmas, et õppematerjali saavad kasutada erinevad õppevaldkonnad, milleks on statsionaarne õpe, täiendkoolitused ja ettevõtted. Kasutajal on võimalus vastavalt muutustele töömaailmas, täiendada ja arendada õppematerjali endale sobivas suunas. Käesoleva töö autori poolt koostatud õppematerjali juures on võimalus laialdaselt kasutada erinevaid IKT vahendeid, eelkõige tabelarvutuse programme. Õppematerjali paremaks mõistmiseks, arusaamiseks ja analüüsiks peab kasutajal olema antud valdkonna kohta eelnev teoreetiliste teadmiste pagas või praktilise töö kogemus. Õppematerjal vastab tislari kutsestandardi, Eesti kvalifikatsiooniraamistiku (EKR) tase 5 (vt Eesti kvalifikatsiooniraamistik).

Uuringu piiranguks on ebapiisav statistiline analüüs. Üheks põhjuseks on uuringus mõõtevahendina kasutatud ankeedis kvantitatiivsete küsimuste väike arv. Teiseks põhjuseks on see, et tegevusuuringu valim on tavaliselt väike. Õppevara täiustamise eesmärgiks oli see, et õppematerjalis esitatud faktid oleksid tõesed. Sellest tingituna, autor ei pidanud õigeks antud uuringu käigus õppematerjali testimist õppeprotsessis. Edasiseks uurimiseks soovib autor õppematerjali katsetada õppeprotsessis ja täiendõppe kursustel.

Resümees

Õppematerjali koostamine teemal

“Puittoodete materjali kulu arvutamine”

Puittoodete materjalide kulu arvutamine on kutsehariduses keeruline teema, mille õppimiseks puudus tänapäeval kompaktnes õppematerjal. Seetõttu seati käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks koostada vastav õppematerjal, koguda selle kohta eksperthinnanguid ja täiustada õppematerjali. Töö käigus koostati õppematerjal puittoodete materjalide kulu arvutamise kohta, mis on mõeldud kasutamiseks puidutöötlemise eriala tasemeõppes ja täiendkoolitusel. Tööd hindasid erinevate kutsehariduskeskuste kutseõpetajad ja ettevõtte tehnoloog. Tulemustest selgus, et koostatud õppematerjal on sobiv iseseisvaks kasutamiseks õppetöös, see võtab komplekselt kokku ühe kindla teema ja aitab kuluarvutuse vajalikkusest aru saada. Ekspertide soovitude kohaselt täiustati õppematerjali.

Järgmises etapis on autoril plaanis õppematerjali kasutada õppetöös ja kursustel, et saada õpilaste käest tagasisidet. Eesmärgiks on saada teada, mida õpilaste hinnangule tuginedes on vaja õppematerjalis täiendada ja parandada.

Võtmesõnad: tasemeõpe, puidutöötlemise eriala, materjalide kulu

Developing study material on the topic

“Estimating the material consumption of wood products”

Summary

The estimation of material consumption for wood products is a complicated subject for vocational education, due to the lack of compact study material nowadays. Thus the goal for this bachelor thesis was to compile such material, gather some expert feedback and improve the study materials. During the research study material for calculating the consumption of materials for wood products was compiled which was meant for usage in formal studies and refresher training of woodworking courses in vocational study centres. The study was evaluated by different vocational teachers and a corporate engineer. The evaluation revealed

that the compiled study material was sufficient for independent usage during studies, it summarises a certain topic and helps to see the need for cost calculation. The study material was improved upon expert suggestions.

During the next phase the author plans to use the study material during courses and studies, to get feedback from students. The goal is to find out, what needs to be improved, based on student comments and evaluation.

Keywords: formal study, wood processing study, consumption of materials

Tänuõnad

Täna kõiki eksperte, kes olid nõus minu tööd hindama ja jagasid lahkesti tagasisidet koostatud õppematerjali kohta. Samuti soovin tänada kõiki oma kolleege Tartu Kutsehariduskeskusest, kelle soovitusi arvestasin õppematerjali koostamisel. Eriliselt soovin tänada oma abikaasat, kes oli suureks abiks lõputöö koostamisel.

Autorsuse kinnitus

Kinnitan, et olen koostanud ise käesoleva lõputöö ning toonud korrektselt välja teiste autorite ja toetajate panuse. Töö on koostatud lähtudes Tartu Ülikooli haridusteaduste instituudi lõputöö nõuetest ning on kooskõlas heade akadeemiliste tavadega.

Allkiri

Kuupäev

Kasutatud kirjandus

Auvinen, S. (2007) jt. *Tisleritoodete tööstuslik tootmine*. Tallinn: Ehitame 2007

Brydon-Miller, M., Greenwood, D., Maguire, P. (2003). *Why action research*. London, Thousand Oaks CA, New Delhi. SAGE Publications.

Charles, M., Reigeluth Alison, A. & Carr-Chellman (2009). *Instructional-Design Theories and Models Volume III. Building a Common Knowledge Base*. New York and London: Taylor and Francis, Publishers.

Eesti autoriõiguse seadus. (1992). Külastatud aadressil

<https://www.riigiteataja.ee/akt/106012011034>

Eesti keele seletav sõnaraamat.(2009). Külastatud aadressil www.eki.ee/dict/ekss

Eesti elukestva õppe strateegia 2020 (Tallinn, 2014). Külastatud aadressil

www.hm.ee/sites/default/files/strateegia2020.pdf

Eesti kvalifikatsiooniraamistik (EKR). Külastatud aadressil www.kutsekoda.ee

Haridus- ja teadusministri 4. aprilli 2007. a määruses nr 31 „*Õpikute ja muu õppematerjali kutse- või eriala riiklikule õppekavale vastavuse kinnitamise tingimused ja kord ning nõuded õpikule ja muule õppematerjalile*“ Külastatud aadressil

(<http://riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12816742>)

Innove. *Õppematerjalide kaardistamine 2009/2010*. Külastatud aadressil

<http://www.innove.ee/et/oppe>

Jackson, A., Day, D. (2006). *Puutöömeistri käsiraamat*. Tallinn: Tea Kirjastus.

Kember, D. (2000). *Action learning and action research*. London: Kogan Page

Kirmjõe, K. (2012). *Rahvajuttudel põhinev õppematerjal inglise keelt kõnelevate riikide kultuurielementide õpetamiseks II kooliastme inglise keele tunnis*. Publitseerimata magistritöö. Tartu Ülikool.

Krull, E. (2000). *Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat*. Tartu Ülikooli Kirjastus

Kutseharidusstandard. (2006). Riigiteataja. Külastatud aadressil www.riigiteataja.ee

Kutseharidusstandard.(2013). Riigi Teataja. Külastatud aadressil <https://www.riigiteataja.ee/akt/128082013013>

Kutseseadus. (2008).Riigi Teataja. Külastatud aadressil <https://www.riigiteataja.ee/akt/12974050?leiaKehtiv>

Kutseõppeasutuseseadus.(2013). Riigi Teataja. Külastatud aadressil <https://www.riigiteataja.ee/akt/114032014063>

Kütt, T. (2004). *Kutseõppe spetsiifikat arvestav ja empiiriliselt põhjendatud õppematerjal õppevahendite õpetamiseks kutseõpetajate koolitamisel*. Magistritöö. Tallinn, TPÜ

Laherand, M-L. (2008). *Kvalitatiivne uurimisviis*. OÜ Infotrükk

Löfström, E. (2011). *Tegevusuuringu käsiraamat*. Eduko.

Marandi, T. (2007). *Õppematerjalide koostamine* . Külastatud aadressil

Mikk, J. (2012). *Õppekirjanduse koostamine*. Kättesaadav https://www.is.ut.ee/pls/ois_sso/tere.tulemast

Mikk, J. (1995). Mida hinnata õppekirjanduses. *Haridus*, 2, 27-33

Mikk, J. (2000). *Textbook: Research and Writing*. Frankfurt am Main; Berlin; Bruxelles; New York; Oxford; Wien; Lang, (Baltische Studien zur Erziehung und Sozialwissenschaft;Bd.3)

Mikk, J. *Lihtsa keele reeglid*. Külastatud aadressil <http://raud.ut.ee/~jaanm/keelereeglid.htm>

Molenda, M., Reigeluth, C., & Nelson, L. M. (2003). Instructional Design. In L. Nadel (Ed.), *Encyclopedia of Cognitive Science* (Vol. 2, pp. 574-578). London: Nature Publishing Group.

Murov, A. (2010). *Terviseergonoomika õpiku koostamine Tartu Trevishoiu Kõrgkooli üliõpilastele*. Publitseerimata magistritöö. Tartu Ülikool.

O'Brien, Rory. (1998). *An Overview of the Methodological Approach of Action Research*. University of Toronto.

Pilli, E., Kuusk, T. (2007). *Riiklike õppekavade uuendamine 2010-2013 Erialade- ja üldaharidusõpingute lõimimine kutseõppes*. SA INNOVE. Külastatud aadressil www.ekk.edu.ee

Puidutehnoloogia erialade riiklik õppekava. Külastatud aadressil www.riigiteataja.ee

Salumaa, T. & Talvik, M. (2003). *Ajakohastatud õppemeetodid*. Tallinn: Merlecons ja Ko OÜ

Reva, Karm, Lepp, ja Remmik (2014). Praktikute-õppejõudude õpetamisarusaad rakenduskõrgkoolis. *Eesti Haridusteaduste Ajakiri*, nr 2(2), 2014, 116-147. Külastatud aadressil www.etis.ee

Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus. Külastatud aadressil www.ekk.edu.ee

Ryhammar, L. (1989). Pedagogiskt utvecklingsarbete och professionell lärarkompetens (Educational development research and professional teacher competence), 13-22

Skjelbered, D. (2001). The teacher's guide, genre and use. *Sixt IARTEM International Conference on Learning and Education Media*. Abstracts, 56

Tammiste, L. (2013). *Autentsetel lauludel põhinev töölehtede komplekt grammatika õpetamiseks õpikule "I Love English 4"*. Publitseerimata bakalaureuse töö. Tartu Ülikool.

Tartu Kutsehariduskeskuse õppekava. Külastatud aadressil <https://siseveeb.ee/tkhk/veebivormid/oppekava>

Terling, T. (2002) *Puittoodete tehnoloogia*. Väimela: Võrumaa Kutsehariduskeskus 2002

Villems, A., Kusmin, M., Peets, M-L., Plank, T., Puusaar, M., Pilt, L., Varendi, M., Sutt, E., Kusnets, K., Kampus, E., Marandi, T., Rogalevits, V. (2012). *Juhend kvaliteetse õpiobjekti loomiseks*. Eesti Infotehnoloogia Sihtasutus.

Õpiobjektid. *Tartu Kutsehariduskeskus*. Külastatud aadressil www.khk.ee/oppimine/e-ope/opiobjektid

Lisa 1

Tagasiside ankeet

Lugupeetud vastaja!

Olen Tartu Ülikooli sotsiaal- ja haridusteaduskonna bakalaureuseõppe kutseõpetaja eriala tudeng Sulev Kiivit. Töötan Tartu Kutsehariduskeskuses kutseõpetajana. Bakalaureusetöö teemaks on õppematerjali koostamine. Oma töös käsitlen puitmaterjalide arvutuse meetodikat. Õppematerjal on koostatud kasutamiseks täiskasvanute koolitusel, tisleriala õppes ja abimaterjalina puidutöötlemisega tegelevates väikeetevõtetes. Pöördun Teie poole palvega, tutvuda koostatud õppematerjaliga ja tagasiside saamiseks, palun Teil vastata ankeedis toodud küsimustele. Teie poolt antud tagasiside ning ettepanekute põhjal teen vajalikud muudatused õppematerjalis.

