

KOKKUVÕTE

Magistritöö teema pakkus autor välja erialase koolivälise projekti sidumiseks õppetöoga. Magistritöö ülikoolipoolseks juhendajaks on Tallinna Tehnikaülikooli mehaanika ja tööstustehnika instituudi lektor Kaimo Sonk.

Lõputöö ülesanne sai alguse kliendi soovist ja vajadusest arendada modulaarne ja kompaktnen terviklik sahtlisüsteem, mille komponendid oleksid lihtsalt vahetatavad, konfigureeritavad ning moodulid lihtsasti laiendatavad. Toode on mõeldud peamiselt laste väikeste mänguasjade hoiustamiseks ja korrastamiseks, kuid lisaks sellele on oluline, et see oleks ka esteetiliselt aktsepteeritava välimusega ka täiskasvanutele, et toodet ei oleks vaja ära eraldi kappi või sahtli sisse. Toode on mõeldud hoiustama erinevaid väiksemõõtmelisi hobi- ja mänguasju ja -esemeid. Igal sahtlil on võimekus ka sahtlieraldajaga sahtli ruumi jaotada. Arendatakse toode kahes laiuse variandis, millest laiema sahtlisse mahub üks plaat mõõtmetega 250 x 250 x 2 mm ning kitsam dimensioneeritakse selliselt, et kahe kitsa mooduli kokku ühendamisel vastab see ühe laia mooduli laiusele.

Lõputöö algfaasis viis läbi autor turu-uuringu, mille tulemusena saadi teada, millised analoogsed lahendused on turul, mis on turul olevate toodete eeldatavad nõuded nende toodete loomisel ja arendamisel ning välja toodi ka peamised toodete põhiparameetrid ning tähelepanekud, mida käesoleva arenduse kontekstis kasutada. Turu-uuringu etapis leitud toodetel oli erinevaid üksikuid modulaarsuse elemente, mis on käesoleva arenduse nõueteks kui ka hea kvaliteedi, ja esteetilise välimusega tooteid, kuid mitte ühtegi sellist, mis oleks tervikuna rahuldanud kliendi vajadusi ja nõudeid. Turu-uuringu etapi põhjal võeti kokku tootespetsifikatsioonid ja varasemad nõuded, millest sõnastati arenduse jaoks olulised lõplikud nõuded ning lõplikud soovid, mida võimaluse korral rakendatakse ja arvestatakse.

Esmase tootekontseptsiooni etapis kirjutati lahti toote põhifunktsioonid, leiti neile morfoloogilise maatriksiga hulk lahendeid. Seejärel jaotati toode funktsioonide põhjal karbi-, karbimoodulite vahelise ühenduse ja sahtlimooduliks, mille järel leiti igale moodulile eelistatavad terviklahendid. Moodulite terviklahendeid analüüsiti tehnilise tootekontseptsiooni etapis põhjalikumalt ning loodi põhjalikud lahendid ja nõuded iga mooduli funktsiooni lahenditele. Tehnilise tootekontseptsiooni tulemuseks sai igast moodulist 3 terviklikku ja põhjalikku lahendit, mille põhjal viidi läbi koostööpartnerite poolt autori juhtimisel ja planeerimisel tootedisaini välja töötamine. Tootedisaini etapi lõpuks valmis igast tehnilisest kontseptsiooni lahendist terviklik tehnilise kontseptsiooni nõudeid arvestav kujundus. Koostöös kliendiga valiti tootedisaini etapist välja valumeetodil toodetav sahtel, mille esikülg

koosneb eraldi detailist et muuta sahtlit rohkem konfigureeritavaks. Karbi- ja karbimoodulite ühendusmoodulites valiti välja lahend, kus korpuse elemente ühendav detail on samaaegselt ka karbimooduleid ühendavaks detailiks ning kõik paneelid on valumeetodil toodetavad ja kompaktselt kokku pakitavad. Valitud kujunduste põhjal liiguti edasi projekteerimise etappi.

Projekteerimise etapis projekteeriti varasema töö põhjal kõik detailid ja nendevahelised ühendused, mõõtmestati terve toode selliselt, et toode tervikuna on modulaarne ja valumeetodil toodetav. Projekteerimisel arvestati ka võimalikult lihtsat kokkupandavust ja võimalikult suurt universaalsust. Iga detail projekteeriti selliselt, et võimalikult palju oleks erinevate detailide lõikes kattuvaid elemente ning kõik detailid kinnituvad üksteise külge identse ühendusviisiga. Detailide projekteerimisel alustati nende mõõtmestamisega, ühendusprofiilide loomisest ning varasemate etappide nõuete arvestamisest. Seejärel loodi vajalikesse kohtadesse süvistused ja ribad, loodi ja täiendati tehnoloogilise avasi ja kinnitusi, peale mida lisati detailide servadesse raadiused. Viimase sammuna kontrolliti ja veenduti koostu kokkusobivuses ja toote koostamise võimalikkuses.

Lõputöö viimases staadiumis viidi läbi insenertehnilised arvutused. Toote kasutamise ohtlikumateks olukordadeks oli, kui laia mooduli vaheseinadele rakendatakse jõudu seina laiuse sihis üksteise suhtes vastassuundades ehk kui ühendusdetaili külge kinnituvale horisontaalpaneelile rakendada paneeli pinnaga risti jõud avatud osa serval ning ühendusdetaili *snap-fit* ühenduse deformeerimisel tekkivaid pingeid. Esmalt analüüsiti ühendusdetaili ja horisontaalpaneeli vahelise ühenduse ohtlikku olukorda, kasutades Autodesk Inventor Professional 2021 tarkvara Stress Analysis moodulit. Ühendusdetaili *snap-fit* ühenduse analüüsiks kasutati Autodesk Inventor Professional 2021 tarkvara Inventor Nastran laiendit, mis võimaldab täpsemaid ja põhjalikumaid analüüse läbi viia. Tugevusanalüüsi tulemusena selgus, et konstruktsiooni vaadeldavates osades plastseid deformatsioone ei teki ning pinged jäävad lubatud piiridesse.

Lõputöö võib lugeda õnnestunuks, sest selle raames jõuti ideest projekteeritud tooteni, mis lõputöö valmimise hetkeks on ka tegelikkuses prototüübitud ja läbinud esmased testid. Prototüüpimisel kasutati MJF ja MSLA meetodeid, mis võimaldasid piisava täpsuse ja pinnakvaliteediga detailide printimist. Arenduse käigus on saadud täiendavaid teadmisi, infot ja uusi mõtteid, kuidas arendatud toodet veel edasi arendada ning reaalsuses on täiendav arendustöö juba käimas.

Kokkuvõttes võib väita, et lõputöös püstitatud eesmärgid on saavutatud ja projekteeritud toode on reaalsuseks saanud.