

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” 201.....

Autor:
/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201....

Kaitsmiskomisjoni esimees
/ nimi ja allkiri /

Sisukord

| | |
|--|----|
| Sisukord..... | 3 |
| Sissejuhatus | 4 |
| 1. Mööblikavandaja töö eritellimusmööbli tootmisel | 5 |
| 2. Reaalne projekt..... | 6 |
| 3. 3D mudeli loomine..... | 9 |
| 4. Tööjooniste vormistamine..... | 13 |
| 4.1 Tööjooniste vormistamine joonestusprogrammiga AutoCad | 13 |
| 4.2 Tööjooniste vormistamine programmiga Autodesk Inventor | 18 |
| 5. Tükitelite (detailide spetsifikatsioonide) loomine | 24 |
| 6. Tehnilise info liikumine tootmisse | 27 |
| 7. Dokumentatsioon, selle hoidmine, arhiveerimine..... | 29 |
| 8. Tagasiside tootmisega | 31 |
| Kokkuvõte | 32 |
| Summary..... | 33 |
| Viidatud kirjanduse loetelu..... | 34 |

Sissejuhatus

Eritellimusmööbli kavandamine on sageli tehniliselt keerukas, aga samas huvitav töö. Eritellimusmööbli puhul on tegemist mööbliga, mida ei toodeta seeriatootmises ning mis on välja arendatud vastavalt kliendi soovidele. Toodete partii suurus ei pruugi olla väike ning sageli soovitakse saada ka variatsioone juba tehtud toodetest, kohandades neid projektile vastavaks. Eritellimusmööbli puhul esineb ka tooteid, millest tuleb luua suur hulk variatsioone, näiteks sisse ehitatud mööbli puhul. Mööbli kavandamisega tegelevad konstruktorid ning nende ülesandeks on ette valmistada toote tööjooniste komplekt ning tükitabel. Konstruktori töö on loominguine ning tihti tekib võimalus katsetada uusi tehnoloogilisi lahendusi näidiste tootmise käigus. Samas peavad valitud lahendused olema piisavalt kvaliteetsed, et pidada vastu argikasutuses. Näidiste põhjal kavandatakse ka tooted, mis moodustavad projekti põhiosa, seetõttu peab olema võimalik näidistes kasutatud lahendusi toota lihtsalt ja efektiivselt ka suurtes kogustes. Konstruktoril tekib võimalus oma toodetes kasutada ka erifurnituuri, näiteks lükand- või klappukse süsteeme, mida sageli ei kasutata. Erifurnituuri võib valida kataloogist ning selle sobitamine tootesse on konstruktori ülesandeks.

Tänapäevases mööblitööstuses kasutatakse erinevaid joonestusprogramme ning sageli luuakse tootest ka 3D mudel. Üheks levinumaks tarkvaraks, mida mööblitööstuses kasutatakse on AutoCad, mille tugevamaks küljeks võib lugeda 2D joonestusvahendeid, mida on hästi välja arendatud. AutoCad sobib ka 3D mudelite loomiseks juhul kui toodet ei ole vaja suures ulatuses ümber muuta, kuna sellisel juhul läheb paigast jooniste vormistus. Kui on tegemist tootega, millest on suur hulk variatsioone ning mille puhul muutub koos mõõtmetega ka toote korpus on mõistlikum kasutada 3D mudeli loomiseks Autodesk Inventor programmi. Eritellimusmööbli tootmisel esineb sageli seda, et toodete puhul tuleb muuta nende gabariitmõõtmeid või materjali paksust. Mõõtmete muutuse võib põhjustada näiteks ruumi mõõtmete muutus ning materjali paksus võib muutuda näiteks erineva pealistasmaterjali tõttu. Selliste toodete kavandamiseks sobib paremini Autodesk Inventor programm, kuna see võimaldab luua parameetrilisi mudeleid, mille kuju on võimalik teatud piirides ümber muuta. Parameetriliste mudelite kasutamise edukus sõltub konstruktori oskustest ja nutikusest ning seejuures tuleb olla ka intuitiivne, et eeldada millised parameetrid võivad projekti juures muutuma hakata.

1. Mööblikavandaja töö eritellimusmööbli tootmisel

Konstruktori töö eritellimusmööbli tootmisel sisaldab palju erinevaid ülesandeid. Konstruktori ülesandeks on mõelda läbi kõik toote tootmiseks vajalikud tehnilised etapid, nii, et need läbitaks võimalikult efektiivselt. Oluline on ka toote vastupidavus ja reaalne kasutatavus. Sageli on toote algne eskiis sisearhitekti poolt loodud, kuid konstruktorid mõtlevad ka ise uusi tooteid välja. Arhitekti pakutud esialgne lahendus võib küll huvitav olla kuid tihti tuleb välja, et seal kasutatud sõlmed või lahendused ei pruugi kuigi hästi toimida, või on ebamõistlikult kallid toota. Konstruktori töö on luua arhitekti jooniste baasil tootest 3D mudel ning selle abil toote tööjoonised ja tükitabel. Olenevalt tellija soovist valmistatakse toodetest ka näidiseid või näiteks 3D mudeleid, mis kliendile saadetakse. Kui piirdatakse 3D mudeliga, peab see olema detailsemalt tehtud ja esinduslik välja nägema. Tootest tehakse sellisel juhul arvuti abil pilte ehk renderdusi. Heaks võimaluseks toote esitlemiseks on ka näiteks Autodesk Design Review formaat, mis võimaldab vaadata 3D mudeleid, lisada detailidele mõõtmeid ning võtta toodet osadeks lahti. Samas tuleb tootjal arvestada, et sellised 3D mudelid on väga detailsed ning nende abil on võimalik toodet kopeerida ning toota. Eritellimusmööbli tootmisel on levinum reaalsete näidiste tootmine ning paigaldus. Sageli sisustatakse mööbliga näidistuba, mida esitletakse tellijale. Näidistoaast saadud tagasiside põhjal kavandatakse ka hoone ülejäänud seeriatooted. Konstruktoritel on võimalus näidistoaas katsetada uusi tehnoloogilisi lahendusi. Samas on konstruktori ülesandeks ka ülejäänud toodete kavandamine ning sageli peavad lisaks näidistoa toodetele olema kavandatud ka ülejäänud tooted, mis projektis sisalduvad. Kui näidistoaas selgub, et konstruktori poolt välja pakutud lahendus ei sobinud, või sooviti selle asemel midagi muud, tuleb konstruktoril muuta ka neid tooteid, mis olid kavandatud näidistoa baasil.

2. Reaalne projekt

Reaalse projekti korral saavad kokku paljudes eri valdkondades töötavad inimesed, kellel on igapäev oma roll projekti edukas täideviimises. Konstruktoril on erinevaid ülesandeid, millega ta mööbli kavandamise juures tegelema peab võrdlemisi palju. Reaalse projekti puhul on erinevaid muutujaid, millega peab arvestama rohkelt ning tihti tehakse plaanidesse ka muudatusi objektilt saadud info põhjal.

Mööbli tootmisega tegelevad ettevõtted ei tegele ehitamisega ning on olemas reeglid, milliseid töid nad tohivad või ei tohi teha. Ehitajatel on projektis oma roll kanda ning nemad saavad oma ülesandeid mujalt. Nii mööblitootjad kui ka ehitajad saavad ülesandeid arhitektidelt ning arhitektid omakorda tellijalt. Uute majade ehitamise korral on töö käik mõnevõrra sujuvam, kuna kõiki selle etappe saab koordineerida ning informatsioon on paremini ligipääsetav. Samas tehakse aga plaanidesse pidevalt muudatusi ning seejuures on oluline teada millised on parasjagu kehtivad joonised. Tänapäeval kantakse ehitusinfot ka objektilt joonistele võrdlemisi kiiresti, seetõttu on oluline teada, millist infot ehitaja objektile veel avastas. Kui näiteks selgub, et ruumis kuhu oli tellitud mööblit seisab sellel kohal sein ees, tuleb hakata välja selgitama mis saab edasi. Kui otsustatakse sein maha võtta, tegeleb sellega ehitaja ning seejärel saab mööblitootja jätkata esialgse plaani alusel. Kui sein jääb alles, tuleb ümber mõelda mööbli konstruktsioon. Samas tähendab see konstruktorite jaoks ilmselt seda, et terve selle toa sisustus tuleb ümber mõelda ning arvatavasti muutuvad ka tooted, mis sinna paigaldatakse. Reaalse projekti puhul on aga selles tooteid enamasti mitu ning parimal juhul saab kombineerida selle toa sisustuse juba kavandatud toodetest. Kui nende seas sobivaid ei leidu on võimalik luua variatsioone olemasolevatest toodetest ning sobitada neid ruumi mõõtudega. Kui ka olemasolevate toodete variatsioonid ei sobi, tuleb sinna tupsu kavandada uued tooted millede puhul tuleb hoida ühtset disaini joont projekti ülejäänud toodetega. Konstruktori ja tootmisosakonna jaoks on oluline võimalikult palju ühtlustada projektis kasutatavaid materjale ning ka toodete konstruktsioone, et ei tekiks liigset materjali raiskamist ning lisaks ka selle jaoks, et mitte ajada toodet otstarbetult keeruliseks. Mööblis leidub palju ka allhanke detaile, mis võivad olla näiteks metallist, klaasist, kivist või puidust. Allhanke kaudu valmistatavate detailide korral on samuti mõistlik võimalikult palju ühtlustada, ning kui võimalik siis kasutada samu detaile

korduvalt erinevates toodetes. Selline lähenemine aitab ühtlustada ka toodete disaini. Allhanke kaudu tellitavate detailide puhul on oluline ka nende tarneaeg ning tihti tuleb eritööna valmistatavad vidinad varem ära tellida, et nad õigeaks ajaks kohale jõuaks. Metallist detailide korral maksab palju pinkide häälestamine ning ühe detaili tootmine võib minna sama kulukaks kui saja detaili tellimine.

Lisaks allhanke detailidele on mööblis ka elektriseadmeid, elektripistikuid, valgusteid, lüliteid, mille komplekteerimine on samuti konstruktori ülesanne. Elektripistikuid paigaldatakse sageli mööbli sisse, et neid oleks mugavam kasutada ning lisaks ka seetõttu, et niimoodi tuleb terviklahendus odavam, kuna ehitajad ei tohi teha elektritöid. Objektile paigaldatakse elektrike poolt juhtmetele kiirliited ning samuti paigaldatakse tehases mööblitootja poolt kiirliited. Paigaldaja ülesandeks jääb siis objektile need kiirliited ühendada. Kuna valdkond on keerukas, tuleb konstruktoril lisaks toote tööjoonistele vormistada ka eraldi elektri skeem, mis saadetakse arhitektile. Elektriskeemi koostamine aitab ka komplekteerimisel ning sellele märgitakse komplektis sisalduvad detailid.