Lisa info saamiseks on alljärgnevad kontaktid:

Telefon: 55617158

E-mail: sulev.kiivit@khk.ee

Ette tänades

Sulev Kiivit

Tootmiskulusid mõjutavad tegurid

Siin palun anda hinnang õppematerjali teemadele mis kajastavad tehnoloogilist protsessi ja materjalide kulu mõjutavaid tegureid.

Palun teha rist, iga küsimuse sobivaima vastuse lahtrisse.

Jrk.	Väited	Kindlasti ja	Pigem ja	Ei oska öelda	Pigem ei	Kindlasti ei
1	Kas kasutatav tekst on arusaadav					
2	Kas terminid on arusaadavad					
3	Kas tootmiskulusid mõjutavad arvulised tegurid on arusaadavad					
4	Kas arvulised tegurid on tekstist kiiresti leitavad					

Kui vastasite "ei" või "pigem ei" siis palun lisada, et mida saaks muuta antud teemades?

Millised tootmiskulusid mõjutavad tegurid peaks Teie arvates kajastama põhjalikumalt?

Milliseid tehnoloogilise protsessi ja materjalide kulu mõjutavaid teemasid oleks vaja täiendada või muuta ning mida on vaja lisada?

Milliseid materjali kulu mõjutavaid tegureid peaks veel lisama?

Materjalide kulunormide arvutamine.

Puit- ja pealustusmaterjalide kulunormide arvutamine.

Palun teha rist, iga küsimuse sobivaima vastuse lahtrisse.

Jrk.	Küsimustik	Kindlasti ja	Pigem ja	Ei oska öelda	Pigem ei	Kindlasti ei
	Kas tabeli ülesehitus on arusaadav					
	Kas tabeli lahtrite arvutuskäik on arusaadav					

Kui vastasite "ei" või "pigem ei" siis palun lisada, et mida peaks muutma?

Mida peaks arvutustabeli ülesehituses muutma, et oleks parem?

Liimide kulunormide arvutamine.

Palun teha rist, iga küsimuse sobivaima vastuse lahtrisse.

Jrk.	Küsimustik	Kindlasti ja	Pigem ja	Ei oska öelda	Pigem ei	Kindlasti ei
	Kas tabeli ülesehitus on arusaadav					
	Kas tabeli lahtrite arvutuskäik on arusaadav					

Kui vastasite "ei" või "pigem ei" siis palun lisada, et mida peaks muutma?

Mida peaks arvutustabeli ülesehituses muutma, et oleks parem?

Lihvmaterjalide kulunormide arvutamine.

Palun teha rist, iga küsimuse sobivaima vastuse lahtrisse.

Jrk.	Küsimustik	Kindlasti ja	Pigem ja	Ei oska öelda	Pigem ei	Kindlasti ei
	Kas tabeli ülesehitus on arusaadav					
	Kas tabeli lahtrite arvutuskäik on arusaadav					

Kui vastasite "ei" või "pigem ei" siis palun lisada, et mida peaks muutma?

Mida peaks arvutustabeli ülesehituses muutma, et oleks parem?

Viimistlusmaterjalide kulunormide arvutamine.

Palun teha rist, iga küsimuse sobivaima vastuse lahtrisse.

Jrk.	Küsimustik	Kindlasti ja	Pigem ja	Ei oska öelda	Pigem ei	Kindlasti ei
	Kas tabeli ülesehitus on arusaadav					
	Kas tabeli lahtrite arvutuskäik on arusaadav					

Kui vastasite "ei" või "pigem ei" siis palun lisada, et mida peaks muutma?

Mida peaks arvutustabeli ülesehituses muutma, et oleks parem?

Mis Teile õppematerjali puhul meeldis?

Mis Teile õppematerjali puhul ei meeldinud?

Kui Teil on õppematerjali kohta veel kommentaare, siis lisage need siia:

Täna Teid vastamast!

Sulev Kiivit

Lisa 2

PUITTOODETE MATERJALI KULU ARVUTAMINE

Õppematerjal

Koostas: Sulev Kiivit

Tartu 2015

Sisukord

SISSEJUHATUS	3
1. TOOTMISKULUSID MÕJUTAVAD TEGURID	4
2. TEHNOLOOGILINE PROTSESS.....	5
3. TÖÖTLUSVARUD	11
4 MATERJLIDE VÄLJATULEKU PROTSENT	12
5. TEHNOLOOGILINE KADU PUIT- JA PEALISTUSMATERJALIDE TÖÖTLEMISEL	13
6. MATERJALIDE KULUNORM.....	14
6.1. Tooriku mõõtude määramine millest valmistatakse detail	15
6.2. Puit- ja pealistusmaterjalide kulu arvutamine.	16
6.3. Liimide ja nende komponentide kulu arvutamine.....	24
6.4. Lihvmaterjalide kulu arvutamine	27
6. 5. Viimistlusmaterjalide kulu arvutamine	30
7. MÕÕTÜHIKUD JA ARVUTUSTÄPSUS	35
8.RAAMUKSE MATERJALIDE VAJADUSE NÄIDISARVUTUS	35
9.TABELARVUTUSE PROGRAMMIDE VÕIMALUSED	43

SISSEJUHATUS

Paljud väikesed käsitööstusettevõtted on alguse saanud tänu harrastusele. Siiski on ametialane koolitus see, mis annab head eeldused väikeettevõtlusega tegelemiseks. Käsitööd oskav inimene on tahtnud proovida omavalmistatud esemeid müüa ja ettevõtlusega tegeldes edu saavutada. Ettevõtja peab oma tegevusest saama tulu, mis katab lisaks isiklikele vajadustele ka ettevõtluse- ja arenduskulud. Kõik ettevõtted, sõltumata suurusest peavad olema konkurentsivõimelised.

Konkurentsivõime komponentideks on toote kvaliteet, kogused, tootedisain, töötajate oskused, rahastamine jne. Üheks oluliseks komponendiks on tootmiskulud, sealhulgas materjalide kulu toote valmistamisel ja sellest tulenev hinnakujundus. Õige hinnakujundus on tihti ettevõtete probleemiks, toote hind võib olla madal või liiga kõrge. Ettevõtja peab arvestusi tehes võimalikult objektiivselt oma kulusid hindama, sealhulgas materjalikuluseid. Materjali kulu arvutamisel on vaja teada kulu mõjutavaid tegureid.

Antud õppematerjali eesmärgiks on selgitada materjali kulu arvutamise meetodikat, puittoodete valmistamisel.

1. TOOTMISKULUSID MÕJUTAVAD TEGURID

Ettevõtete konkurentsivõime sõltub tootmiskuludest. Konkurentsivõime tegurid võivad olla erinevad. Suured ja keskmised ettevõtted valmistavad masstoodangut laiale turule, mis võimaldab efektiivselt korraldada tootmist ning seeläbi vähendada toote hinda. Väikesed ettevõtted seda teha ei suuda. Inimeste vajadused ja ostuhuvi näitab, et turul on ruumi nii suurtel, kui ka väikestel tootjatel. Tootmise aluseks on tooted, mille vastu ostjad tunnevad huvi. Pakkuda tuleb selliseid esemeid, mida veel ei ole tehtud. Selliste toodete valmistamise eelis on väikestel ettevõtetel, nemad saavad teha tooteid, mida tavaliselt poest saada ei ole. Sõltumata ettevõtte suuruselt on toote oluliseks kriteeriumiks kvaliteet. Kvaliteedi kriteeriumid võivad olla;

- funktsionaalsus,
- vastupidavus,
- kasutatavuse lihtsus,
- keskkonnasäästlikkus,
- ilus väljanägemine,
- turvaline kasutada.

Hea toote saamisel on oluline disain, konstruktsioon, materjalid, valmistamisprotsess, turustamine, taaskasutamine ja utiliseerimine. Disainer ja projekteerija otsustavad, milline on toote valmistamise protsess, kas toode tuleb valmistada masinaga või käsitsi? Masinaga on kaasajal võimalik valmistada keerukaid tooteid. Keerukad masinad vajavad eri väljaõppega töölisi ja masinate kasutamise protsent peab tasuvuse seisukohast olema suur. Praktikas disainilahenduste elluviimisel peab otsustama, mida teha masinatega ja mida on otstarbekas teha käsitööna. Erinevate tootmisvõimaluste hulgast tuleb valida kõige tasuvam.

Kokkuvõtteks võib öelda, et tootmiskulusid ja s.h. materjalikulu mõjutavad alljärgnevad tegurid;

- tehnoloogiline protsess,
- toote disain ja konstruktsioon,
- kasutatavad materjalid,
- seadmed ja lõikeinstrumendid,
- töötajate kvalifikatsioon,
- ettevõtte üldine tootmiskultuur ja eesmärgid.

Käesoleva õppematerjali järgnevates osades käsitleme loetletud teguritest

põhjalikumalt tehnoloogilise protsessi mõju materjalide kasutamisele, läbi materjalide kulu arvutamise.

2. TEHNOLOOGILINE PROTSESS

Tehnoloogiline protsess on tootmisprotsessi osa kus muudetakse töödeldavate materjalide kuju, mõõte ja kvaliteeti. Esimeste tehnoloogiliste operatsioonide planeerimisega pannakse alus materjalide kulule. Lisaks tehnoloogilise protsessi planeerimisele, peab toimuma kontroll kehtestatud nõuete täitmise üle. Tehnoloogiline protsess hõlmab põhilisi tiseritöö operatsioone ja nende tegemiseks vajaminevaid seadmeid.

Materjalide kulu arvutamisel on vaja teada kasutatavate seadmete üldiseid tööpõhimõtteid ja tegureid mis mõjutavad materjalide kulu konkreetset operatsioonil. Töötappe tuleb käsitleda eraldi, et tekiks ettekujutus sellest, kuidas toode (detail) valmib ja mõista selle tähendust kvaliteedi ning ökonoomsuse seisukohalt. Kulu suuruseks on materjalide arvutuslik kulu tootele, mis kajastub läbi materjalide hinna toote lõpphinnas. Materjalide kulu analüüsil võrreldakse arvutuslikku ja tegelikku kulu. Tegelik keskmine kulu saadakse teada proovipartii tootmisega.

Analüüsi eesmärgiks on leida tehnoloogilises protsessis materjalide kulu vähendamise kohti. Puitdetailide valmistamise üldine mehhaanilise töötlemise tehnoloogiline protsess koosneb alljärgnevatest operatsioonidest:

- saematerjali järkamine,
- saematerjali servamine ja pikisaagimine,
- hõöveldamine,
- freesimine,
- formaatsaagimine,
- puurimine,
- tappide lõikamine,
- liimimine,
- lihvimine,
- viimistlus.

Materjali paremaks ärakasutamiseks võib kasutada alljärgnevat abinõusid:

1. Saematerjalist toorikute juurdelõikamisel tuleb kasutada efektiivset töötlemisvarude

süsteemi.

2. Plaatmaterjalide juurdelõikamiseks tuleb koostada juurdelõikuskaart mis tagab suurima toorikute väljatuleku.

3. Kasutada tootmises sobivas mõõdus saematerjale.

4. Tehnoloogilise distsipliini täitmine. ***Tehnoloogilise dokumentatsiooni nõuded on täitmiseks kõigile ettevõtte töötajatele!***

Materjali paremaks kasutamiseks on saematerjalide järkamiseks ja pikisaagimiseks soovitatav koostada järkamiskaart. Saematerjali järkamiskaardile kantakse alljärgnevad andmed:

- kasutatava saematerjali liik ja kvaliteet,
- paksus,
- järgatavate toorikute mõõtmed, kogus ja kvaliteet,
- toorikute kordsus samas toorikus,
- detailide kuju (kõverjoonelised detailid või toorikud),
- töötlusvaru,
- erimärkmed edasiseks töötuseks (näiteks liimpuittooted, detailide asukoht tootes, detailide pealistamine spooniga jne).

Leht- ja plaatmaterjalide juurdelõikamiseks koostatakse juurdelõikuskaart (joonis 1).

Kaart koostatakse mõõtkavas 1:10 või 1:20 ja sellel on näidatud alljärgnevad andmed:

- kasutatava materjali liik ja kvaliteet,
- juurdelõigatavate toorikute (detailide) mõõtmed,
- toorikute (detailide) kordsus samas toorikus,
- toorikute (detailide) kuju,
- pealistatud plaatide puhul toorikul mustrit või joonise suund,
-
- lõigete suund ja järjekord, töötlusvaru,
- väljatuleku protsent.

Plaatmaterjalid saetakse nõutud mõõtudega toorikuteks või detailideks. Sõltuvalt seadmetest ja juurdelõikamise iseloomust koostatakse sega- või individuaalkaart.

Segakaardi alusel lõigatakse juurde erineva mõõduga toorikuid või detaile.

Individaalkaardi alusel lõigatakse juurde ühesuguse mõõduga toorikuid või detaile.

Viimast võimalust kasutatakse harvem sest väljatuleku protsent võib jääda väikeseks.

Kaardi koostamisel peab arvestama detailide kompleksust, et vältida mõne detaili

ületootmist. Koostatud kaardi põhjal arvutatakse kasulik või puhas väljatuleku protsent.

Kasulik väljatuleku protsent (juurde lõigatakse toorikuid) leitakse alljärgneva seosega:

$$K \% = (S_i / S_p) * 100, \text{ kus}$$

S_i - juurdelõigatavate toorikute pindala või maht, m²/m³

S_p - juurdelõigatava plaadi pindala või maht, m²/m³

Puhas väljatuleku protsent (juurde lõigatakse detaile) leitakse alljärgneva seosega:

$$P \% = (D / S_p) * 100, \text{ kus}$$

D - juurdelõigatavate detailide pindala või maht, m²/m³

NB! Arvutatud väljatuleku protsendid on aluseks materjalide kulu arvutamisel.

ÜLESANNE

Järgnevalt koostame juurdelõikuskaardi PLP (puitlaastplaat) toorikutele (tabel 1).
PLP mõõt on 2650 X 2070 mm. Juurdelõikamiseks kasutatakse ühekettalist saagpinkki.



Ketassaag GRIGGIO SC-1400. Pilt

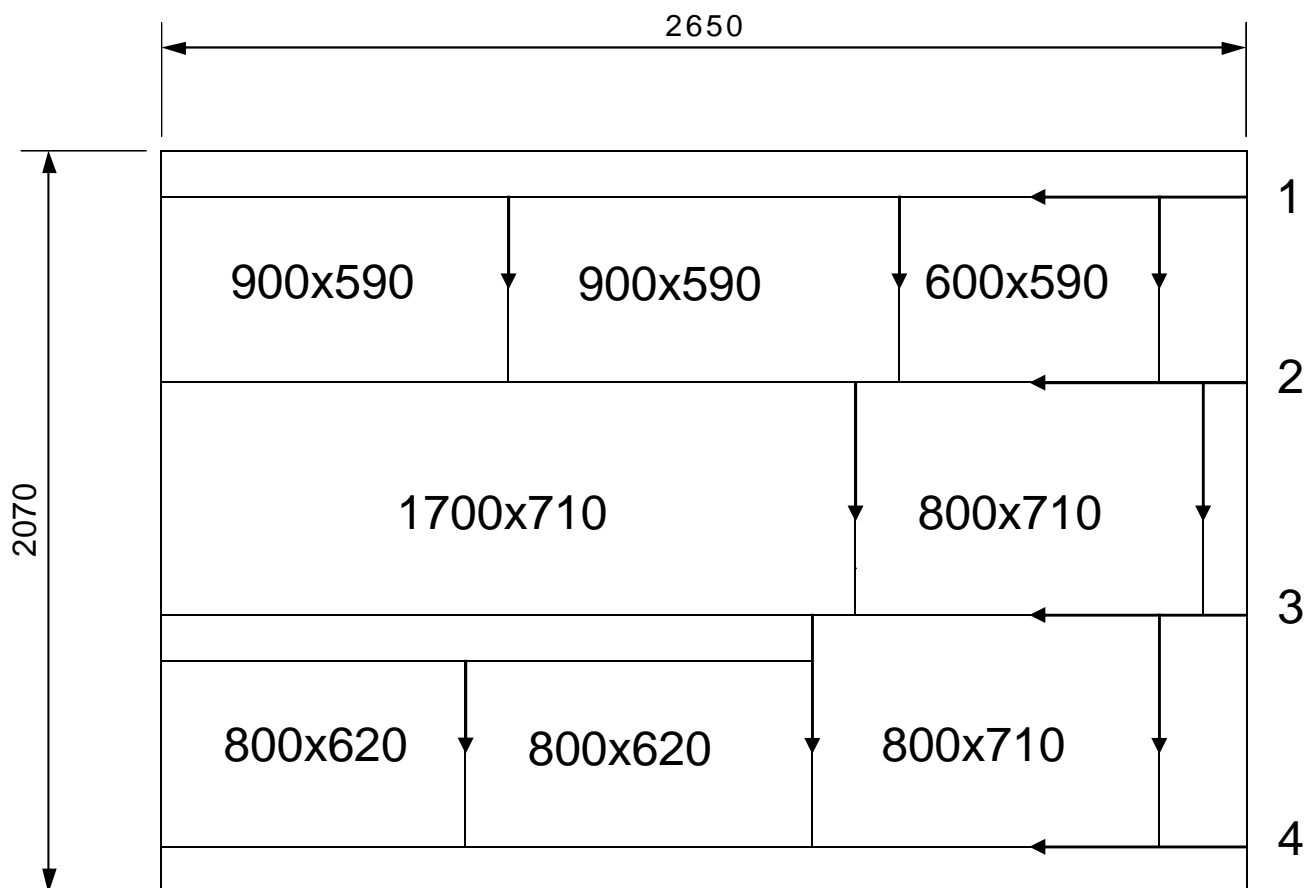
aadressilt :http://images02.olx.ru/ui/4/71/84/68356784_1—SC-1400-GRIGGIO.jpg

Tabel 1. PLP ja toorikute mõõdud

Toorik, nr.	Pikkus, mm	Laius, mm	Vajadus, tk.	Pindala, m ²
1	1700	710	1	1,21
2	900	590	2	1,06
3	800	710	2	1,14
4	800	620	2	0,99
5	600	590	1	0,35
			Kokku	4,75
PLP	2650	2070	1	5,49

Kaardi (joonis 1) koostamise käigus leitakse kõige optimaalsem toorikute paigutus juurdelõikamiseks. Koostamisel peab kindlasti arvestama kasutatava saagpingi tüübiga.

Joonis 1. Juurdelõikuskaart



Kõigepealt toimub plaadi ribadeks saagimine mööda lõikejooni 1, 2, 3 ja 4. Saadud ribad lõigatakse ettenähtud pikkusega toorikuteks.

Koostatud kaardi alusel arvutame kasuliku väljatuleku protsenti.

$$K \% = (S_t / S_p) \times 100, \text{ kus}$$

S_t - juurdelõigatavate toorikute pindala (tabel 1) on 4,75 m²

S_p - juurdelõigatava plaadi pindala (tabel 1) on 5,49 m²

$$K = (4,75 / 5,49) \times 100 = 86,5 \%$$

Arvutatud väljatuleku protsent on aluseks materjalide kulu arvutamisel, mis kantakse puit- ja plaatmaterjalide kuluarvutuse tabelisse.

Tehnoloogilise protsessi üheks oluliseks dokumendiks on tehnoloogiakaart.

Tehnoloogiakaart on tehniline dokument, mis annab kokkuvõtliku ja üksikasjaliku ülevaate detaili valmistamise protsessist. Kutseõppeasutustes on kasutusel uus tehnoloogiakaarti vorm. on kinnitatud Eesti Mööblitootjate Liidu puidueriala kutsekomisjoni poolt 8. novembril 2011. Uut vormi kasutatakse alates sellest proovitööde seletuskirjades ja edaspidi ka kutseksamistel. Tehnoloogiakaarti vorm ja vormistamise juhised on toodud Ants Valter õpiobjektis, aadressil; <https://www.e-ope.khk.ee/oo/>

Ettevõtted võivad koostada ja kasutada tehnoloogilise protsessi juhtimiseks dokumente, mis arvestavad toote iseärasusi. Tehnoloogiakaart või analoogne dokument peab olema koostatud kompaktsena ning sisaldama detaili valmistamiseks minimaalset infot. Kvaliteetse toote valmistamiseks peab tehnilises dokumendis kajastatav info olema arusaadav, piisav ja kasutajat abistav. Näidisenä on esitatud üks tehnilise dokumendi (joonis. 2) variantidest, mida võib tootmises kasutada detaili valmistamisel.

Joonis 2. Marsruutleht

MARSRUUTLEHT NR.....

Kuupäev.....

Toode: **KAISA / kood K25/J/O/C1**Mudel: **K25**Detail: **Jalg-käetugi, joonis nr. 65195**

Tehnoloogilised operatsioonid					Toorikud/detailid, tk.			Märkused
Op. jrk.	Nimetus	Seade	Op. nr.	Teostaja	Kokku	Parem	Vasak	
1	Pressimne					X	X	
2	Otsalõikus I	Kilde				X	X	
3	Otsalõikus II	Kilde				X	X	
4	Lahtilõikus ja sorteerimine	Kilde				X	X	Kvaliteetne detail suunatakse edasi
5	Käetoe avade puurimine	Vitap						Määrata käsi, parem/vasak
6	Sarja avade puurimine	Puur Nr. 1						NB! jälgida käelisust
7	Seljatoe avade puurimine	Puur Nr. 1						NB! jälgida käelisust
8	Faaside puurimine	ülafrees						NB! sujuv eene
9	Paksusele kalibreerimine	Lailint lihvp.						I ja II lint nr. 150, III lint nr. 240
10	Ratta tapikeele freesimine	freespink						NB! Jälgida tugiklotsi-killunemise oht
11	Servade pehmendamine	Kilde						NB! eendada ratta tapikeel ees
12	Lihvimine	töökoht						NB! Detailid puhastada tolmust ja koorem katta kilega.
13	Viimistlus	töökoht						

Tootmisjuht:

3. TÖÖTLUSVARUD

Sõltuvalt tooraine kvaliteedist ja kasutatavate seadmete tehnilistest näitajatest tuleb detaili valmistamiseks anda toorikutele töötlusvarud.

Töötlusvaru on tooriku ja detaili joonmõõtmete vahe. Saematerjalide järkamise- ja pikisaagimise ning plaatmaterjalide juurdelõikuse töötlusvaru peab katma kõik tooriku muutused, mis toimuvad tehnoloogiliste operatsioonide teostamisel. ***Õigete töötlusvarude määramine mõjutab otseselt materjali ökonoomset kasutamist ja toote lõpphinda.***

Töötlusvaru sõltub alljärgnevatest teguritest:

- puidu omadused,
- niiskus,
- tooriku või detaili mõõdud,
- töötlemistäpsus,
- töötlemiseks kasutatavad seadamed ja lõikeinstrumendid,
- töötlemistingimused.

Tehnoloogilise protsessi käigus eemaldatavat materjali kihti nimetatakse üldiseks ehk summaarseks töötlusvaruks. Kuna summaarne töötlusvaru arvestab kõikide tegurite koosmõju siis see on piisav keskmiste töötlusvarude kasutamiseks.

Põhilised töötlusvarud puidust detailide valmistamisel.

1. freesimine kahelt vastasküljelt eelneva rihtimiseta

1.1. Pikkuses ja laiuses 4-5 mm

2. freesimine kahelt vastasküljelt eelneva rihtimisega

2.1. pikkuses ja laiuses 5-6 mm

2.2. toorikutele pikkusega üle 2000 mm, töötlusvaru 7-9 mm

3. detailide liimimisel laiuses võib töötlusvaru paksuses suurendada 2 mm

4. detailide liimimisel paksuses võib töötlusvaru suurendada laiuses 2 mm

6. töötlusvaru toorikute järkamisel pikkuses 20-25 mm

7. treimisel töötlusvaru

7.1. pikkuses 40 mm

7.2. laiuses ja paksuses 5 mm

7.3. kui ühest toorikust saab mitu detaili siis töötlusvaru suurendada iga saetee kohta 4 mm.