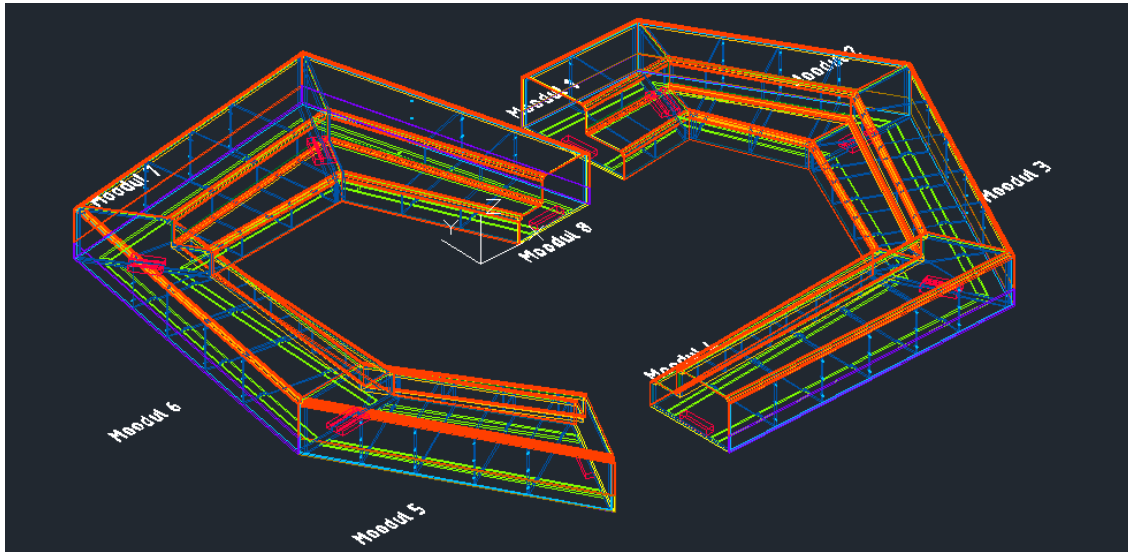
Konstruktor töötab reaalse projekti korral koos projektijuhiga, kes omakorda suhtleb arhitektide ja tellijaga. Projektiga kaasnevad ka arhitekti poolt kavandatud mööbli joonised, mille põhjal konstruktor reaalseid tooteid kavandama hakkab. Kui on valmis toote esialgne kavand, saadetakse see arhitektile kooskõlastamiseks ning kui arhitekt jääb toote disaini ja konstruktsiooniga rahule saab konstruktor alustada tööjooniste vormistamist. Kui toode on lõpuni kavandatud ja projektijuht oma nõusoleku andnud liigub toode edasi tootmisse.

Uute hoonete sisustamine on mõnevõrra lihtsam kui vanade renoveerimine ka seetõttu, et on paremini teada, milliste jooniste abil töö parasjagu käib. Vanade hoonete renoveerimisel tuleb ette olukordi, kus joonised ja objekt ei lähe kokku ning tuleb hakata välja selgitama, milliste jooniste järgi see maja on valmis ehitatud ning millised erinevused on jooniste ja reaalse objekti vahel. Vanade hoonete puhul muudab asja keerulisemaks ka see, et tihti on seal iga tuba isemoodi ning eri mõõtmetega. Projektijuhi ülesandeks on suhelda tellija, arhitektide ning ehitajatega ja koordineerida nende vahelist info liikumist. Lisaks aitab ta konstruktoril orienteeruda projekti jooniste komplektis. Ehitusjoonised on tihti kohalikus keeles ning sama lugu on ka arhitekti joonistega. Konstruktori jaoks on väga oluline tehniliste jooniste lugemise oskus, mille põhjal saab

lugeja ettekujutuse sellest, mida arhitekt või ehitaja on parajasti mõelnud ning kui see ettekujutus on olemas, tuleb välja selgitada, kas see ka reaalse olukorraga kokku langeb ning selles ülesandes abistab teda projektijuht.

3. 3D mudeli loomine

3D mudeli loomine on tänapäevases mööblitööstuses konstruktori tööülesannete hulgas olulisel kohal. Mudeli loomise käigus mõtleb konstruktor läbi enda jaoks toote tehnilise konstruktsiooni, kasutatavad materjalid ja viimistlused ning mudeli loomise käigus on võimalik välja arvestada ka kasutatava materjali kulu. Kui materjali kättesaadavusega võib olla probleeme, siis on võimalik mudeli loomise varajases faasis tellida materjalid ligikaudsete kogustega, hiljem kui mudel on valmis, saab materjalide kulu juba täpsemalt välja arvestada. Olenevalt ettevõttes kasutusel olevast tehnoloogiast võib konstruktori tööülesannete hulka kuuluda ka plaatmaterjalide lahtilõikuskaartide koostamine ja optimeerimine vastava tarkvara abil. Lahtilõikuskaardid edastatakse hiljem tehases formaatsaagpinki, kus toimub plaatmaterjalide lahtilõikus. Keerukamad formaatsaapingid on varustatud ka keerukamate programmidega ning kasutajaliidesega, mis pakub operaatorile rohkem seadistusvõimalusi. Sellisel juhul on formaatsaag võimeline ise koostama lahtilõikuskaarte ning operaatori ülesandeks jääb nende optimeerimine ja kontroll. Kuna sellist tüüpi pink on varustatud just selleks ülesandeks mõeldud tarkvaraga, on võimalik arvutada plaatmaterjali kulu ka simulatsiooni kaudu, see tähendab kasutades selleks sae arvutit. Kui materjalide tellimisel on kasutusel suuremad varutegurid on võimalik nende kulu arvestada ka ilma 3D mudelit loomata, sellisel juhul kasutatakse arhitekti jooniseid ning arvutatakse nende kaudu ligikaudsed vajalikud kogused. Kui materjalide puhul on tegemist mitmes projektis kasutusel olevate materjalidega, siis võib neid tellida suurema varuteguriga, kuna need leiavad rakendust ja ei jää lattu seisma. Kui tegemist on levinumate plaatmaterjalidega, millede põhjal on alust arvata, et neid läheb tulevikus nii või naa vaja, võib samuti tellida neid suurema varuteguriga ette. Kui materjali tüüp on pika tarneajaga, tellitakse need varem ette ka juhul kui täpsed kogused pole teada.

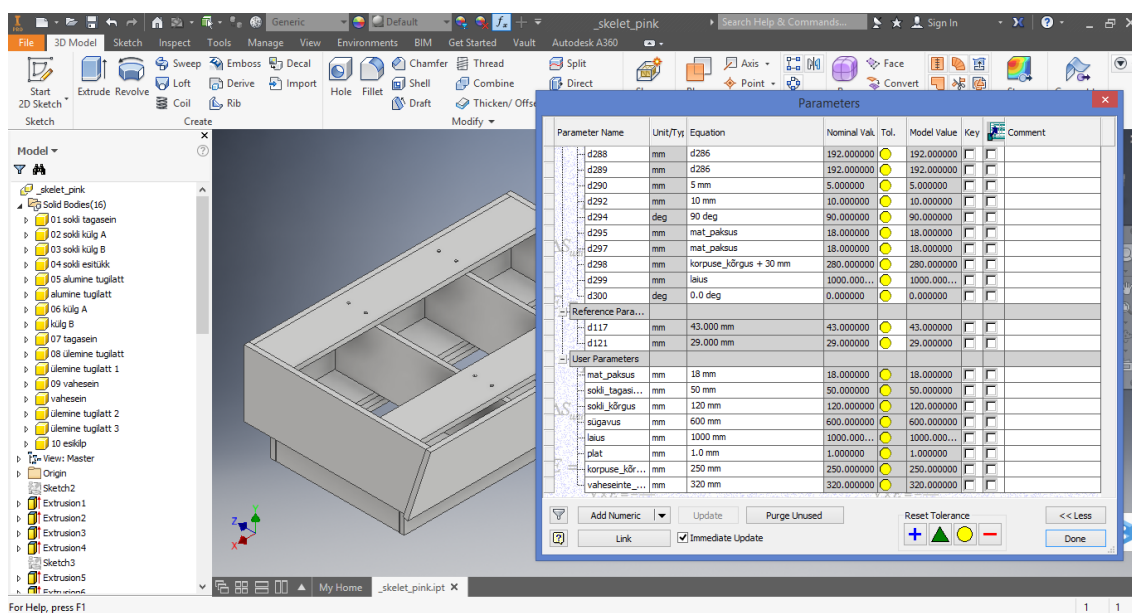


Joonis 1 AutoCad programmis loodud 3D mudel

3D mudeli keerukuse aste sõltub mitmetest erinevatest aspektidest, nendest olulisemateks võivad olla näiteks: projekti ja selles sisalduvate toodete keerukuse aste, toote partii suurus, mudeli kohandatavus tulevasteks variatsioonideks, kliendi soovid, kasutatava masinapargi pakutud võimalused.

Projekti ja selles sisalduvate toodete keerukuse aste erineb eritellimusmööbli tootmise juures üsna suurel määral ja sõltub valdkonnast, kuhu parasjagu mööblit toodetakse. Tihti leidub projektides tooteid, mida toodetakse suurema partiina ja mis on sarnase konstruktsiooni või disaini elementidega, seda esineb suuremate hoonete korral, kus on samu tooteid paljudel korrustel. Kui tegemist on eraldi asetseva mööbliesemega, mis ei ole nii tundlik ruumide üldmõõtude mõningase erinevuse suhtes, on võimalik sama toodet kasutada paljudes ruumides ja korrustel ilma variatsioonideta. Kui mööbel on sisse ehitatud, sõltub selle konstruktsioon ruumi mõõtudest ja muutub olulisel määral keerukamaks. Ruumide mõõtude erinevus sõltub konkreetsest hoonest ning projektist. Mõne maja puhul on kõik toad sarnaste mõõtudega ja ei erine kuigi palju kuid mõne maja korral võib iga tuba olla isemoodi, seda esineb rohkem vanemate hoonete korral. Ruumide erinevus võib tuleneda ka projektist endast, näiteks juhul kui arhitekt on seda soovinud. Sisse ehitatava mööbli korral määrab selle disain ja otstarve ära selle, milliseid põhilisi mõõte on konstruktoril vaja teada toote kavandamise käigus. Kui on tegemist näiteks seinaniši sisse ehitatava kapiga, on konstruktoril vaja teada niši laiust, sügavust ja kõrgust, samuti seda, kas selle niši seinad on üksteise suhtes 90° või sellest vähe erineva

nurga all. Kui niši mõõdud erinevad üksteisest olulisel määral, hakkab nendega koos muutuma ka kapi sisemise osa konstruktsioon ning sellisel juhul on konstruktoril vaja kavandada ja komplekteerida iga niši jaoks eraldi kapp, mis teeb tootmise oluliselt kallimaks ja keerukamaks. Sellisel juhul muudab kavandamise hõlpsamaks tarkvara, mis võimaldab luua parameetriselt muudetavaid 3D mudeleid, näiteks Autodesk Inventor. Parameetriseliste mudelite juures on võimalik kavandada valmis põhimudel ning siis hiljem muuta selle mõõtmed konkreetsetesse oludesse sobivaks. Samas on konstruktoril vaja



Joonis 2 Autodesk Inventor programmis loodud 3D mudel

arvestada muude piiravate asjaoludega, mis hakkavad rolli mängima. Piiravateks asjaoludeks võib saada näiteks sahtlisiinide pikkus, mis muutub etteantud sammuga vastavalt tootja kataloogile ning väga lühikesi või pikkasid siine ei toodeta, kuna neid ei kasutata. Oluliseks mõjutajaks võib saada ka asjaolu, et kuigi mudelit on võimalik sobivaks kohandada, on sellise tootmise korral iga niši kapp ikkagi eraldi toode ja sellele tuleb eraldi luua ka nimetus, dokumentatsioon, tööjoonised, detailide spetsifikatsioon. Sellisel juhul on tegemist küllaltki kuluka ja aeganõudva protsessiga nii tootja kui tellija jaoks, samuti tähendab see seda, et selles hoones on vajalik siis ka iga tuba eraldi mõõta.