Töötlusvarude määramisest on kirjutatud käesoleva õppematerjali peatükis 7.2.

- 8. töötlusvaru spoonist toorikutele

8.1.pikkuses 20 mm

8.2. laiuses 15 mm

8.3.hööveldatud spoonist toorikute mõõdud arvutatakse lähtuvalt pinnatavast toorikust

8.4. laiuses töötlusvaru lisamisel peab arvestama olemasolevaid seadmeid (saagpingid, giljotiinkäärid ja servahööveldusseadmed)

9. töötlusvaru plaatmaterjalist valmistatud toorikutele

9.1. pinnatavatele toorikutele 14 mm

9.2. toorikutele, mis ei kuulu pindamisele 4 mm

4 MATERJLIDE VÄLJATULEKU PROTSENT

Eelnevatest osadest järeldub aru, et tootmise üheks efektiivsuse teguriks on materjalide kasutamine. Materjalide kasutamise näitajaks on kasulik väljatuleku protsent.

Kasulik väljatuleku protsent on toorikute mahu või pindala ja nende valmistamiseks kasutatud materjali mahu või pindala suhe.

$$\text{Kasulik väljatuleku \%} = T / M * 100$$

T – toorikute maht või pindala

M – kasutatud materjali maht või pindala

Puit-ja pealustusmaterjalide väljatulek sõltub kasutatava puit-, plaat-ja pealustumaterjali sordist, puuliigist. Tehnoloogiliste arvutuste ja toote hinna kalkuleerimise juures võime kasutada arvestuslikku keskmist väljatuleku protsenti.

Arvestuslik keskmine väljatuleku protsent on materjali rühma erinevate materjali sortide, markide või gruppide vaheline protsentides ning kasuliku väljatuleku protsent sortide järgi näitaja. Keskmist väljatuleku protsenti kasutatakse uue toote planeerimise etapis, arvutuste tegemisel. Tegelik väljatulek saab selgeks pärast proovipartii valmistamist. Materjalide väljatulekut mõjutavad ettevõttes kasutatavad seadmed ja lõikeinstrumendid, tööliste kvalifikatsioon, juurdelõikamise viis, detaili kuju, tootele esitatud kvaliteedinõuded ja kontroll materjalide kasutamise üle.

Põhiliste puit-, plaat- ja pealustusmaterjalide arvestuslikud keskmised väljatuleku protsendid, kasutamiseks materjalide vajaduse arvutamisel;

- okaspuu saematerjal, servamata 62 %,
- lehtpuu saematerjal, servamata 49 %
- pöök ja kask 45 %,
- haab 34 %,
- lepp 41 %,
- servatud saematerjalide kasutamisel võib väljatulekut suurendada kuni 5 %,
- hõõveldatud spoon 65 %,
- kooritud spoon paksusega 1,4 mm 85 %,
- kooritud spoon paksusega 1,0 mm 60 %,
- plaatmaterjalidel juurdelõikus kaarti alusel, kuid mitte vähem kui 85-90 %,
- liimitud painutatud toorikutel 75 %.
-

5. TEHNOLOOGILINE KADU PUIT- JA PEALISTUSMATERJALIDE TÖÖTLEMISEL

Tootmises valmistatakse detailide partii teatud varuga. Töötlemisel võib osa detaile langeda praaki (varjatud defektid, kujumuutused), osa toorikutest kasutatakse seadmete häälestamiseks. Antud kadu nimetatakse *tehnoloogiliseks kaoks*.

Materjalide vajaduse arvutamisel võib kasutada alljärgnevat keskmisi tehnoloogilise kao protsente:

- okaspuidust toorikutel 5%,
- lehtpuidust toorikutel 7%,
- kooritud spoonil 3-5%,
- hõõveldatud spoonist toorikud 8%,
- lamineeritud puitlaastplaadist toorikud 1%,
- toorikud liimitud vineerist 2 %,
- toorikud puitlaastplaadist 2 %,
- detailid lamineeritud puitlaastplaadist 1 %

- puitkiudplaadist toorikud 2 %,
- treitud spoonist painutatud liimitud toorikud 3 %.

6. MATERJALIDE KULUNORM

Individuaalne materjalide kulu arvutatakse kõigi ettevõtte tootmisplaanis olevate mööbli- ja puittoodete kohta. Toote valmistamiseks arvutatud ja kinnitatud materjalide kulu nimetatakse materjalide kulunormiks, mis on toote hinna ja materjalide jooksva kulu arvestuse aluseks.

Materjalide kulunorm on minimaalne, kuid piisav materjalide vajadus nõuetele vastava toote valmistamiseks. Ettevõttes kehtestatud materjalide kulunorm on tootmise organiseerimise ja finantsanalüüsi üks oluline osa. Kui toimuvad muutused tehnoloogilises protsessis siis on vaja üle vaadata ka materjalide kulunormid. Kulunormid arvutatakse kõikidele toote valmistamisel kasutatavatele materjalidele. Arvutuste aluseks on joonised ja tehnoloogiliste seadmete tehnilised näitajad ning materjalide kulunormid, mis on tootjafirmade poolt väljatöötatud. Kulunormid arvutatakse alljärgnevatele materjalide gruppidele:

- puit,
- pealustusmaterjalid,
- liimid,
- lihvmaterjalid,
- viimistlusmaterjalid,
- abimaterjalid,
- pehmendusmaterjalid,
- ostukaubad (klaas, peeglid, metalltooted, kinnitusvahendid jne.).

Arvutuste tegemiseks võib kasutada kuluarvutuste tabeleid. Tabelid koostatakse igale tootele eraldi. Kuluarvutuse tabelites saab teha muudatusi pärast proovipartii valmistamist. Võrreldakse planeeritud kulusid proovipartii valmistamise kuludega. Analüüsi eesmärgiks on optimeerida kulusid, mille saavutamiseks on vajadusel vaja tootmises kasutatava materjali muutmist või mõne tehnoloogilise muudatuse sisseviimist. Muudatuste tegemine materjalide kuluarvutuse tabelis võimaldab kiiresti analüüsida mõju toote omahinnale. Materjalide kuluarvutuse tabelid ja arvutuse meetodikat vaatame järgnevates osades.

Liimide ja lakkide kulunormid sõltuvad kasutatavatest materjalidest, pealekandmise viisidest ning töövahenditest. Siin on täpseid arvulisi suuruseid raske anda. Soovitatav on jälgida liimi ja laki pakendil olevat infot või juhendada müügiesinduste spetsialistide nõuannetest. Samuti tuleb kinni pidada liimimis- ja viimistlusseadmete passides esitatud nõuetest ning spetsialistide juhistest.

6.1. Tooriku mõõtude määramine millest valmistatakse detail

Tooriku mõõdud, millest valmistatakse detail, määratakse alljärgnevalt:

$$L = (l * z_l) + l_1 + l_2 * (z_l - 1), \text{ mm}$$

$$B = [(b + b_1) * z_b + b_2 * (z_b - 1)] + b_3, \text{ mm}$$

$$H = [(h + h_1) * z_h + h_2 * (z_h - 1)] + h_3 \text{ mm}$$

L, B, H on vastavalt tooriku pikkus, laius ja paksus

l, b, h on vastavalt detaili pikkus, laius ja paksus

l₁, b₁, h₁ on vastavalt töötlemisvarud pikkuses, laiuses ja paksuses

l₂, b₂, h₂ on saetee laius kordse tooriku jagamisel

b₃, h₃ tooriku kuivamisvaru laiuses ja paksuses. Kasutatakse juhul, kui märg saematerjal lõigatakse toorikuteks enne kuivatamist. Pikkuses kuivatamise varu ei määrata kuna lühenemine on tühine.

z_l, z_b, z_h - tooriku kordsus pikkuses, laiuses ja paksuses

Tooriku arvestuslik paksus ja /või laius ümardatakse standardse saematerjali lähima paksuseni ja/või laiuseni. Standardsest toorikust detaili valmistamisel tooriku mõõdud peavad detaili mõõdust olema suuremad töötlusvaru võrra. Standardse toorikuga on tegemist siis, kui ettevõtte ostab saematerjali toorikutena, detailide valmistatakse.

Plaatmaterjalist toorikute mõõtude määramisel peab arvestama töötlusvarusid, saeteed ja toorikute kordsust. Töötlusvaru määramisel on vaja arvestada töötlemise protsessi ja kõiki tehnoloogilisi operatsioone.

Liimitud-painutatud toorikute valmistamisel spoonilehtede arvu määramisel kasutada alljärgnevat valemit:

$$t = H * K_y / h, \text{ kus}$$

t- spoonilehtede arv, tk

h- spoonilehe paksus, mm

H- liimitud painutatud tooriku paksus

K_y- koefitsent mis arvestab spooni kahanemist pressimisel. Tooriku paksus kahaneb survega 8%, siit **K_y = 1,08**. Arvutuslik spooni kihtide arv ümardatakse lähima täisarvuni. Liimitud-painutatud detailide valmistamisel peab arvestama mehaaniliseks töötlemiseks vajaminevaid töötlemisvarusid, detailide kordsust toorikus ja saetee laiust lahtilõikamisel.

$$L = l * z_l + l_1 + l_2 * (z_l - 1)$$

$$B = b * z_b + b_1 + b_2 * (z_b - 1)$$

kus **L, B**- kordse tooriku pikkus ja laius

l, b- detaili pikkus ja laius (mm)

l₁, b₁- töötlusvarud (mm)

z_l, z_b- detailide arv kordse tooriku pikkuses ja laiuses (tk.)

l₂, b₂- saetee laius (mm)

Pealustusmaterjali (spoon, plastik või paber) toorikute mõõdud määratakse arvestades pealostatava tooriku mõõte.

6.2. Puit- ja pealustusmaterjalide kulu arvutamine.

Puitmaterjalide kulu arvutatakse detailidele, mis valmistatakse järgmistest materjalidest; saematerjal, puidust toorikud, puitlaastplaat, puitkiudplaat, vineer, liimitud toorikud, painutatud toorikud, kooritud ja hõõveldatud spoon ning paber.

Puitmaterjalide kulu arvutatakse eraldi igale detailile ja tootele kokku, diferentseerides kulunormi järgmistele tunnustele:

- saematerjalid, paksuse ja puuliigi järgi,
- toorikud, paksuse ja puuliigi järgi,
- plaatmaterjalid, paksuse ja tüübi järgi.

Pealustusmaterjalide kulu arvutatakse järgmistele materjalidele; hõövelspoon, kooritud spoon, tekstuurpaber, dekoratiivne paberplastik, kunstnahk ja kangad.

Pealustusmaterjalid arvutatakse eraldi igale detailile ja tootele kokku. Puit- ja pealustusmaterjalide kulu arvutamiseks on vajalikud alljärgnevad lähteandmed:

- detailide arv (kordsus) toorikus nii pikkuses, laiuses ja paksuses,
- töötlusvaru,
- kooritud spooni paksus liimitud-painutatud elementide valmistamisel ja mustal pealustamisel,
- detailide arv tootes,
- tehnoloogiline kadu,
- toorikute väljatulek.

Lähteandmed materjalide kulu arvutamiseks määratakse kindlaks järgmiste dokumentide alusel:

- toote tööjoonised, tehnoloogiline kaart ja tehniline kirjeldus,
- standardid materjalide kohta,
- kinnitatud tehnoloogilised protsessid ja režiimid,
- erikulunormid materjalide kasutamiseks (materjalide tehniline dokumentatsioon).

Arvutatud materjalide vajadust võrreldakse proovipartii valmistamisel tegeliku kuluga.

Analüüsi tulemuste põhjal tehakse vajadusel muudatused kulu arvutuse tabelis. Pärast muudatuste tegmist on materjali vajadus toote valmistamisel materjalide **kulunorm**.

Materjalide kulunorm on tootmise juhtimise ja efektiivsuse kontrollimise aluseks.

Tabel 1. Puit- ja pealustusmaterjalide kulu arvutamine

Toote nimetus		Kapp																	
DETAIL								Tooriku mõõtmed			Tooriku maht, m ³ pindala m ²			Toorikute väljatuleku %	Materjali maht/pindala m ³ m ²	Tootmiskao %	Kulunorm		
Joonise nr.	Nimetus	Arv tootele	Puhtad mõõtmed mm			Puhas maht /pindala, m ³ /m ²		pikkus	laius	paksus	ühele toorikule	detaili toorik ud, tk	tootele				tootele	tootele	tootele
1			2	3	4	5	6							7	8	9			

Tabel 1. lahtrite täitmine ja arvutamine:

L₁₋₆ = Lahtrite täitmise aluseks on toote joonised ja tükitabelid. Kui joonistes või tükitabelites viiakse sisse muudatused siis peab neid kajastama ka materjalide kulu arvutamisel. See on vajalik toote hinna analüüsil ja materjalide tellimise planeerimisel. **L₇** =

$$L_4 * L_5 * L_6 * 10^{-9} (m^3)$$

$$L_7 = L_4 * L_5 * L_6 / 1000000000 (m^3)$$

$$L_7 = L_4 * L_5 * 10^{-6} (m^2)$$

$$L_7 = L_4 * L_5 / 1000000 (m^2)$$

Lahtrites 4, 5 ja 6 olevad andmed peavad olema mm-tes, sest see on joonistel kasutatav mõõtühik.

$$L_8 = L_3 * L_7 (m^2 \text{ või } m^3)$$

L_{9, 10, 11} = detaili mõõdule lisada töötlusvaru, kui toorikust saadakse üks detail. Tihti lõigatakse juurde kordses pikkuses ja laiuses toorikud. Sellisel juhul märgitakse tabelisse juurdelõigatud tooriku mõõdud. Antud lahtrite täitmiseks täiendavalt lugeda õppematerjali peatükki 7.2.

Sõltuvalt tooriku paiknemisest saematerjalis on tooriku paksuse või laiuse mõõduks

kasutatava saematerjali standardne mõõt.

$$L_{12} = L_9 * L_{10} * L_{11} * 10^{-9} (m^3)$$

$$L_{12} = L_9 * L_{10} * L_{11} / 1000000000 (m^3)$$

$$L_{12} = L_9 * L_{10} * 10^{-6} (m^2)$$

$$L_{12} = L_9 * L_{10} / 1000000 (m^2)$$

L₁₃ = detaili toorikute arv pikkuses ja/või laiuses juurdelõigatud toorikus, tk.

$$L_{14} = L_3 * L_{12} / L_{13} (m^2 \text{ või } m^3)$$

L₁₅ = Lahtri täitmiseks kasutada materjalide erikulunormides või õppematerjali peatükis 5 esitatud andmeid. Pärast proovipartii valmistamist kasutada tegelikku väljatuleku protsenti. Plaatmaterjalide puhul kasutada juurdelõikuskaardil olevaid andmeid.

$$L_{16} = L_{14} / L_{15} * 100$$

L₁₇ = Lahtri täitmiseks kasutada materjalide erikulunormides või peatükis 6 esitatud andmeid

$$L_{18} = 100 / (100 - L_{17}) * L_{16}$$

$$L_{19} = m^2 \text{ või } m^3$$

Mõõtühik ja arvutustäpsus sõltub kasutatava materjali kuluarvestuse ühikust, millest detail valmistatakse (tabel 5).

Näidisarvutus

Arvuta materjalide vajadus alljärgnevale tabelis (Tabel 1) esitatud detailidele.

Tabel 1. Puit- ja pealustusmaterjalide kulu arvutamine

Toote nimetus		Kapp																
Joonise nr.	Nimetus	Arv tootele	DETAIL			Tooriku mõõtmed			Tooriku maht, m ³ pindala m ²			Toorikute väljatuleku %	Materjali maht/ pindala m ³ m ²	Tootmiskao %	Kulunorm			
			pikkus	laius	paksus	detailile	tootele	pikkus	laius	paksus	ühele toorikule				detaili toorikud, tk	tootele	tootele	m ² ühik
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Detail nr.1	10	1200	40	40	0,0019	0,019	1220	150	50	0,009	3	0,031	67	0,046	5	0,048	m ³
	Detail nr.2	10	1200	40	10	0,0005	0,005	1220	150	50	0,009	8	0,011	67	0,017	5	0,018	m ³
	Detail nr.3	1	1500	750	16	1,13	1,13	1514	764	16	1,16	1	1,16	87	1,33	2	1,36	m ²
	Detail nr.4	2	1500	750	0,8	1,13	2,25	1534	778	0,8	1,19	1	2,39	65	3,67	8	3,99	m ²

Ülesande lähteandmed

Detailid nr.1 ja nr.2 valmistatakse okaspuidust. Toormaterjalina kasutatakse servatud saematerjali, ristlõike mõõtudega 150 X 50 mm. Kordse tooriku jagamisel kasutatava saagpingi saetee laius on 4 mm.

Detail nr. 3 on valmistatud PLP-st. Detail pealustatakse hiljem tamme höövelspooniga. PLP toorikute juurdelõikuskaardi põhjal on kasulik väljatulek 87%.

Detail nr. 4 tamme höövelspoon, paksus 0,8 mm..

Lahtrid 1- 6 täidetakse jooniste või mõne teise kehtiva dokumendi alusel.

Detailide D1 ja D2 materjalide vajaduse arvutamine

Detailid 1 ja 2 on valmistatud okaspuidust. Lahter 7 täitmiseks on vaja arvutada puhas maht. Arvutamiseks kasutatakse alljärgnevat valemit ja tulemused kantakse tabeli vastavasse lahtrisse;

$$L_7 = L_4 * L_5 * L_6 / 1000000000 (m^3)$$

Lahtrite 9 – 11 täitmiseks on vaja määrata töötlusvarud, vaadata peatükk 7.2.

Saematerjali juurdelõikamisel on vaja arvestada juurdelõigatavate detailitoorikute kordsusega pikkuses ja laiuses. Tooriku mõõdud, millest valmistatakse detail, määratakse alljärgnevalt:

$$\text{Pikkus, } \mathbf{L} = (l * z_1) + l_1 + l_2 * (z_1 - 1), \text{ mm}$$

$$\text{Laius, } \mathbf{B} = [(b + b_1) * z_b + b_2 * (z_b - 1)] + b_3, \text{ mm}$$

$$\text{Paksus, } \mathbf{H} = [(h + h_1) * z_h + h_2 * (z_h - 1)] + h_3, \text{ mm,}$$

l, b, h on vastavalt detaili pikkus, laius ja paksus

l_1, b_1, h_1 on vastavalt töötlemisvarud pikkuses, laiuses ja paksuses

l_2, b_2, h_2 on saetee laius kordse tooriku jagamisel

z_1, z_b, z_h - tooriku kordsus pikkuses, laiuses ja paksuses

Detailide D1 ja D2 valmistamiseks võib saematerjali järgata ühekordses pikkuses. Kordsuse suurendamine antud pikkuses detailile (1500 mm) ei ole otstarbekas. Pikkusele järkamise töötlusvaru on 20-25 mm (peatükk 4). järelikult toorikute D 1 ja D 2 pikkus L on;

$$L = 1200 + 20 = \mathbf{1220 \text{ mm}}$$

Saadud tulemuse kanname tabli lahtrisse L 9.

Mõtle

Miks ei ole otstarbekas pikkusele järkamisel kordsust kasutada?

Detailide D1 ja D2 valmistamisel laiuses kordsust ei arvesta. Tooriku laiusele lisame töötlusvaru 5 mm (peatükk 4) ning laiuse mõõt B on;

$$\text{Laius, } \mathbf{B} = b + b_1 = 40 + 5 = \mathbf{45 \text{ mm}}$$

Tooriku paksus detaili D1 valmistamiseks arvutatakse alljärgneva seosega, kus kordsus saematerjalis on 3 ja töötlusvaru on 5 mm (peatükk 4). Toorikute laiusele saagimiseks kasutatava saagpingi saetee laius on 4 mm.

$$H = [(40+5)*3+4*(3-1)] = 143 \text{ mm}$$

Tooriku paksus detaili D2 valmistamiseks arvutatakse alljärgneva seosega, kus kordsus saematerjalis on 8 ja töötlusvaru on 5 mm (peatükk 4).

$$H = [(10+5)*8+4*(8-1)] = 148 \text{ mm}$$

Detailide D1 ja D2 valmistamiseks kasutatakse saematerjali ristlõike mõõduga 150 X 50 mm, siis arvutustes arvutustes katab järgatava toorikute laiuse mõõdu saematerjali laius 150 mm ja paksuse mõõdu saematerjali paksus 50 mm. Seega lahtrisse 10 kirjutame tooriku laiuse mõõduks 150 mm ja lahtrisse 11 paksuse mõõduks 50 mm.

Detailidele D1 ja D2 arvutuste tegemisel on keskmine väljatulek 67% (peatükk 5), mille kanname lahtrisse 15.

Tootmiskadu on detailide D1 ja D2 tegemisel 5% (peatükk 6), mille kanname lahtrisse 17.

Mõlema detaili materjali kulu arvutamise mõõtühikuks on m^3 , mille kanname lahtrisse 19.

Mõtle

- *Milline on detailide D1 ja D2 valmistamiseks kasutatava materjali väljatuleku protsent ?*
- *Analiüüsi detaili D1 ja D2 valmistamiseks kuluva saematerjali maksumust, kui saematerjali hind on 300 EUR/ m³*

Detaili D3 ja D4 materjali vajaduse arvutamine

Detailidele 3 ja 4 arvutatakse puhas pindala, sest on tegemist plaatmaterjaliga ja hõõvelspooniga. Arvutamiseks kasutatakse alljärgnevat valemit ja tulemused kantakse tabeli vastavasse lahtrisse;

$$L_7 = L_4 * L_5 / 1000000 (m^2)$$

Detaili D3 tooriku mõõtude määramiseks tuleb lisada detaili pikkuse ja laiuse mõõdule töötlusvaru. Kuna on tegemist hiljem pinnatava toorikuga, siis töötlusvaru on 14 mm (peatükk 4), seega tooriku mõõdud on alljärgnevad;

$$pikkus = 1500 + 14 = 1514 \text{ mm}$$

$$laius = 750 + 14 = 764 \text{ mm}$$

Detaili D4 tooriku mõõtude määramisel peab arvestama pinnatava tooriku D3 mõõde, millele lisatakse töötlusvaru pikkuses 20 mm ja laiuses 14 mm (peatükk 4), seega tooriku mõõdud on alljärgnevad;

$$pikkus = 1514 + 20 = 1534 \text{ mm}$$

$$laius = 764 + 14 = 778 \text{ mm}$$

Toorikute D3 väljatulek on 87% (ülesande lähteandmetest) ja D4 on 65% (peatükk 5). Tootmiskao protsendid on vastavalt toorikul D3 2% ja D4 8% (peatükk 6) Kanname tulemused tabelisse ja teostame vajalikud arvutused, vastavalt tabel 1 täitmise juhiste.

Mõtle

- *Millised tegurid mõjutavad materjalide kulu?*
- *Millised on võimalused materjalide kulu vähendamiseks?*

6.3. Liimide ja nende komponentide kulu arvutamine

Kulu arvutatakse kõikidele vedelikele, pastadele ja tahketele materjalide, millised vastavalt töösegu valmistamise režiimile kuuluvad liimi koostisse. Liimi kulu arvutatakse vastavalt liimi tüübile. Lähteandmed liimi töösegu kulu arvutamiseks on:

- liimitava tooriku pindala,
- liimitatavate pindade arv detailis,
- ühesuguste toorikute või detailide arv tootes,
- liimimise või pealistamise viis,
- liimi pealekandmise meetod,
- liimitava või pealistatava pinna keerukuse grupp,
- liimi töösegu kulunorm.