3D mudeli puhul mõjutab selle keerukust ka tootmise tehnoloogia, mida selle detailide tootmiseks kasutatakse. Juhul kui detail ostetakse sisse allhanke kaudu pole teatud juhtudel konstruktoril vaja näidata konkreetseid sõlmi ning allhanke teostaja otsustab ise kuidas ta need sõlmed ühendab. Seejuures on konstruktoril ikkagi vaja enne läbi

mõelda, kas ja millisest saadaolevast materjalist neid detaile on võimalik valmistada. Oluliseks mõjutajaks võib olla näiteks saadaolevate teras- või alumiiniumprofiilide ristlõige. Kui detailidele on erinõuded eriti just välimuse osas, tuleb konstruktoril märkida need joonistele, näiteks harjatud metalldetailide korral harjamise suund. Keerulise geomeetriaga detailide korral võib allhanke teostaja soovida ka 3D mudelit, et selle abil neid detaile toota. Mõningal juhul võib ka klient soovida 3D mudelit, näiteks juhul kui tegemist on nõudlikuma kliendiga, või tahetakse tutvuda tootega paremini, samas pole plaanis sellest näidise valmistamise tellimist.

4. Tööjooniste vormistamine

4.1 Tööjooniste vormistamine joonestusprogrammiga AutoCad

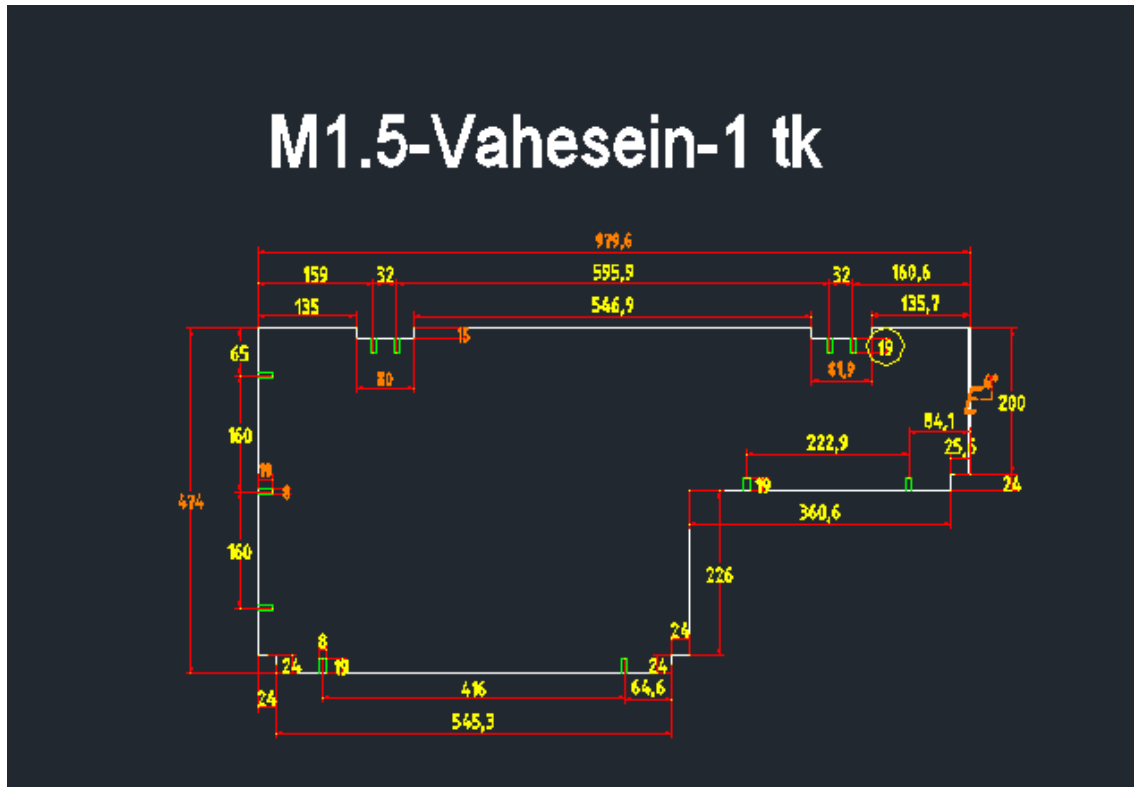
AutoCad programmi kasutamine mööblitööstuses on laialt levinud ning seda on kasutatud juba pikka aega. AutoCad on paljudele tuttav oma 2D joonestusvahendite osa poolest. 2D joonestamine on AutoCadi programmi tugevam külg ning selle kasutusvõimalused on läbi mõeldud ja hästi välja töötatud. Samas on kasutajal vaja teada tehnilise joonestamise üldpõhimõtteid ning need kehtivad ka 3D mudelitest kahemõõtmeliste jooniste loomise puhul. Tööjooniste vormistamiseks on olemas mitmeid erinevaid võimalusi. Olenevalt



Joonis 3 Detailide pinnalaotus AutoCad programmis

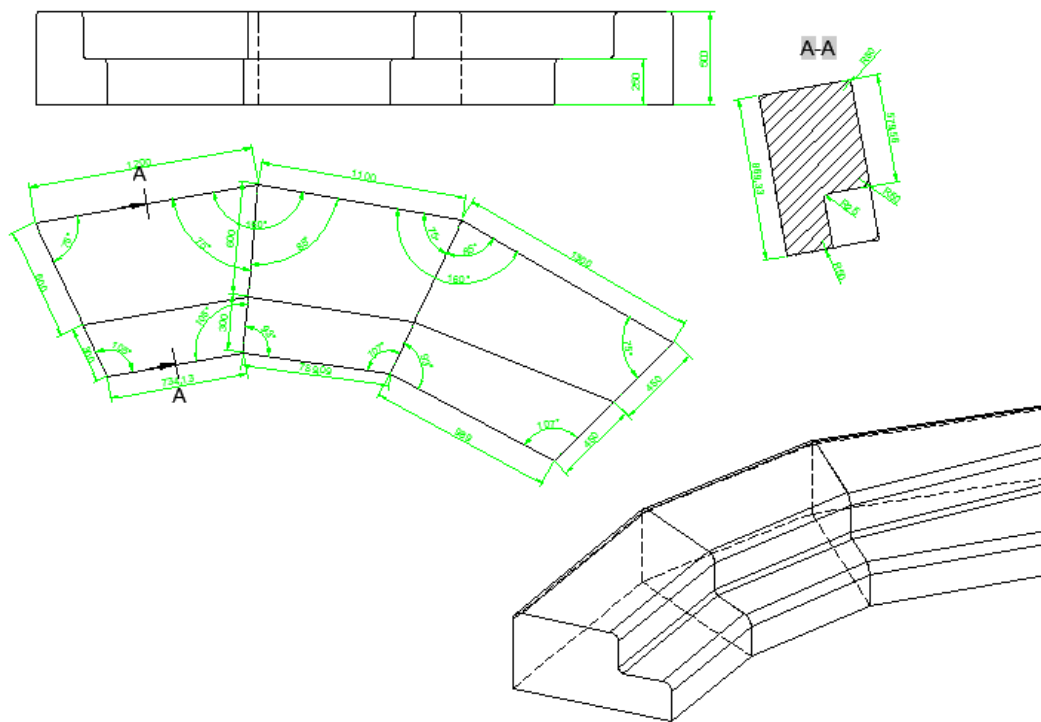
ettevõttest erinevad ka kokkuleppelised reeglid jooniste vormistamiseks. Mõnedes ettevõtetes ei kasutata kirjanurka ning vormistatakse joonised otse AutoCadi faili detailide layout ehk pinnalaotus. Kui on kasutusel kirjanurk jooniste vormistamiseks, on kasutusel kaks põhilist varianti, esimese puhul vormistatakse ühele lehele nii palju detaile kui sinna on mõistlik paigutada, et kasutada ära lehe pinda maksimaalselt ning seejuures oleks joonised loetavad. Teisel juhul paigutatakse ühele leheküljele üks detail, sellisel juhul on võimalik kasutada laiendatud kirjanurka, kuhu saab märkida ka detaili gabariitmõõtmed, kasutatava materjali tüübi, selle pealustusmaterjali ja viimistluse. Ühe detaili vormistamine ühele lehele on paremini hoomatav, samas tekitab see projekti suure lehekülgede arvu ning mingi detaili leidmiseks on vaja suur pakk lehti läbi lapata. Üks detail ühel lehel on parem ka juhul kui tootmisest tuleb tagasisidet ning jooniseid on vaja täiendada kommentaaride või käsitsi välja joonistatud sõlmedega.

Juhul kui detailid vormistatakse otse AutoCadi faili tuleb konstruktoril moodustada detailide pinnalaotus. Sellist meetodit kasutatakse näiteks juhul kui ettevõtte toodab enamuse detaile CNC pingis, arvuti poolt juhivas puurpingis või tüübliautomaadis.



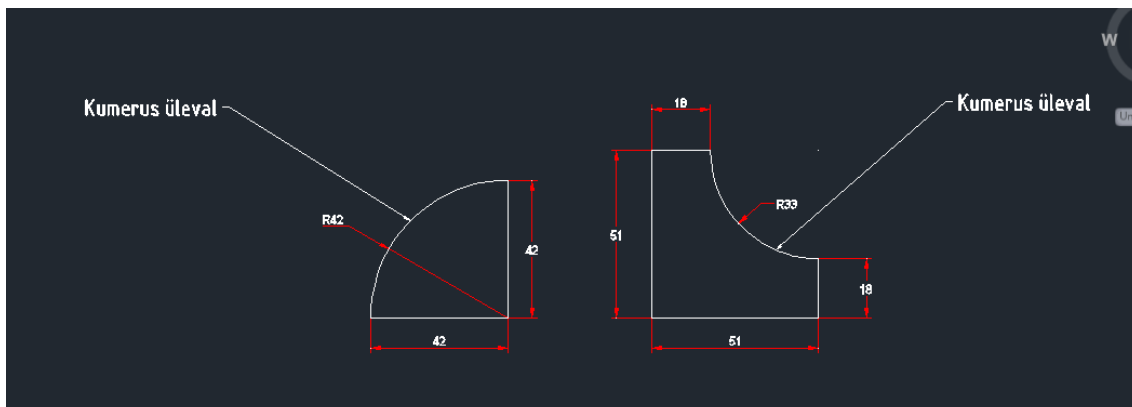
Joonis 4 Detaili vormistamine AutoCad faili

Eelduseks on võimalus süüta masinasse arvuti abil digitaalne programm, seejuures on aga vajalik ka CAD/CAM ehk computer aided manufacturing tarkvara olemasolu, et luua CNC masina juhtkoode ning samuti on vaja töötajat, kes oskaks seda kasutada. Ettevõttes, kus detailid vormistatakse otse AutoCadi faili on mõistlik tööjaotus selline, mille korral üks või mitu välja koolitatud töötajat tegeleb CAM programmide loomisega masinate jaoks ning konstruktorid tegelevad detailide pinnalaotuste vormistamisega. Konstruktorite ülesandeks on ka toodete jagamine detailideks ning nende detailide süstematiseerimine, nimetamine ja nummerdamine, samuti tuleb detailideks jaotada toodetes sisalduvad koostud. Erikujuliste detailide korral on lisaks vaja joonistada neile ümber nelinurksed kastid, mis on mõõdetmetelt detailidest mõni millimeeter suuremad, niimoodi saab need detailid lisada lahtilõikuskaardile ning saab arvutada materjali kulu.



Joonis 5 Ümardatud servadega istumisalus

Pinnalaotuste moodustamisel on konstruktoril vaja teada detailide geomeetriat ning selle projekteerimisel tekkivaid moonutusi. Oluline on esitada seda geomeetriat võimalikult lihtsalt ja arusaadavalt. Üheks näiteks olukorrast, kus projektsioonil tekib moonutus on ümardatud serva lõikamine nurga all. Sellisel juhul tekib detaili otspinna ristlõikele mitte enam ringjoon vaid ellips. Väikeste raadiuste korral võib selle moonutuse lugeda tühiseks, aga suuremate raadiuste korral hakkab see juba rolli mängima. Tootes, kus



Joonis 6 Kumera serva tooriku ristlõige

esineb suure ümarusraadiusega detaile tuleb konstruktoril seega olla tähelepanelik ning võtta seda arvesse. Üheks lahenduseks on teha toorik, mille ristlõike üks serv on

raadiusega ning teised kaks sirged ja omavahel 90° nurga all. Tootes, mille pinnad on nurga all saab sellist toorikut siis läbi lõigata ning servad lähevad omavahel ilusti kokku.

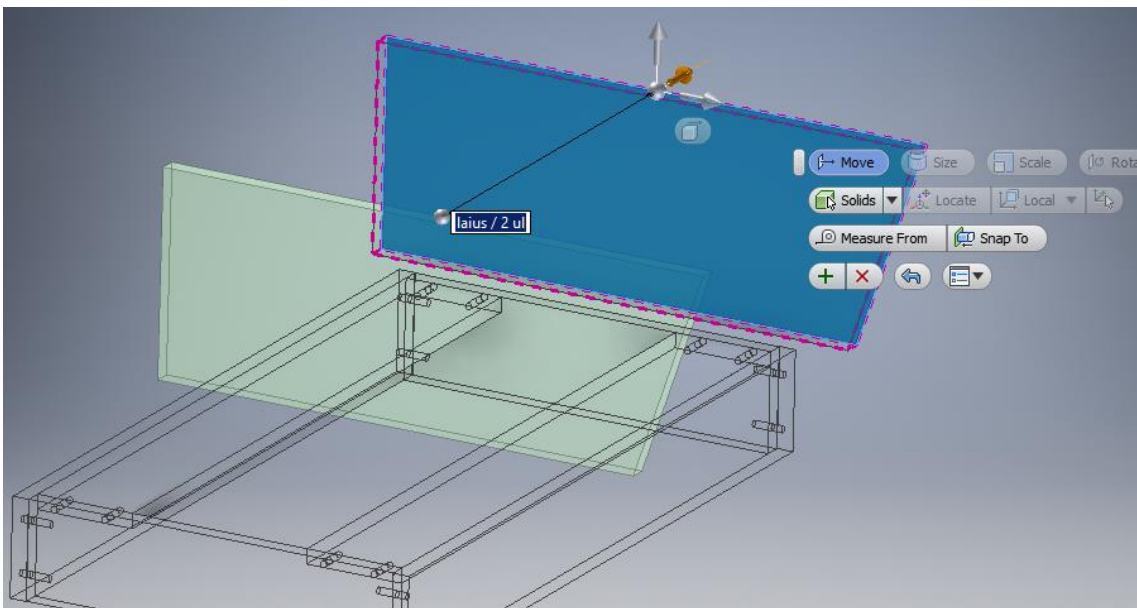
Detailide pinnalaotuste vormistamisel on üheks võimaluseks tasapinnalise kujutise tekitamiseks AutoCadi käsklus Flatshot, mis projitseerib mudelis leiduvad 3D kehad kahemõõtmelisteks ja tasapinnalisteks joonteks. Antud käsklus on oluline, kuna see loob joontest ka AutoCadi bloki, mis hoiab jooned liikumatuna paigal. Lisaks on kasutajal võimalik skaleerida tekitatud kujutist ka suuremaks või väiksemaks kuid seejuures on oluline silmas pidada mõõtkava ning detailide tegelikke mõõte. Käsklus Flatshot on mugav ka seetõttu, et hoiab jooned ühes tasapinnas. Joonestamisel on konstruktoril oluline jälgida, et jooned oleks ühes tasapinnas, vastasel juhul tekib olukord, kus detaili projektsiooni otspunktid võivad küll kokku langeda, aga tegelikult on mõni joone otspunkt ülejäänud tasapinnast kas kõrgemal või madalamal. Sellisel juhul arvestatakse nende joonte pikkusi valesti ning lisaks ei teki suletud kontuuri. CNC programmide koostamisel on oluline, et detaili projektsioonid oleksid suletud kontuurid ning ühes tasapinnas, vastasel korral ei suuda CAM tarkvara tekitada CNC pingile tööriistaradasid.

Kirjanurgaga tööjooniste vormistamiseks AutoCadi programmis on kaks levinumat meetodit. Esimene neist on töölehele vaateakna ehk viewport-i loomine, teine meetod on 3D mudeli detailide ehk 3D solid kehade vaadete projitseerimine töölehele. Vaateakna loomise meetod on olnud kauem kasutusel ning on tuttav paljudele, kes on tegelenud AutoCadi 2D joonestamisega. Vaateakna meetodit on mugav kasutada näiteks juhul kui AutoCadi on suureformaadiline tasapinnaline kujutis, näiteks A1 formaadis korruseplaan. Vaateakna kaudu saab näidata mingit osa sellest näiteks A3 või A4 formaadis lehel ning lisada kirjanurk, seejuures on oluline silmas pidada lähtejoonise mõõtkava. Vaateakna meetodi puuduseks on see, et vaateakna mõõtkava on üsna lihtne paigast ära keerata. Konstruktoril on oluline jälgida, et lehe kirjanurgas olev mõõtkava ühtiks AutoCadi mudeliruumis olevate jooniste mõõtkavaga. Vaateaknaid saab muuta siis kui AutoCadi nupuribal on sisse lülitatud MODEL ruum ning kui on sisse lülitatud PAPER ruum saab muuta aktiivset töölehte. Jooniste mõõtmestamisel on oluline jälgida, kas parasjagu on aktiivne mudeli ruum või paberi ruum, kui seda ei jälgita, võib programm arvestada pikkusi valesti.

3D kehade projitseerimisel töölehele määratakse nende baasvaate mõõtkava selle sissetoomisel töölehele ning baasvaatelt projitseeritud vaated on sama mõõtkavaga. Selle meetodi eeliseks on võimalus paigutada lehele erineva mõõtkavaga detaile ning seda võib kasutada näiteks juhul kui tootes esineb lihtsa geomeetriaga, aga suurte mõõtmetega detaile koos väiksemate mõõtmetega keerulisemate detailidega. Antud meetodi puuduseks on see, et kui muuta 3D mudelit lähevad detailidele pandud mõõtmed paigast ära. Lisaks kustutavad teatud tüüpi muudatused vormistatud 3D kehade vaated töölehelt. Seda juhtub näiteks siis kui liita kokku kaks 3D solid keha, siis tulemuseks on kolmas 3D solid keha, mida programm enam ära ei tunne ning selle detaili vaated on vaja uuesti vormistada. Kui mudeli geomeetrias tehakse suuremaid muudatusi ning paljude detailide vormistus läheb paigast ära, on mõistlikum kopeerida 3D geomeetria uude tühja faili ning alustada detailide vaadete vormistamist algusest peale. Kui mudelis muudetakse näiteks materjali paksust, siis selle tulemusena ei lähe enam kokku detailide kinnitusfurnituur, näiteks tõmmitsad või tüüblid. Sellisel juhul on kõige mõistlikum joonistada uuesti välja toode algusest peale 3D solid kehadena ning lisada sellele siis uuesti kinnitusfurnituur, et see toimiks korrektselt.

4.2 Tööjooniste vormistamine programmiga Autodesk Inventor

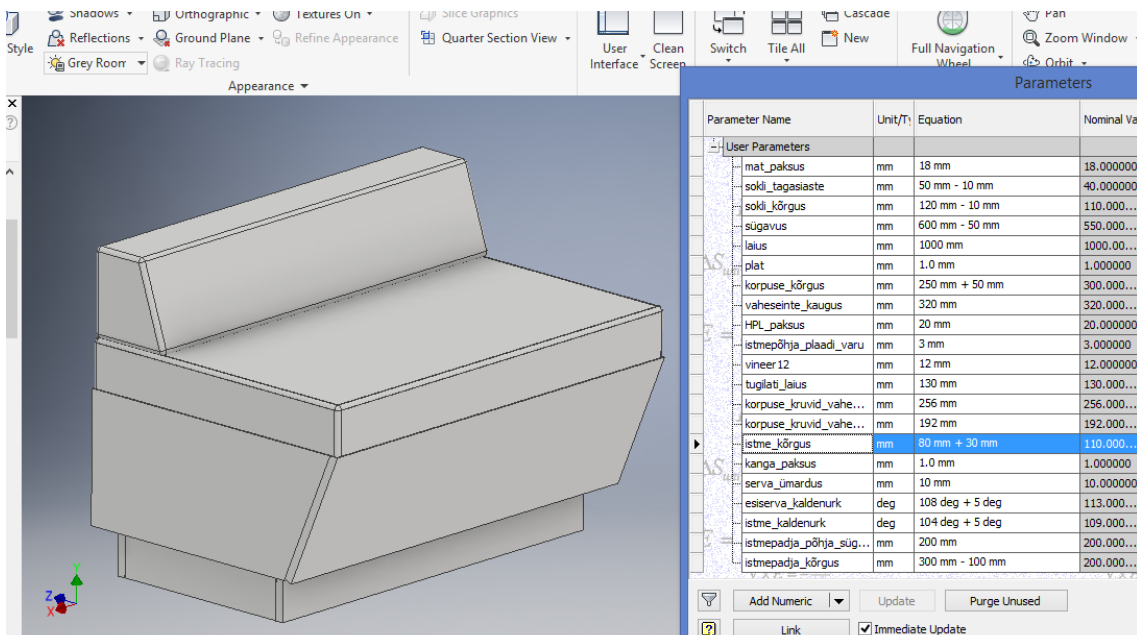
Inventor on oma olemuselt kasutajasõbralikum ja intuitiivsem programm kui AutoCad. Inventori tugevaks küljeks võib lugeda 3D joonestamise vahendeid ning võimalust mudeleid ümber muuta nii, et jooniste vormistus ning detailide vahelised seosed säilivad. Lisaks pakub Inventor võimalust luua parameetrilisi mudeleid mida on võimalik kasutaja soovide järgi ümber muuta. Samas eeldab Inventori programmi kasutamine rohkem eelteadmisi programmi toimimise loogika ja selle ülesehituse kohta.