Arvutuste juures kasutada tootekaartil või pakendil trükitud kulunormi. Oluline on müügiesinduse nõustamine liimi kasutamiseks. Tegelik kulu selgub pärast proovipartii tootmist.

Tabel 2. Liimide ja nende komponentide kulu arvutamine

Toote nimetus _____

Detail ja operatsioon									Materjal									
Joonise nr	Nimetus / operatsioon	Mõõtmed mm		Pindala m ²	Arv tootes	Pindade arv	Liimitav pindala	Operatsiooni iseloomustus	Nimetus	Kulunorm								
		Pikkus	Laius							M/Ü	1m ² -le	Tootele	Sellest liimi komponendid					
				1m ² -le	Toot.	1m ² -le	Toot.	1m ² -le	Toot.									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Tabel 2. lahtrite täitmine ja arvutamine:

L₁₋₇ – jooniste põhjal või tabel nr.1 andmed

$$L_5 = L_3 * L_4 * 10^{-6} (m^2) \text{ või}$$

$$L_5 = L_3 * L_4 / 1000000 m^2$$

$$L_8 = L_5 * L_6 * L_7 (m^2)$$

L_9 = Antud lahtrisse märgitakse seadme tüüp, millega liim kantakse liimitatavataele pindadele. Näiteks liimivaltsid, pintsel, liimirull või mõni muu tööriist. Kasutatav seade või tööriist võib mõjutada liimikulu. Liimivaltsid võimaldavad täpselt reguleerida liimi kulu liimitatavale pinnale. Pintsli või liimirulli kasutamine täpset kulu ei võimalda reguleerida.

L_{10} = märgitakse liimi tüüp, mida antud tabeli real oleva detaili või pinna liimitamisel kasutatakse.

L_{11} = mõõtühik, mida kuluarvutustes kasutatakse (liiter, kg või gr).

L_{12} = kasutatava liimi kulunorm liimitavale pinnale. Kulunorm võib olla tootekaardil, või liimipakendil. Tootekaardi väljastab müügifirma.

$$L_{13} = L_8 * L_{12}$$

L_{14-19} = täidetakse nende liimide read, mille töösegu koosneb mitmest komponendist. Vaikliimi liimivaigule lisatakse erinevaid kõvendeid, täite- või värvaineid.

Näidisarvutus

Toote nimetus

Joonise nr	Detail ja operatsioon							Operatsiooni iseloomustus	Materjal										
	Nimetus / operatsioon	Mõõtmed mm		Pindala m ²	Arv tootes	Pindade arv	Liimitav pindala		Nimetus	Kulunorm									
		Pikkus	Laius							M/Ü	1 m ² -le	Tootele	Sellest liimi komponendid						
													MF-17 1m ² -le	Toot.	amm.kloriid 1m ² -le	Toot.	1m ² -le	Toot.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
D1	Pindamine	1514	764	1,16	10	2	23	liimivaltsid	M-70	kg	0,2	4,63	0,2	4,63	0,002	0,05			

Tabel 2. Liimide ja nende komponentide kulu arvutamine

Ülesande lähteandmed ja seletus

Detail D1 on valmistatud puitlaastplaadist, mille mõlemad pinnad pinnatakse höövelsponiga kuumpressimise teel. Detaili mõõdud on 1514 X 764 mm ja tootes on detaile 10 tükki.

Pindamisel kasutatakse karbamiidliimi M-70 töösegu, mille komponentideks on liimivaik

MF-17 ja kõvendiks ammooniumkloriid. Liimivaltsidega pealekandmisel, liimi töösegu ja liimivaigu kulunorm on 0.200 kg/m² ja ammooniumkloriidil 0.002 kg/m².

Detaili D1 pindamiseks, materjalide vajaduse arvutamin

Kanname ülesande lähteandmed tabelisse ja teostame vajalikud arvutused vastavalt tabel 2 arvutuste juhisele.

Lahter 5, arvutame detaili pindala

$$L_5 = L_3 * L_4 / 1000000 \text{ m}^2$$

$$L_5 = 1514 * 764 / 1000000 = 1,16 \text{ m}^2$$

Lahter 8, arvutame pindala, millele kantakse liim.

$$L_8 = L_5 * L_6 * L_7 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$L_8 = 1,16 * 10 * 2 = 23,1 \text{ m}^2$$

Lahter 13, arvutame liimi töösegu M-70, vajaduse tootele

$$L_{13} = L_8 * L_{12} \text{ (kg)}$$

$$L_{13} = 23 * 0,200 = 4,63 \text{ kg}$$

Lahter 15, arvutame liimi komponendi MF-17 vajaduse tootele

$$L_{15} = L_8 * L_{14} \text{ (kg)}$$

$$L_{15} = 23 * 0,200 = 4,63 \text{ kg}$$

Lahter 17, arvutame liimi komponendi ammooniumkloriidi vajaduse tootele

$$L_{17} = L_8 * L_{16} \text{ (kg)}$$

$$L_{17} = 23 * 0,002 = 0,05 \text{ kg}$$

Saadud tulemused kanname liimi kuluarvutuste tabelisse. Kuluarvutus tehakse eraldi reana kõikidele toote valmistamiseks kasutatavatele liimidele ja nende komponentidele.

Mõtle

Millised on võimalused, liimi
säästlikuks kasutamiseks
tehnoloogilise protsessi käigus?

6.4. Lihvmaterjalide kulu arvutamine

Kulu arvutatakse kõikidele lihvmaterjalidele millistega tasandatakse puidu, puitmaterjalide ja lakitud pindu. Lihvmaterjali kulu arvutatakse eraldi vastavalt lihvmaterjali liigile ja teralisusele. Heade lihvimisomadustega viimistlusmaterjaliga kaetud pind ei kuluta lihvmaterjale liigselt ning aitab nendele tehtavaid kulutusi kokku hoida.

Lähteandmed lihvmaterjali kulu arvutamiseks on järgmised:

- lihvitava pinna mõõdud,
- lihvitavate pindade arv detailil,
- ühesuguste detailide arv tootes,
- lihvimise tehnoloogilise operatsiooni liik,
- lihvitava detaili pinna keerukus,
- lihvimise meetod

Põhilised lihvmaterjali erikulunormid;

- pindamiselne lihvimine masinaga $\sim 0,04 \text{ m}^2 / \text{m}^2$
- viimistluseelne lihvimine masinaga $\sim 0,09 \text{ m}^2 / \text{m}^2$
- kitsad pinnad masinaga $\sim 0,1 \text{ m}^2 / \text{m}^2$
- kitsad pinnad käsitsi $\sim 0,09 \text{ m}^2 / \text{m}^2$

Näidisarvutus**Tabel 3. Lihvmaterjalide kulu arvutamine**

Toote nimetus _____

Joonise nr.	Nimetus	Detail jaoperatsioon				Pindade arv	Lihvitav pind m ²				Materjali kulunorm		
		Mõõtmised mm		Pindala m ²	Arv tootes		Karestamine	Suured pinnad masinaga	Kitsad pinnad masinaga	Kitsad pinnad käsitsi	Mõõtlühik	1 m ² -le	Tootele
		pikkus	laius										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
D1	külgpinnad	1500	750	1,13	10	2		22,5			m ²	0,09	2,03
Serv 1	kitsas pind	1500	18	0,03	10	2				0,54	m ²	0,09	0,05
Serv 2	kitsas pind	750	18	0,01	10	2				0,27	m ²	0,09	0,02

Ülesande lähteandmed ja seletus

Detail D1 on valmistatud puitlaastplaadist, mille mõlemad külg- ja kõik servpinnad on pinnatud tamme hõvelspooniga. Detaili mõõdud on 1500 X 750 X 18 mm ja tootes on detaile 10 tükki. Külgpinnad lihvitakse masinaga ja servpinnad käsitsi. Lihvimiseks kasutatakse lihvpaberit P 150.

Detaili D1 lihvmaterjalide vajaduse arvutamine

Kanname ülesande lähteandmed tabelisse ja teostame vajalikud arvutused vastavalt tabel 3 arvutuste juhisele.

Lahter 5, detaili pindala arvutame eraldi reana külgpinna pindala ja servpindade pindalad. Otstarbekas on eraldi välja tuua erineva pikkusega pinnatud servpinnad. Detaili mõõtude muutumisel on võimalik kiiresti teha muudatused kuluarvutuse tabelis. Antud näidisarvutuse detaili servpindade mõõdud oleksid alljärgnevad;

- serv 1 mõõdud on 1500 X 18 mm
- serv 2 mõõdud on 750 X 18 mm

Lahtrid 1, 2, 3, 4, 6 ja 7 täidame vastavalt ülesande lähteandmetele.

Lahter 5, arvutame detaili lihvitavad pindalad. Näites arvutame külgpinna pindala.

$$L_5 = L_3 * L_4 / 1000000 \text{ m}^2$$

$$L_5 = 1500 * 750 / 1000000 = 1,13 \text{ m}^2$$

Lahtritesse 8-11 kanname kogu lihvitava pindala, vastavalt ülesande lähteandmetele. Näites arvutame detaili D1 lihvitava külgsinna pindala, mis on suur pind ja lihvitakse masinaga.

$$L_9 = L_5 * L_6 * L_7 \text{ m}^2$$

$$L_9 = 1,13 * 10 * 2 = 22,5 \text{ m}^2$$

Lahter 13 kanname lihvmaterjalide erikulunormi, sõltub lihvitavast pinnast ja kasutatavast lihvmaterjalist. Näites võtame kulunormiks 0,09 m²/m² (peatükk 7.4.) ja teeme arvutuse külgsindade lihvimise real.

$$L_{14} = L_9 * L_{13} \text{ m}^2$$

$$L_{14} = 22,5 * 0,09 = 2,03 \text{ m}^2$$

Kõikide arvutuste tulemused kanname lihvmaterjalide kuluarvutuste tabelisse. Kuluarvutus tehakse eraldi reana kõikidele toote lihvitavatele pindadele. Vajadusel võib tabelile lisada veeru erinevat tüüpi lihvmaterjalide kulu väljatoomiseks.

6. 5. Viimistlusmaterjalide kulu arvutamine

Kulu määratakse kõikidele viimistluseks kasutatavatele viimistlusmaterjalidele. Lähteandmed viimistlusmaterjalide kulu arvutamiseks on järgmised:

- viimistletava pinna mõõdud,
- pinnaviimistluse alagrupid,
- viimistluse kategooria,
- pealekandmise meetodist.

Arvestades viimistlusmaterjalide suhteliselt kõrget hinda on oluline nende sihipärane ja kokkuhoidlik kasutamine tootmises. Viimistlusmaterjalide kadude vähendamisel on vaja jälgida viimistlusmaterjalide kasutamise juhiseid.

Kulude vähendamiseks saab kasutada madalal temperatuuril ning kiiresti kuivavaid viimistlusmaterjale. Viimistlusmaterjalide kadusid on võimalik minimeerida tehnoloogiate abil, mille puhul viimistlusmaterjal kantakse ainult viimistletavatele pindadele (valtsmasinaga

peale- kandmine) või kus viimistlusmaterjali ülejäägid suunatakse tagasi ringlusesse (valumasinaga ja jugadega pealekandmine). Samuti vähendab kadusid elektrostaatiline pihustamine.

Pärast kõvendi lisamist on viimistlusmaterjalide kasutusaeg piiratud. Piisavalt pika kasutusajaga viimistlusmaterjale on võimalik kasutada järgmisel päeval või isegi pikema perioodi jooksul. See aitab vältida jääkidest põhjustatud lisakulude tekkimist ja keskkonna reostamist. Lühikese kasutusajaga viimistlusmaterjale soovitatakse peale kanda kahekomponentsete pihustitega.