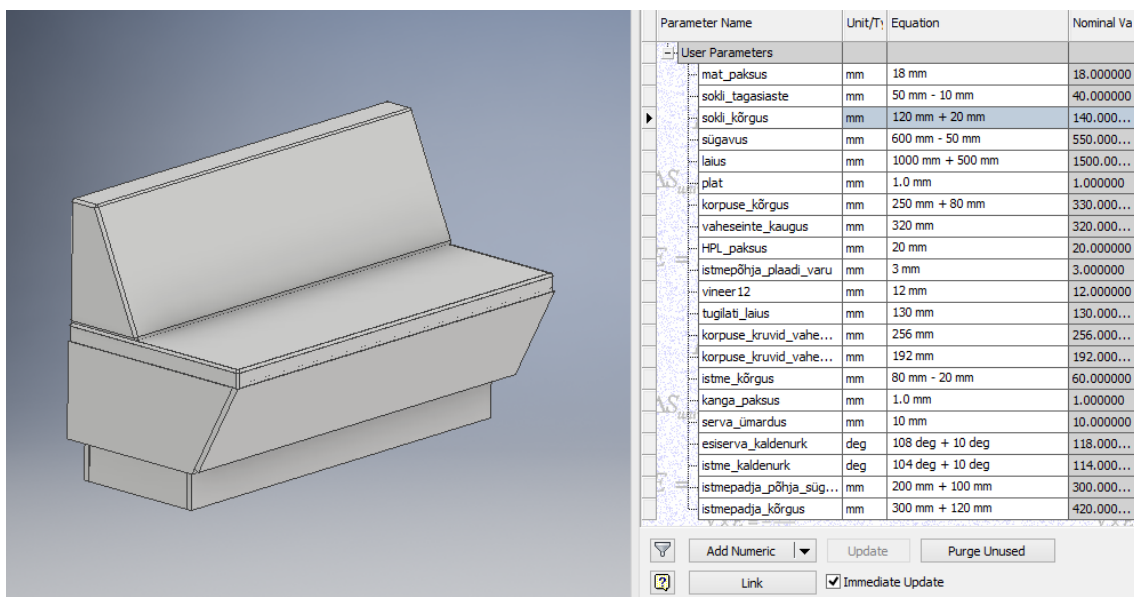
Joonis 7 3D mudeli loomine Inventor programmis

AutoCadi failide puhul on tavaline, et joonis ja mudel asuvad samas failis ning tihtipeale käibki kogu töö ühes failis, kuigi keerukamate või suuremahuliste jooniste korral on võimalik ka tuua sisse elemente teistest välistest AutoCad-i failidest. Inventori loogika on üles ehitatud koostude ehk assembly –te loomisele ning koostud koosnevad omakorda detailidest ehk part failidest. Ühe koostu põhikomponendid asuvad samas kaustas assembly failiga ning mitmetes toodetes kasutatavaid korduvaid detaile saab hoida välistes kaustades. Inventor võimaldab kasutada sama detaili korduvalt mitmetes erinevates toodetes ning lisaks ka luua komponente, mille omadusi on võimalik etteantud väärtuste hulgast valida. Näiteks võib luua kruvi komponendi faili, millesse on sisestatud andmetabel olemasolevate kruvi jämeduste ja pikkuste kombinatsioonidega ning lisaks nende katalooginumbritega. Kui kasutaja toob nüüd selle komponendi oma koostu sisse, küsib programm, millise jämeduse ja pikkusega kruvi on vaja ning valida saab ainult selliseid kruve, mida kataloogis olemas on. Eritüübilise detailina on Inventoris kasutusel

veel nn skeleton tehnoloogia, mis võimaldab kasutajal ehitada terve koostu üles ühe komponendina ning hiljem luua sellest eraldi komponendid. Skeleton faili kasutamisel on oluline see, et see seob detailid omavahel kokku ning võimaldab muuta koostus sisalduvaid detaile korraga ühest kohast. Kui luua detailid eraldi, siis tuleb nendest koostu valmistamiseks komponendid ükshaaval sisse tuua ning luua nende vahele seosed, lisaks on sellisel juhul detailid eraldi ega ole seotud parameetrite kaudu. Skeleton faili on võimalik ka sisestada mudeli parameetreid, millele on võimalik kogu toode üles ehitada.

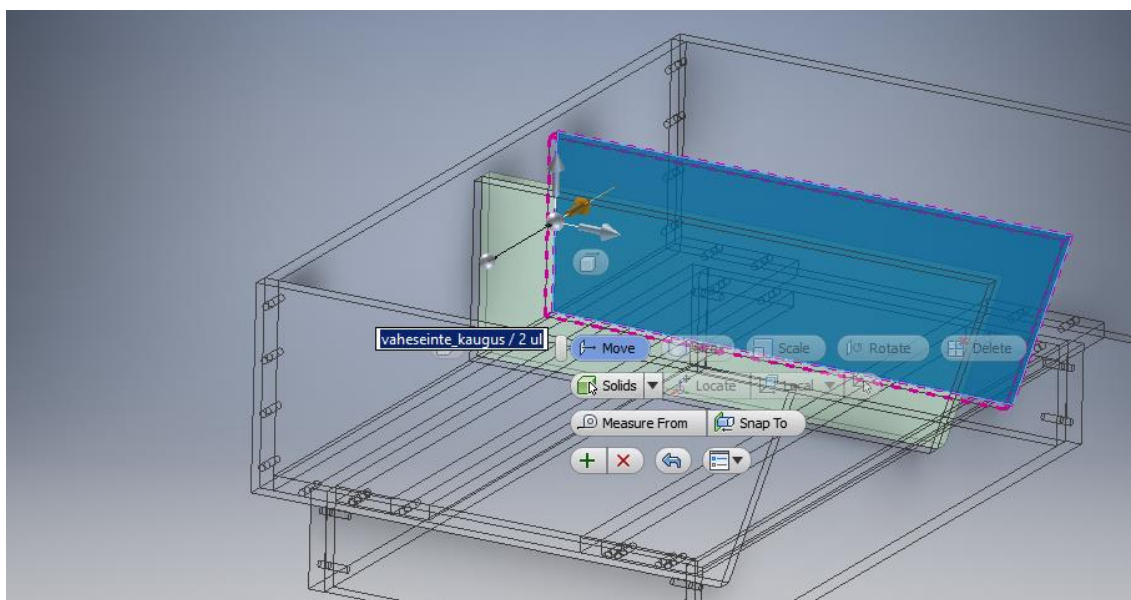


Joonis 8 Mudeli kuju muutmine parameetrite abil



Joonis 9 Mudeli kuju muutmine parameetrite abil

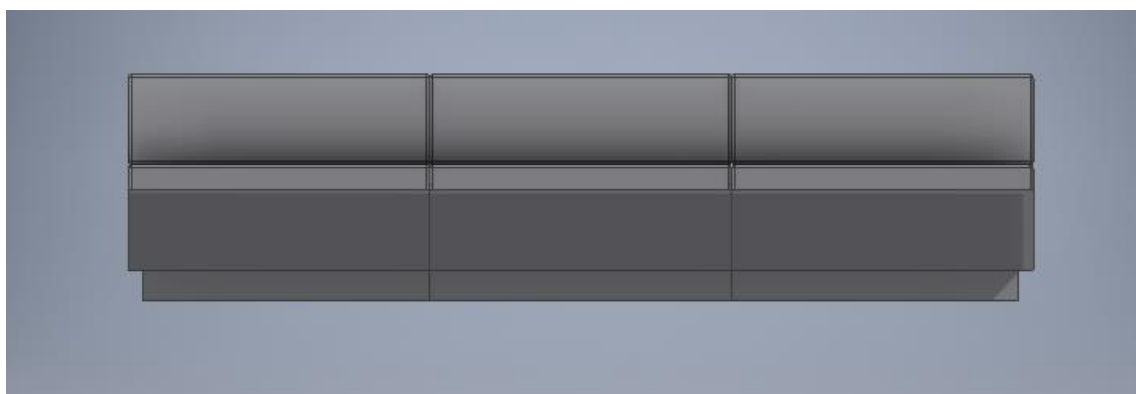
Kui mudel on õigesti üles ehitatud, siis on võimalik parameetrite abil muuta ühe hetkega kogu tootes materjali paksust, toote gabariitmõõtmeid või muid omadusi, mida konstruktor on sinna sisse kirjutanud. Parameetrite kasutamine eeldab kasutajalt nutikust ning nende kasutamise edukus sõltub konstruktori oskustest ja kogemustest. Inventori puhul on koostude loomisel oluline detailide ülesehituse loogika ning järjekord. Kui eemaldada koostust mõni detail, mille pinnale on teised detailid üles ehitatud, siis tekib mudelis konflikt ning programm ei leia enam seoseid kadunud pindadega ning kasutajal on vaja asendada see komponent uuega, või luua seosed allesjäänud detailide ja abitasapindade või telgedega. Seetõttu on konstruktoril vaja ennetada, millised detailid tulevad tootesse ning millised parameetrid võivad muutuda. Inventor võimaldab küll tuua sisse skeleton faili ka uusi parameetreid, mille abil komponente juhtida, aga kui mudel on



Joonis 10 Inventor programmis loodud 3D mudel

juba üles ehitatud hakkavad segama selle komponendid. Seda võib juhtida näiteks kapi puhul, millesse on sisse pandud riulid fikseeritud vahekaugustega, sellisel juhul ei saa muutuda kapi kõrgus väiksemaks kui riulivahede kõrguste korrutis. Antud juhul aitaks see, kui joonistada skeleton faili välja üks riul ning tuua koostu sisse ühe komponendina. Koostus saab seda komponenti kopeerida n korda ja etteantud sammuga. Kui nüüd selgub, et on vaja toote kõrgust vähendada saab vähendada riuli koopiate arvu või vahekaugust ja veateadet ei teki. Hea tava oleks joonistada välja ühesuguseid komponente skeleton faili üks eksemplar ning kopeerida siis koostus nii palju kui vaja. Selline loogika toimib hästi nii kaua kuni tooted on sümmeetrilised. Sellisel juhul joonistatakse näiteks skeleton

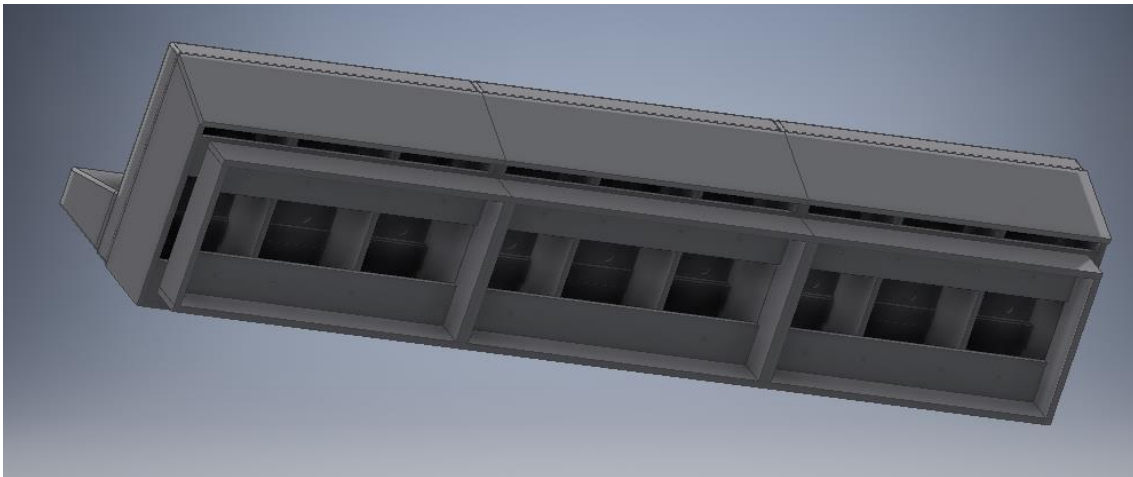
faili välja toote parem külje detail ning vasak külje luuakse koostus selle peegelpildina. Samamoodi vormistatakse jooniste pakki parem külje joonis ning lisatakse juurde märkus, et vasak külje on selle peegelpilt. Kui nüüd toote kavandamise käigus selgub, et parem ja vasak külje muutuvad erinevateks detailideks, siis on vaja luua ka vasaku külje jaoks eraldi joonis ning uus detaili nimetus. Sellist olukorda aitab ennetada see kui luua juba skeleton failis parem ja vasak külje eraldi komponentidena ning vormistada joonis ainult parema külje jaoks. Kui nüüd selgub, et sümmeetria kaob, saab nimetada ümber juba loodud komponendi ning lisada selle joonise toote jooniste komplekti. Nagu juba mainitud eeldab Inventori programmi kasutamine rohkem ette mõtlemist kui AutoCad-i puhul, sest AutoCadi programmis on detailid geomeetriselised objektid kolmemõõtmelises ruumis. Inventoris aga on detailide vahel seosed ja olulise detaili ära kustutamine põhjustab mudelis hulgaliselt probleeme. Probleemide tekkimist aitab vältida see, kui kasutatakse näiteks abitasapindu ja ei ehitata üles liiga palju seoseid detailide külge, millede puhul võib olla alust arvata, et nende konstruktsioon muutub oluliselt või selgub, et neid ei vajata. Keerulisemate toodete puhul on mõistlik jaotada need mooduliteks, mis on eraldi koostud. Mooduliteks jaotamine võimaldab lihtsustada ka toodete komplekteerimist ning juba loodud mooduleid saab kasutada ka teistes toodetes. Inventori programmis on võimalik parameetreid ka eksportida, see tähendab kasutada neid teistes failides. Näiteks võib ühe skeleton faili parameetrid tuua sisse teistesse skeleton failidesse ning juhtida neid peafaili abil. Võimalik on ka projekti üldised parameetrid salvestada eraldi



Joonis 11 Inventor programmis loodud 3d mudel

faili ning kontrollida nende abil kõiki projektis olevaid tooteid. Ühe näitena tootest, mille puhul selline võimalus kasuks tuleb võiks tuua näiteks söögikohtades ja hotelli fuajeedes kasutatavad istepingid. Esmalt tuleks luua pingi üks moodul ning kirjutada sinna sisse

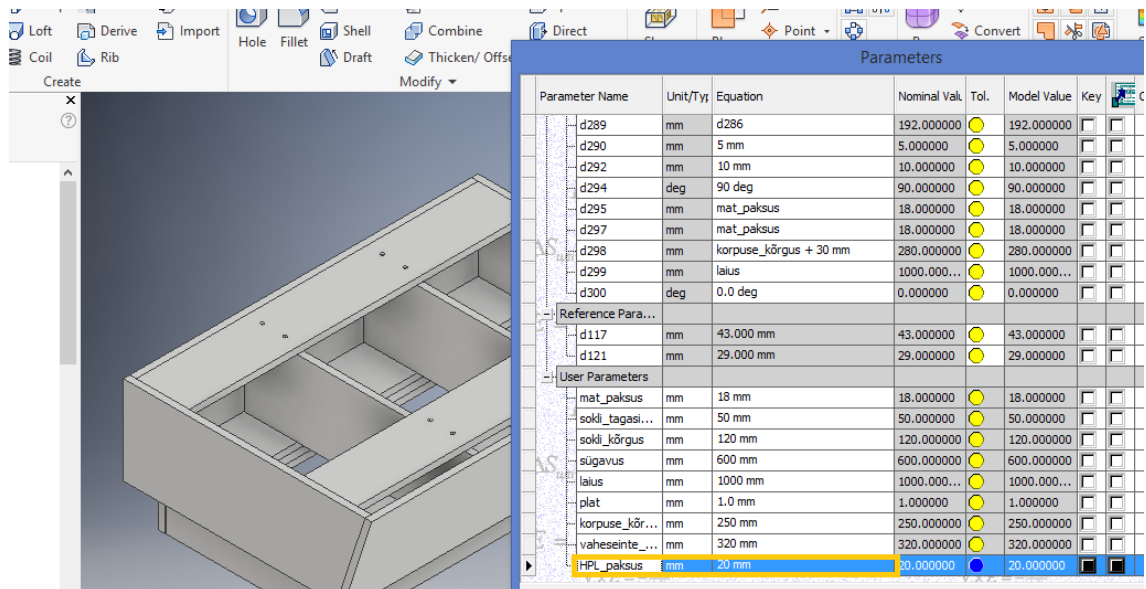
võimalikult palju muutujaid. Seejärel tuleks see osa tootest lõpuni kavandada ning panna selle detailidele külge projektis kasutatavad materjalid. Lisaks tuleks vormistada tööjoonised ning komplekteerida see osa tootest. Detailide spetsifikatsiooni koostamisega pole veel kiiret, kuna selle mooduli detailide mõõdud hakkavad veel muutuma. Kui konstruktoril on teada objektilt pärit mõõde, see tähendab, kui pikka pinki soovitakse, siis jääb üle vaadata arhitekti joonistelt kui mitmest osast see koosnema peab ning seda, kas pink läheb otstest vastu seinale. Kui pink läheb otstest vastu seinale saab konstruktor võtta kasutusele ühe ennem loodud pingi mooduli ning muuta selle laiuse selliseks, et vastav arv mooduleid täidaks ava ära. Kui pink jääb külgedelt nähtavaks, võib kopeerida varem loodud moodulit ning muuta seda nii, et sokli külgmise osa asuks vastavalt küljelt



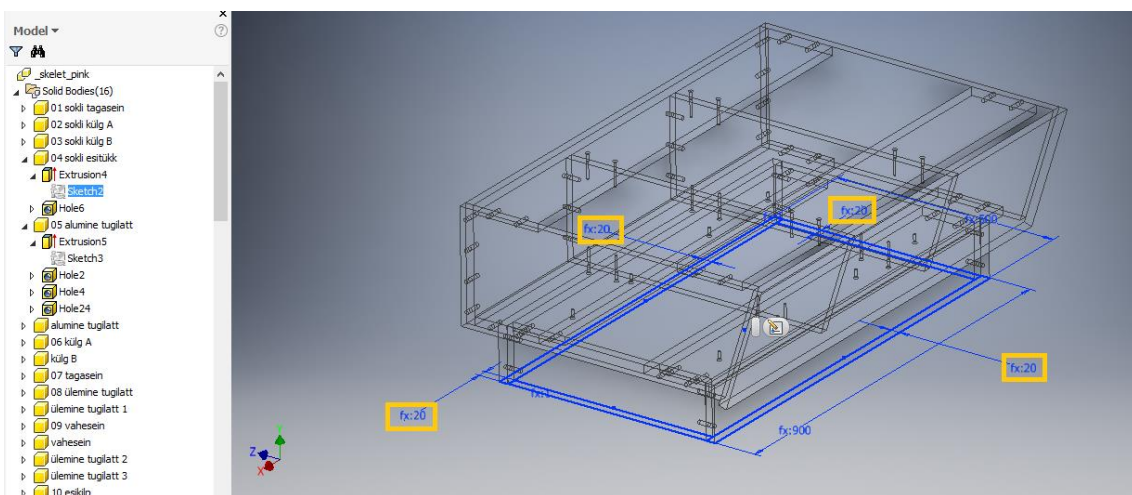
Joonis 12 Moodulitest koosnev toode

seespool ning sokli esipind asuks korpuse esipinnast tagapool. Kasutades sirge osa mooduli juhtparameetreid saaks luua ka nurga mooduli, mille korpuse mõõtmeid kontrollib sirge osa moodul. Inventori eeliseks on ka see, et erinevalt AutoCad-ist suudab Inventor säilitada jooniste vormistust ning detailidega seotud mõõtmed ja mõõduketid muutuvad kaasa koos detailidega. Seetõttu on võimalik teatud piirides selliseid mooduleid ka muuta ning seejärel salvestada ühe hetkega kogu mooduli tööjooniste komplekti. Piiravaks saab siinkohal toote enda konstruktsioon, näiteks kui muuta seda oluliselt laiemaks on sinna sisse vaja lisada ka vaheseinu, et tagada vajalik jäikus. Kuna Inventori koostus on kõik detailid omavahel seotud on võimalik tuua sinna sisse uusi komponente läbi algse skeleton faili, seejärel saab detailidele anda nime, vormistada nende tööjoonised ning lisada need toote jooniste komplekti.

Arvestades eespool mainitud võimalusi võib öelda, et Inventori programm sobib eritellimusmööbli kavandamiseks paremini kui AutoCad-i programm, eelkõige tänu oma paindlikusele. Eritellimusmööbli puhul tuleb tihti ette seda, et toote konstruktsioon muutub kavandamise käigus, mis tähendab AutoCad-i puhul, et lihtsam on toode nullist uuesti sisse joonestada. Inventor pakub lisaks ka võimalust kogu koostu korraga



Joonis 13 Erineva paksusega plaatmaterjalide kasutamine tootes



Joonis 14 Erineva paksusega plaatmaterjalide kasutamine tootes

kopeerida ning selle detailid korraga ümber nimetada,. AutoCad-i puhul tuleks muudatuste korral iga moodul uuesti vormistada.