Keskkonnakaitsele tehtavate kulude vähendamiseks tuleks kasutada keskkonnasäästlikke viimistlusmaterjale. Et viimistlusmaterjalide liitrihind ei anna kulude kohta tegelikku ettekujutust, siis on tähtsam arvutada viimistlusmaterjalide maksumust ühe ruutmeetri kohta. Selleks on vaja teada viimistlusmaterjalide segamis- vahekorda, liitrihinda, tihedust ja kulu pealekandmisel. (AKZO NOBEL Puitpindade tööstuslik viimistlemine)

Tabel 4. Viimistlusmaterjalide kulu arvutamine

Toote nimetus

Joonise nr.	Nimetus	Detail				Pindade arv	Viimistletav pind m ²	Keerukuse grupp, viimistluse klass ja operatsiooni iseloomustus	Kulunorm								
		Mõõtmed mm		Pindala m ²	Arv tootes				Materjali nimetus ja mark								
		laius	pikkus						Lakk			Värv			Peits		
				M/Ü	1 m ² -le				tootele	M/Ü	1 m ² -le	tootele	M/Ü	1 m ² -le	tootele		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Tabel 4. lahtrite täitmine ja arvutamine:

L₁₋₇ – jooniste põhjal või tabel nr.1 andmed

$$L_5 = L_3 * L_4 * 10^{-6} (m^2) \text{ või}$$

$$L_5 = L_3 * L_4 / 1000000 m^2$$

$$L_8 = L_5 * L_6 * L_7$$

L₉ = Märgitakse viimistlemisel kasutatava seadme tüüp

$$L_{12, 15, 18} = L_8 * L_{11, 14, 17}$$

Näidisarvutus**Tabel 4. Viimistlusmaterjalide kulu arvutamine**

Toote nimetus

Joonise nr.	Detail Nimetus	Mõõtmed mm				Pindala m ² Arv tootes	Pindade arv	Viimistletav pind m ²	Keerukuse grupp, viimist- luse klass ja operatsiooni iseloostus	Kulunorm								
		Materjali nimetus ja mark																
		Lakk			Värv					Peits								
		PRO 20								396 R								
		M/Ü	1 m ² -le	tootele	M/Ü	1 m ² -le	tootele	M/Ü	1 m ² -le	tootele								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	detail D1	1500	750	1,13	10	2	22,5	püstoliga	kg	0,23	5,06				I	0,05	1,13	
	Serv1	1500	18	0,03	10	2	0,54		kg	0,23	0,12					0,05	0,03	
	Serv2	750	18	0,01	10	2	0,27		kg	0,23	0,06					0,05	0,01	

Ülesande lähteandmed ja seletus

Detail D1 on valmistatud puitlaastplaadist, mille mõlemad külg- ja kõik servpinnad on pinnatud tamme hõövelspooniga. Detaili mõõdud on 1500 X 750 X 18 mm ja tootes on detaile 10 tükki.

Detail peitsitakse 1kord peitsiga Dicco Color 396 R ja lakitakse lakiga PRO 20 2 korda.

Detaili D1 lihvmaterjalide vajaduse arvutamine

Kanname ülesande lähteandmed tabelisse ja teostame vajalikud arvutused vastavalt tabel 4 arvutuste juhisele.

Lahter 5, detaili pindala arvutame eraldi reana külpinna pindala ja servpindade pindalad. Otstarbekas on eraldi välja tuua erineva pikkusega pinnatud servpinnad. Detaili mõõtude muutumisel on võimalik kiiresti teha muudatused kuluarvutuse tabelis. Antud näidisarvutuse detaili servpindade mõõdud oleksid alljärgnevad;

- serv 1 mõõdud on 1500 X 18 mm
- serv 2 mõõdud on 750 X 18 mm

Lahtrid 1, 2, 3, 4, 6 ja 7 täidame vastavalt ülesande lähteandmetele.

Lahter 5, arvutame detaili lihvitavad pindalad. Näites arvutame külpinna pindala.

$$L_5 = L_3 * L_4 / 1000000 \text{ m}^2$$

$$L_5 = 1500 * 750 / 1000000 = 1,13 \text{ m}^2$$

Arvutame **lahter 8**, viimistletava pindala igale pinnale eraldi. Näites arvutame D1 külgsinna viimistletava pindala.

$$L_8 = L_5 * L_6 * L_7 \text{ m}^2$$

$$L_8 = 1,13 * 10 * 2 = 22,5 \text{ m}^2\text{kg}$$

Lahter 9 märgime millise vahendiga toimub viimistlemine. Näites kasutame püstolit. Lahtritesse 10-18 märgitakse kasutatavate viimistlusmaterjalide kulunormid, nimetused ja millise mõõõtühikuga toimub kuluarvestus. Arvutuse näite teeme külgsinna viimistlemiseks.

$$L_{12} = L_8 * L_{11} = \text{kg}$$

$$L_{12} = 22,5 * 0,23 = 5,06 \text{ kg}$$

$$L_{18} = L_8 * L_{17} = \text{kg}$$

$$L_{18} = 22,5 * 0,05 = 1,13 \text{ liitrit}$$

Mõtle

Millised on veebaasil lakkide eelised, võrreldes lahusti baasil lakkidega?

7. MÕÕTÜHIKUD JA ARVUTUSTÄPSUS

Alljärgnevas tabelis on toodud põhilised mõõtühikud, mida kasutada materjalide kulu arvutamisel. Tavaliselt on kasutatav mõõtühik sama, millega materjale ostetakse. Kui sisseostetava materjali mõõtühik on erinev tehnoloogilises protsessis kasutatavast mõõtühikust, tuleb kuluarvutuse ümberarvestus teha raamatupidamises.

Tabel 5. Materjalide arvutustäpsus ja mõõtühik

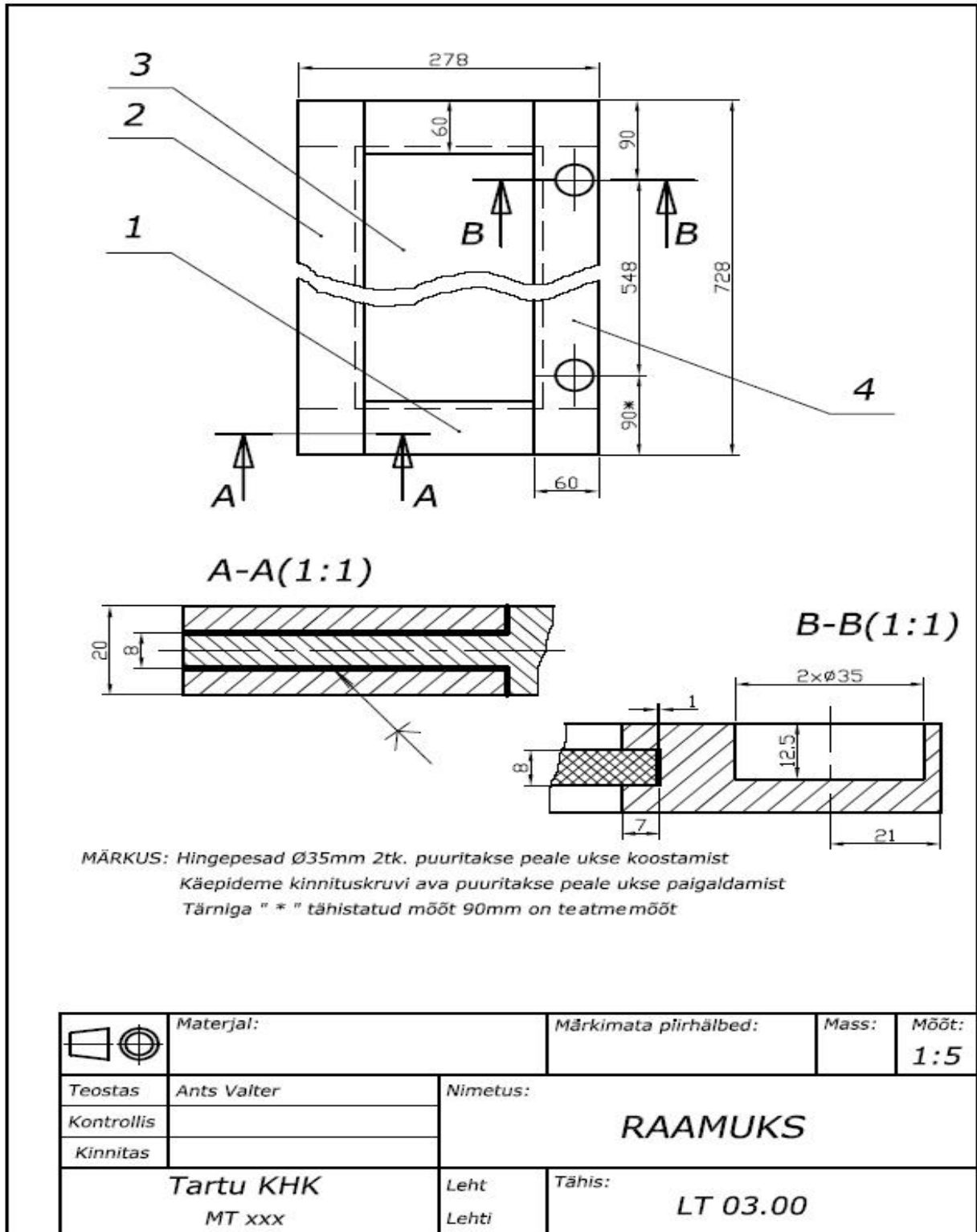
Materjali nimetus	Mõõtühik	Arvutustäpsus
Pindala	m ²	0,01
Detaili või tooriku maht	m ³	0,001
Liimiga kaetav pindala	m ²	0,001
Liimi kulunorm	kg / m ²	0,0001
Lihvitav pindala	m ²	0,001
Laki kulunorm	kg/m ²	0,001
Liimi kulu	kg	0,001

8.RAAMUKSE MATERJALIDE VAJADUSE NÄIDISARVUTUS

Materjalide vajaduse ja täpsema hinnakujunduse aluseks on toote konstruktsioon ja valmistamisel kasutatud materjalide loetelu. Sellise kirjelduse saame tootele koostatud dokumentatsioonist. Ettevõttes on sellise dokumentatsiooni koostajaks konstruktorid. Hea hinnakujunduse ja objektiivse materjalide vajaduse arvutamise aluseks on põhjalikud läbiraäkimid tellijaga. Tellijaks võib olla firma või eraisik. Mõlemal juhul on oluline see, et osapooltele oleks üheselt arusaadav toote konstruktsioon ja selle valmistamiseks kasutatavate materjalide nimekiri.

8. 1. Toote konstruktsioon ja valmistamiseks kasutatud materjalide loetelu.

Näidisarvutuse aluseks on raamukse joonis LT 03.00. (joonis 1.) ja tükitabel TT LT 00.00. (joonis 2.). Raampuude valmistamiseks kasutan tamme saematerjali 1800x150x25 mm. Joonisest erinevalt kasutan MDF plaadist valmistatud viilungit, mille mõlemad küljed on pealistatud 0,8 mm paksuse tamme hõövlspooniga. Uks on viimistletud vesilakiga PRO 20. Viimistlemine toimub lakipüstoliga 2 korda. Ukse montaažil on kasutatud liimi PVA D3. Spooniga pealistamine toimub soojade pressiplaatidega kontaktpressis. Pealistamisel kasutatakse liimivaigu ja kõvendi töösegu, vahekorras 1:10.



Joonis 1. Raamukse joonis

8.2. Puit- ja plaatmaterjalide kulu arvutamine.

Puit ja plaatmaterjalide vajaduse arvutamiseks kasutan tabel 1.

Tabel 1.