5. Tükitalelite (detailide spetsifikatsioonide) loomine

Tükitalelite loomiseks on olemas erinevaid süsteeme ning see, millist konkreetset süsteemi kasutatakse on enamasti kokkuleppeline ja oleneb ettevõttest. Tükitalelis sisaldub info toote detailide ja selles sisalduva furnituuri kohta. Tükitaleli materjalid võib jaotada näiteks töötlemismeetodite alusel kolme suuremasse kategooriasse – tehases valmistatavad detailid, allhanke kaudu valmistatavad detailid ning ostetav furnituur.

Tehases valmistatavate detailide puhul kirjeldatakse tükitabelis tavaliselt detaili nimi, kasutatav plaatmaterjal, selle pealustusmaterjalid ja viimistlus. Detailide nimetamine on konstruktori ülesandeks ning selle süstemaatika ettevõttes kokkuleppeline. Juhul kui toodetest tehakse ka koostejoonised võib nendele märkida detailide numbrid ning mitmetest detailidest aga ühes tükis koostudetailid jaotada omakorda selle koostu alamdetailideks. Sellise nimetamisloogika korral võiks detaili nimes lisaks numbrile kirjeldada lühidalt ka selle asukohta, näiteks lagi, põhi, riul. Lühikirjelduste kasutamine aitab tükitabelist ja joonistelt detaili kergemini üles leida. Nimed ei pea olema unikaalsed, aga ei tohi korduda toote tükitabelis. Kui toode on keeruline ning koosneb paljudest detailidest, võib selle jaotada alamkoostudeks ehk mooduliteks, millel on oma tükitabel. Moodulite eeliseks on ka see, et juba komplekteeritud mooduleid saab kasutada ka teistes toodetes ning luua seeläbi erinevatest moodulitest koosnevaid uusi tooteid. Detaili nimetamisel võib kasutada ka sellele detailile unikaalset genereeritud koodi. Koodide kasutamine võimaldab kasutada korduvaid detaile mitmetes erinevates toodetes ning neile ei pea iga kord uusi tööjooniseid vormistama. Koodisüsteemi miinuseks on see, et selles ei kirjeldata detaili kuju ega asukohta tootes ning koodides orienteerumine, et leida õiget detaili, võib osutada küllaltki keerukaks. Selleks, et oleks võimalik süsteemi lisada palju erinevaid detaile peab detaili kood olema mitmekohaline ning sisaldama nii tähti kui ka numbreid. Pealustusmaterjali tüübi, materjali paksuse ning serva pealustusmaterjalide tõttu kasvab võimalike kombinatsioonide arv väga kiiresti. Koodide miinuseks on ka see, et tekib oht ajada segamini detailide koode ja furnituuri kataloogi numbreid. Mõistlik oleks detailide nimetamisel hoida asi võimalikult lihtne, lähtudes eelkõige sellest, et detaili numbri ja nime järgi peab olema võimalik leida detaili tükitabelis ning tööjoonistel.

Tehases toodetavate detailide korral peab arvestama ka nende töötlemise etappidega, mille tõttu võivad muutuda detailide mõõtmed. Konstruktoril tuleb kokku sobitada erinevate paksustega plaatmaterjale ning arvestada seejuures ka pealustusmaterjalide ja serva pealustusmaterjalidega. Kui otsustatakse kasutada pealustusmaterjalina näiteks spooni asemel kõrgsurvelaminaati, muutub sellega ka plaatmaterjali paksus pärast töötlemist. Oluliseks muutujaks on ka serva pealustusmaterjalid. Kui ettevõttes on kasutusel serva pealustusliin, mis freesib detaili servadest pealustusmaterjali paksuse jagu materjali maha ning katab serva pealustusmaterjaliga, tähendab see, et detaili gabariitmõõtmed jäävad samaks. Sellisel juhul langevad kokku detaili mõõtmed joonisel ja tükitabelis. Mõned serva pealustusliinid toimivad teise tehnoloogia alusel ning lisavad servakandi detaili külje peale, mis tähendab seda, et detaili pealustamisel kahest küljest 2 mm paksuse pealustusmaterjaliga lisandub detaili gabariitmõõtmetele kokku 4 mm. See omakorda tekitab olukorra, kus detaili mõõtmed joonisel ei lähe kokku selle tegelike mõõtmetega enne kantimist. Sellisel juhul on tükitabelis vaja lisalahtreid, mis võimaldaks eristada kantimata ja kantitud detailide tegelike mõõtmeid ning edastada neid ka formaatsaele.

Allhanke kaudu valmistatavate detailide korral on vähem ettevõttesiseseid reegleid ning joonisel on vaja näidata piisavalt infot, et seda detaili oleks võimalik valmistada. Seejuures võib näiteks metalldetailide korral mitte näidata keeviste asukohti või toote valmistamiseks kasutatavaid kataloogiprofiile juhul kui seda pole eraldi nõutud ning lasta allhanke teostamisega tegeleval ettevõttel ise otsustada, kuidas ta need sõlmed ühendab. Kui liidete ühenduse ja viimistluse osas on erinõudeid, tuleb need näidata joonisel ning vajadusel võib valmistada ka šablooni. Allhanke puitdetailide juures kehtivad samad reeglid, juhul kui liide pole nähtav või pole oluline selle teostamise viis ei näidata seda joonisel. Samas võivad puitdetailide liited olla ka dekoratiivsed ning osa toote disainist. Sellisel juhul näidatakse neid joonisel detailsemalt ning erinõuete korral kirjeldatakse liidete valmistamise tehnoloogiat.

Furnituuri detaile võib kategoriseerida näiteks nende kättesaadavuse alusel laokaubaks või ostutoodeteks. Laokauba hulka kuuluvad laialt levinud ja mööblitööstuses üldkasutatavad detailid mida võib hoida laos varuga teades, et neid kasutatakse erinevates projektides ja need ei jää lattu seisma. Siia alla kuuluvad näiteks puittüüblid, levinumad

kruvitüübid, ekstsentriktõmmitasad, lamelltüüblid. Samas tekib konstruktoril erinevate toodete puhul tihti vajadus lisada ka enamlevinud furnituuri korral lisamärkusi, sellisel juhul lisatakse need tükitabelis detaili nimetusele lisaks. Selline vajadus tekib näiteks juhul kui tootes on messingust metalldetaile ning konstruktor soovib sobitada kruvid nende detailidega. Mõnedes toodetes kasutatakse nähtavate kruvipeade varjamiseks plastmassist kruvikatteid ning nende puhul tuleks jälgida, et kruvikate sobib kruvi peasse. Selliste detailide kokku sobitamiseks on olemas kataloogid kuid nendest ei pruugi piisata kui ostuosakond kasutab näiteks odavamaid alternatiive. Sellisel juhul tuleks lisada tükitabelisse märkus, millistele kruvidele katted on mõeldud. Kinnitusfurnituuri puhul on mõistlik märkida tükitabelisse ka see, milliste detailide ühendamiseks furnituur on mõeldud, näiteks: lagi + külg A + külg B. Selline kategoriseerimine aitab leida furnituuri asukohta tootes ning hõlbustab selle detailide loendamist jaotades need gruppideks. Seejuures võib sama furnituur tootes ka korduda, kuna raamatupidamine liidab need korduvad detailid kokku.

Furnituuri ostutooted valitakse tavaliselt kataloogist vajaduse alusel. Seejuures tuleb konstruktoril leida kataloogist ka puurimiskeemid mille alusel sobitada furnituur toote detailidega. Sellised tooted on näiteks uksehinged või sahtlisiinid. Ostutoodete juures tuleb kataloogist leida ka see, kas nendele on kinnitusvahendid kaasa pandud ja vajadusel lisada need tükitabelisse. Furnituuri alla kuuluvad ka elektritarvikud. Kui on tegemist omavahel kokku sobivate nõrkvoolu detailidega, millest kataloogi alusel on võimalik koostada komplekt, näiteks LED valgustitega, võib need märkida tükitabelisse ka ridade kaupa. Kui on vaja teha elektriühendusi näiteks ühendada juhtmeid klemmliistudega, peab neid töid tegema elektrik. Konstruktori ülesandeks on koostada elektriskeem ning lisada see toote jooniste komplekti. Samas hõlbustab elektriskeem elektridetailide eristamist muust furnituurist ning aitab mõista toote elektrisüsteemi kui tervikut.

6. Tehnilise info liikumine tootmisse

Tehnilise info ülekandmiseks on tänapäeva ettevõtetes kasutusel mitmeid erinevaid digitaalseid ja analoogseid meetodeid. Üheks levinumaks andmekandjaks on tänapäeval endiselt paber. Paberi eeliseks on selle mugavus ja see, et info säilib paberil muutumatul kujul. Tööstuses tehakse joonistele tihti muudatusi ja on oluline, et tootmisse satuks kõige uuemad ehk kehtivad joonised. Arvuti kasutamine võimaldab salvestada kavandamise käiku ja konstruktoril võib olla enda tootest mitmeid erinevaid versioone ning on igati mõistlik seda infot arhiveerida ning salvestada joonistele kommentaare tagasisidega tootmisest, samas ei ole mõistlik kogu seda infot välja trükkida. Paberkandjal jooniste komplekt on sobilik kasutamiseks tehases kuna see võimaldab infole kiiret ligipääsu ning joonistele on võimalik lisada käsitsi kommentaare. Tootmise jaoks sobib hästi see, kui on vormistatud toote üks detail ühele leheküljele, kuna see annab detailist hea ülevaate kuid samas on keerukamate toodete puhul jooniste komplektis palju lehekülgi.

Lisaks jooniste komplektile ja tükitabelile kasutatakse tööstuses ka teekonnalehti. Teekonnalehed määravad ära toote liikumise eri etapid läbi tehase, olenevalt sellest, milliseid töötlemise etappe selle toote detailid peavad läbima. Mõnikord on oluline ka töötlemisprotsesside järjekord, et selle eri etapid ei hakkaks üksteist segama. Tehases on oluline ka hoida erinevaid töötlemiskeskusi võimalikult efektiivselt töös, et ükski nendest poleks üle- ega alakoormatud.

Digitaalse info liikumine tootmisse käib suures osas tavalise kontoritarkvara abil kuid selle info ettevalmistamiseks ja töötlemiseks on kasutusel spetsiaalne tarkvara. Kui ettevõttes jooniseid otse CNC pingile sobivasse formaati teisendatakse võib see tähendada, et jooniste põhjaliku vormistamisega ei tegeleta ning neid ei trükita ka välja. Konstruktoril on vajalik sellisel juhul lisada detaili juurde piisavalt palju tehnilist infot, et seda detaili oleks võimalik toota. Sellise meetodi kasutamine eeldab vastava CAM tarkvara olemasolu ettevõttes ning on vaja ka spetsialisti, kes tegeleks CNC pinkidele programmide loomisega. Miinuseks on detailidele mitte jooniste vormistamise juures see, et kui midagi läheb tootmises valesti, on keeruline viga leida ning tööline ei saa võrrelda detaili joonisega. Tehniline info on salvestatud digitaalsel kujul ning tuleb arvestada sellega, et seda võib olla ka muudetud CAM programmis tööriistaradade loomise käigus. Lisaks põhjustab probleeme ka info hoidmine AutoCadi failides kuna seal asub kogu info

enamasti ühes tööfailis, mis tähendab konstruktori jaoks seda, et erinevatest muudatustest ülevaate saamiseks peab tal olema ühest ja samast failist mitmeid versioone ning nende vahel orienteerumine võib olla küllaltki keeruline. AutoCadi puhul põhjustab probleeme ka selle erinevate versioonide omavahel ühildamine, näiteks ei pruugi uuema AutoCadi versiooniga tehtud fail toimida korralikult vanema AutoCadi programmiga töötades.

Ettevõttes kus tegeletakse detailijooniste vormistamisega tekib parem ülevaade tootmisprotsessist ning ka tehnilise info hoidmine toimib paremini. Tootest vormistatakse tööjooniste komplekt, mis sisaldab jooniseid selle kõigi detailide jaoks, mis võivad paikneda kas eraldi lehtedel või mitu detaili ühele lehele vormistatult. Konstruktoril tekib tööjooniste vormistamise käigus parem ülevaade oma tootest ning selle terviklikkusest. Kui on vaja luua tootest mitu versiooni, on võimalik lisada jooniste komplekti detailidele kommentaarid, mis nende juures muutus ning salvestada ühest tootest mitu komplekti jooniseid. Lisaks võimaldab jooniste vormistamine kasutada samu detaile korduvalt erinevates toodetes ning luua teiste toodetega analoogseid detaile juba loodud jooniste põhjal. Samamoodi on ka võimalik luua uusi tooteid juba tehtud toodete joonistest lähtudes.

7. Dokumentatsioon, selle hoidmine, arhiveerimine

Korralikult vormistatud dokumentatsioon on mööblitööstuses oluline, kuna selle abil on võimalik toodet kopeerida, täiendada, või vajadusel uuesti üles ehitada. Dokumentatsiooni vormistamise põhjalikkus võib sõltuda ka näiteks partii suurusest. Seeriatootmises võib toota ühte ja sama toodet suurtes kogustes ja pikka aega. Mõne toote puhul hoitakse selle välimust muutumatuna ka seetõttu, et see on populaarne ja kliendid soovivad just sellist mööblieset oma koju.

Eritellimusmööbli kavandamine ei pruugi tähendada seda, et partiid on väikesed ja projektid kordumatud. Näiteks hotelli või kaupluste mööbli puhul on tihhti tegemist ketiga, kuhu kuulub mitmeid hotelle või kauplusi. Sama olukord on näiteks laevamööbli tootmisel, kus ühele transpordiettevõttele võib kuuluda mitu sarnase kujundusega laeva. Sellisel juhul kasutatakse korduvalt mitmeid disainielemente, aga see ei tähenda, et tooted on ühesugused.

Dokumentatsiooni hoidmiseks on mitmeid erinevaid mooduseid ning üheks levinumaks nendest on paber kandja. Lõpuni vormistatud jooniste komplekti võib koos tükitabeliga panna kausta ning see on arhiveerimiseks küllaltki mõistlik variant. Digitaalsel kujul jooniste salvestamiseks on sobilik mitmeleheküljeline pdf. Pdf kujul saab salvestada ka MS Exceli tabeleid ning see võimaldab arhiveerida toote tervikuna. Pdf failiformaat on sobilik ka seetõttu, et on universaalne ning ei vaja avamiseks kallist eritarkvara. Samuti ei teki probleeme andmete kaotsimineku või kasutuskõlbmatuks muutumisega, mida võib põhjustada näiteks AutoCadi erinevate versioonide kasutamine. Pdf-idele saab lisada ka kommentaare ning see võimaldab arhiveerida tootearenduse käiku lisades detailide juurde märkmed, mida nende juures muudeti.

Keerulisem olukord tekib sisseehitatud mööbli tootmisel, mille mõõdud sõltuvad ruumi mõõtudest. Kui ühest tootest tekib palju variatsioone ei piisa jooniste komplektist, et seda oleks võimalik mõistliku ajaga ja suurtes kogustes toota. Sellisel juhul on sobiv kasutada Autodesk Inventor programmi, kuna see võimaldab luua parameetrite abil muudetavaid 3D mudeleid, milles kõik detailid on omavahel seotud. Inventor võimaldab ka toote lõpuni vormistada koos tööjoonistega ning siis kopeerida seda koostuna ning luua vajaliku arvu variatsioone tootest. Inventor on sobilik ka arhiveerimiseks, kuna selle abil

loodud komponente on võimalik kasutada erinevates toodetes. Korralikult loodud furnituuri andmebaasi abil on võimalik vajalikke komponente kerge vaevaga uutesse toodetesse sisse panna ning neid kajastada ka tükitabelis. Võimalik on tootesse sisse panna kogu furnituur ja kinnitusvahendid ning siis genereerida toote tükitabel näiteks MS Exceli töölehele.

8. Tagasiside tootmisega

Tagasiside tootmisega on vajalik tootearenduseks ja vigade parandamiseks ning samuti selleks, et lihtsustada toote konstruktsiooni. Kogutud tagasisidet on mõistlik arhiveerida koos tootega, see võimaldab toodet järgmine kord paremini teha, kui seda on vaja uuesti toota. Tagasiside aitab ka konstruktoril paremini aru saada, mida ja kuidas on võimalik ettevõttes toota ning aitab välistada seda, et ebamõistlikult keerukad või ebaefektiivsed sõlmed satuksid uutesse toodetesse. Samas on oluline ka arvestada positiivset tagasisidet ning kui mõni lahendus kiidetakse heaks ja see toimib, võib seda kasutada uute toodete kavandamisel.

Eritellimusmööbli tootmisel tehakse sageli ka näidistooteid ja näiteks hotellimööbli valdkonnas sisustatakse ka nädistubasid. Hotellidele on oluline, et nende toad oleksid sarnase disainiga, kuna see jätab klientidele parema mulje. 3D visualisatsioonide ja jooniste loomine ei suuda nii palju edasi anda kui päris näidised. Näidiste loomine aitab paremat ettekujutust saada ka sellest kui hästi kavandatud mööbel päriselus toimib. Huvitavad disainlahendused võivad küll head välja näha ning tehniliselt teostatavad olla kuid ei pruugi siiski osutada reaalses kasutuses kuigi praktiliseks. Näidistoast saadud info põhjal tekib kliendil parem ettekujutus sellest, mida nad tellisid ning selle põhjal võetakse vastu otsused, kuidas jätkata ülejäänud hotelli sisustamist. Kui näidised monteeritakse enne tarnet kokku, tekib konstruktoril ka võimalus tutvuda tehases oma toodetega. See annab võimaluse kontrollida furnituuri sobivust, kui seda pole varem kasutatud ning ühtlasi ka uurida selle kvaliteeti. Sageli tehakse näidistoas pilte ning ka nende põhjal on võimalik aru saada, kui hästi kavandatud lahendused reaalses elus toimivad.

Kokkuvõte

Olenemata kasutatavast tarkvarast või töövõtetest aitab konstruktoril tema tööd lihtsamaks muuta korralik tehniliste jooniste vormistamise oskus. Tööjooniste komplekti ja tükitabeli abil on võimalik toodet uuesti üles ehitada ning ei teki probleeme ühilduvusega, mis on põhjustatud näiteks kasutusel oleva tarkvara uuema versiooni kasutamisest. Probleeme võib tekitada ka failide teisendamine ühest formaadist teise, näiteks AutoCad-ist Inventorisse, kuna kogu info ei pruugi üle kanduda ning alati tuleb seda kontrollida. Tööjooniste vormistamine aitab lahendada ka AutoCad-i programmis esinevat jooniste vormistuse kadumise probleemi. Konstruktoril on võimalik tööjooniste komplekti abil toode uuesti üles ehitada, viies sinna sisse planeeritud muudatused. Kui tootest on palju variatsioone ei ole mõistlik nende ükshaaval AutoCad-i sisse joonestamine, kuna see osutub väga ajamahukaks ja kulukaks ning kui muutub toote algne konstruktsioon, tuleb muudatused sisse viia ka toote variatsioonidele. Autodesk Inventor joonestusprogramm pakub tänu oma parameetriliselt muudetavatele mudelitele rohkem kasutusmugavust ning sobib paremini eritellimusmööbli kavandamiseks.

Lisaks tehnilise joonestamise oskusele on konstruktorile väga vajalik ka tehniliste jooniste lugemise oskus. Sageli vormistatakse joonised kohalikus keeles ning nendel oleva teksti tõlkimine ei pruugi anda häid tulemusi. Konstruktor peab oskama jooniseid lugeda ka ilma tekstist aru saamata ning kavandama nende baasil enda nägemuse tootest. Samas on konstruktoril võimalik kooskõlasturingile saadetavatel joonistel kasutada inglise keelt, mida on lihtsam tõlkida. Kui tootega antakse kaasa paigaldusjuhend on samuti mõistlik teha see inglise keeles, et toode oleks võimalikult universaalne.

Summary

Regardless of the type of software or methods used a technical designers work is made easier if he or she knows how to draft technical drawings. With a set of work drawings and a bill of materials it is possible to recreate the product and there will not be any compatibility issues caused by using a different version of the work software used. Converting files from one format to another, from AutoCad to Inventor for example can also cause compatibility issues and it is always necessary to double-check if all the data was transferred correctly. Plotting work drawings to pdf files can also fix issues when using AutoCad. When you need to change a product in AutoCad, it is possible to use pdf work drawings to recreate the product and make your changes to it. When you need to make a lot of variations of a product it is not reasonable to recreate them one-by-one in AutoCad because it is very costly and time demanding and if the original construction is changed all the variations will need to be re-drafted. For products with alternative variations Autodesk Inventor is better, because it offers the ability to make parameter-controlled models which can change shape. For custom furniture design Autodesk Inventor is better than AutoCad because it offers more flexibility.

Besides making technical drawings a technical designer must also know how to read them. Usually drawings are commented using the local language and interpreting these texts might not always give best results. A technical designer must know how to read drawings even without understanding the comments and plot his or her own vision of the product. When making coordination drawings it is easier to comment them in English, because it is easier to translate. If you include assembly instructions with the product it is also easier to make them in English to make the product as universal as possible.

Viidatud kirjanduse loetelu

[1] Jim Postell. (2012). Furniture Design. Second edition. New Jersey: John Wiley & Sons

[2] Mike Ashby. Kara Johnson. (2002). Materials and design: The art and science of material selection in product design. Oxford: Elsevier Butterworth Heinemann

[3] MTÜ Mööblitootjate Liit. Herkki Kitsing. Kai Lojakas. Üllar Luga. Riina Lõhmus. Kairi Oja. Karin Paulus. Toivo Raidmets. Märt Riistop. Jaak Roosi. Õie Õll (2016). Eesti mööbli lood. Tallinn: Print best