Joonise nr.	Nimetus	Arv tootele	Puhtad mõõtmed mm			Puhas maht /pindala, m ³ /m ²		pikkus	laius	paksus	ühele toorikule	detaili toorikud, tk	tootele	Toor väljatulel	pindala m ³ m ²	Tootmiskac	tootele	mõõtühik
			pikkus	laius	paksus	detailile	tootele											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
LT 03.00	Raamuks																	
LT 03.01	Ukse vahepuu	2	278	60	20	0,0003	0,0007	580	150	25	0,0022	4	0,00109	50	0,0022	5	0,0023	m3
LT 03.02	Ukse püstpuu	2	728	60	20	0,0009	0,0017	748	150	25	0,0028	2	0,00281	50	0,0056	5	0,0059	m3
LT 03.03	Viilung	1	620	170	8	0,105	0,11	634	184	7	0,12	1	0,12	90	0,13	5	0,14	m2
	Pealistus	2	620	170	0,8	0,105	0,21	644	194	0,8	0,12	1	0,25	58	0,43	5	0,45	m2

Tabeli lahtrid 1-6 täidan joonise ja tükitabeli alusel. Lahtrite 7 ja 8 täitmist vaata peatükist 7.1.

Tooriku mõõtude määramine (vaata peatükk 7.2.)

Ukse vahepuu, LT 03.01

Pikkuse, leian alljärgneva seosega;

$$L = (l * z_1) + l_1 + l_2 * (z_1 - 1)$$

Arvestades detaili lühikest mõõtu, võtan pikkuse kordsuseks järkamisel 2 detaili.

$$L = (278 * 2) + 20 + 4 * (2 - 1) = 580 \text{ mm}$$

Laiuse, leian alljärgneva seosega;

$$B = [(b + b_1) * z_b + b_2 * (z_b - 1)] + b_3$$

Kasutatakse kuivatatud saematerjali siis kuivamisvaru (b_3) ei ole vaja kasutada.

Kasutatava saematerjali laius on 150 mm siis arvutustes kasutan seda laiust, kus detailide kordsuseks võtan 2 tk. Arvutuste põhjal juurdelõikamise jääkmaterjali laius on 16 mm,

millest läheb tegelikult maha äärmine saetee laius 4 mm. Seega jääkmaterjali tegelik laius on 12 mm, mis ei leia tootmises kasutamist.

$$B = [(60+5)x2+4x(2-1)] = 134 \text{ mm}$$

Paksuse, leian alljärgneva seosega;

$$H = [(h+h_1)*z_h+h_2*(z_h-1)]+h_3$$

Paksuses lisandub detaili mõõdule töötlemisvaru 5 mm, sest puudub kordsus ja tootmises kasutatakse kuivatatud saematerjali.

$$H = 20+5 = 25 \text{ mm}$$

Tooriku paksuseks jääb kasutatava saematerjali paksuse, 25 mm. Järgatud toorikust saadakse detaile 4 tükki, mille kanname tabelis lahtrisse 13.

Ukse püstpuu, LT 03.02

Arvutuse käik analoogne rõhtpuuga

Pikkus

$$L = 728+20 = 748 \text{ mm}$$

Laius

$$B = [(60+5)x2+4x(2-1)] = 134 \text{ mm}$$

Toorikute juurdelõikamiseks on kasutusel sama saematerjal püstpuuga siis tooriku laius on kasutatava saematerjali laius 150 mm.

Paksus

Tooriku paksuseks võtan kasutatava saematerjali paksuse, **25 mm**.

Lahter 13

Siia lahtrisse märgitakse ristikiudu juurdelõigatud toorikus olevate detaili toorikute arv. Järgatud toorikus on ukse vahepuusid 4 tükki ja püstpuusid 2 tükki. Detaili toorikute arv on vajalik materjali kulu arvutamisel ühele koostule.

Viilung, LT 03.03

MDF plaadist väljalõigatud pealistatava tooriku töötlusvaru pikkuses ja laiuses on ligikaudu 14 mm. Seega viilungi mõõdud on ;

Pikkus

$$620+14= 634 \text{ mm}$$

Laius

$$170+14= 184 \text{ mm}$$

Pindamisel kasutatav koostatud spoonileht on pinnatavast toorikust suurem pikkuses ja laiuses ligikaudu 10 mm. Seega spoonilehe mõõdud on;

Pikkus

$$634+10= 644 \text{ mm}$$

Laius

$$184+10= 194 \text{ mm}$$

Tooriku kasulik väljatuleku protsent võetakse juurdelõikus kaardi järgi, kuid mitte vähem kui 90. Hõõveldatud spooni kasulik väljatuleku protsent on keskmiselt 58.

8. 3. Lihvmaterjalide kulu arvutamine.

Tabel 2.

Joonise nr.	Nimetus	Mõõtmed mm		Pindala m ²	Arv tootes	Pindade arv	Karestamine	Suured pinnad masinaga	Kitsad pinnad masinaga	Kitsad pinnad käsitsi	Mõõtühik	1 m ² -le	Tootele
		pikkus	laius										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
LT 03.00	Raamuks												
LT 03.01	Ukse vahepuu				2								
	külgpinnad	278	60	0,02	2	2			0,07			0,15	0,010
	servpinnad	278	20	0,01	2	2			0,02			0,15	0,003
LT 03.02	Ukse püstpuu				2								
	külgpinnad	728	60	0,04	2	2			0,17			0,15	0,03
	servpinnad	728	20	0,01	2	2			0,06			0,15	0,01
LT 03.03	Viilung	620	170	0,11	1	2		0,21				0,09	0,02
											m2	kokku	0,067

Lihvmaterjalide kulu leidmiseks arvutan välja kõik lihvitavad pinnad vastavalt suurusele ja lihvimise tehnoloogiale. Kõik pinnad lihvitakse masinaga.

8. 4. Liimikulu arvutamine.

Tabel 3.

Toote nimetus _____

Detail ja operatsioon								Materjal										
Joonise nr	Nimetus / operatsioon	Mõõtmed mm		Pindala m ²	Arv tootes	Pindade arv	Liimimise z või puid vajutus	Operatsiooni iseloomustus	Nimetus	Kulunorm								
		Pikkus	Laius							M/Ü	1 m ² -le	Tootele	Sellest liimi komponendid					
				1m ² -le	Toot.	1m ² -le	Toot.	1m ² -le	Toot.									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Ukseraami montaaž	60	60	0,004	4	2	0,03	tappide liimit.	PVA	kg	0,2	0,01						
	Viilungi pealistamine	634	184	0,117	1	2	0,23	liimivaltsid					0,062	0,01	0,006	0,001		

Liimikulu arvutamisel peab arvestama tehnoloogilises protsessis kasutatavaid seadmeid liimi pealekandmisel. Kulu sõltub kasutatavast liimist ning normkulu suurus vaadata liimi pakendilt või toote tehnilisest dokumentatsioonist. Proovipartii tegemisel fikseerida tegelik liimikulu.

8. 5. Viimistlusmaterjalide kulu arvutamine.

Tabel 4.

Toote nimetus

Joonise nr.	Nimetus	Detail				Pindade arv	Viimistletav pind m ²	Keerukuse grupp, viimist- luse klass ja operatsiooni iseloomustus	Kulunorm								
		Mõõtmed mm		Pindala m ²	Arv tootes				Materjali nimetus ja mark								
		pikkus	laius						Lakk			Värv			Peits		
				PRO 20	M/Ü				1 m ² -le	tootele	M/Ü	1 m ² -le	tootele	M/Ü	1 m ² -le	tootele	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
LT 03.00	Raamuks	728	278	0,20	1	2	0,4		kg	0,695	0,28						

Lakikulu arvutamisel peab arvestama tehnoloogilises protsessis kasutatavaid seadmeid laki pealekandmisel. Kulu sõltub kasutatavast lakist ning kulunormi vaadata laki pakendilt või toote tehnilisest dokumentatsioonist. Proovipartii tegemisel fikseerida tegelik lakikulu.

8. 6. Materjalide kulu tootele.

Alljärgnevas tabelis on toodud raamukse valmistamiseks vajaminevad materjalide

kogused. Antud tulemused on aluseks toote omahinna kalkuleerimisel.

Tabel 5.

Jrk.	Materjal	Kulu tootele	Mõõtühik
1.	Tamme saematerjal	0,0082	m3
2.	MDF plaat	0,14	m2
3.	Tamme hõövelspoon	0,45	m2
4.	Lihvmaterjal	0,067	m2
5.	Liim PVA	0,01	kg
6.	Liimivaik	0,01	kg
7.	Kõvendi	0,001	kg
8.	Lakk PRO 20	0,28	kg

Pärast proovipartii valmistamist ja materjalide kulu analüüsi, kinnitatakse toote valmistamiseks materjalide kulunormid.

Kiiremaks tulemuste kajastamiseks võib kasutada tabelarvutuse programme, kus erinevad tabelid on läbi arvutusvalemite omavahel seotud.

9.TABELARVUTUSE PROGRAMMIDE VÕIMALUSED

Tabel 6. on näide sellest, kuidas algandmete sisestamisega saadakse, tootmise planeerimiseks mitu erinevat tulemust. Piisab spoonilehtede ja tooriku mõõtude ning koguse muutmisest, et näha milline on materjalide ja tööaja vajadus. Materjalide vajaduse arvutamise aluseks on kulunormid. Kulunormi muutumisel tuleb muudatus teha kulunormi tabelis, millega antud materjalide vajaduse arvutamise tabel on seotud.

Tabel 6. Materjalide vajaduse ja tööaja arvestus

PRESSVORMI TEHNOLOOGILINE KAART Nr. **KALKULATSIOON**

TOORIKU NIMETUS VORMI NR. TOORIKU NIMETUS detail

VORM nr. 0

Spoonilehtede mõõdud, mm ja kogus, tk. **Märkused**

Kiht	pikkus	laius	paksus	tk	kokku		kask	tamm	tamm	tamm	pöök	pöök
välis	2000	2000	1,5	2		väliskihid lihvida			kask	kask		
sise	2000	2000	1,5	20	20					tamm		
sise			1,5	0							1	
			kokku	22								
Tooriku mõõdud, mm							Toorik					
Tooriku mõõdud, mm							Materjalide kulu toorikule					
materjal	pikkus	laius	paksus	maht. m3	kaal, kg	Lubatud paksuse kõikumine+0,5/-0,5 mm	Spoon, s.h.	m/ü				
	2000	2000	32,6	0,130			tamm	m2		0,00	0,00	12,00
kask					9,02		kask	m3		0,000	0,000	0,150
tamm	koost.tk/turnhis		29		9,62		pöök	m2				0,00
											0	0
Pressimise režiimid							Liim					
materjal	ajad, min	silindrite surved, bar					Termopl.	kg	1,248			
	kuumutus	hoidmine	ülemised	parem	vasak		niit typ 1220		0,004			
kask	3	6	50				Liimilint	kg	0,141			
tamm	3	6	50				20 mm lai					
Liimi töösegu kulu, kg/m2							Tööaeg, min					
materjal	lehele	toorikule					keskmine	Toorikule				
kask	0,062	1,248					Ettevalmistus	49	24	49	37	42
tamm							Pressimine	12	12	12	12	12
							Kokku	61	36	61	49	54

Õppematerjalis esitatud materjalide kulu arvutamise meetodika on näidis paljudest võimalikest meetodikatest. Iga ettevõtte peab ise leidma ja kohandama parima mooduse materjalide kulu arvutamise tegemiseks. Materjalide kulu arvutamise korraldamine ja kulude kontroll on üks osa tootmise ettevalmistamisest.

Halvasti organiseeritud või puudulik materjalide kuluarvestus on üks tootmise ebaefektiivsuse põhjuseid.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Sulev Kiivit

(sünnikuupäev: 28.12.1957),

1. Annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Puittoodete materjalide kulu arvutamine“, mille juhendaja on Jaan Mikk,
 - 1.1.Reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi Dspace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2.Üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi Dspace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi

Tartu, 20. Mai 2016