

Marko Sarkkinen

Autodesk Inventor ja parametrisen suunnittelun hyödyntäminen – esimerkkinä ilmastointikoneen hoitotasoteollisuuteen

Konetekniikka

Syksy 2022



**KAMK • University
of Applied Sciences**

Tiivistelmä

Tekijä(t): Sarkkinen Marko

Työn nimi: Autodesk Inventor ja parametrisen suunnittelun hyödyntäminen – esimerkkinä ilmastointikoneen hoitotaso teollisuuteen

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), Konetekniikka

Asiasanat: Autodesk, Inventor, parametrit, tekninen suunnittelu, iLogic, teollisuus, mekaniikka

Työn tavoite oli tutustua parametriseen suunnitteluun Autodesk Inventorilla ja sitä kautta hyödyntää parametrista suunnittelua esimerkkityöhön ilmastointikoneen hoitotaso teollisuuteen. Työn varsinainen tarkoitus oli saada havainnointia asiakkaille nopeasti, minkälainen hoitotaso mihinkin tilaan saataisiin mahtumaan lainsäädösten rajoissa.

Työ laadittiin insinööritoimisto ALTEN Finlandin suunnittelijoille, jotka vuosittain tekevät useita hoitotasoja useille toimeksiantajille. Toimeksiannon myötä asiakas toivoo usein layout-näkymän tasosta ennen varsinaista työtä ja tähän tämä parametrinen hoitotaso on tarkoitettu. Asiakkailta usein on olemassa 3D-mallilayout tilasta, johon hoitotaso on suunnitteilla. Suunnittelija voi myös tehdä nopeasti suunta antavan tilan layoutin, valokuvien tai pistepilven avulla, jolloin havainnointi tasosta ja tilasta helpottuu.

Suunnitteluun lähdin Autodesk Inventor -3D-mallinnusohjelmistolla ja lähtökohtana pidettiin yksinkertaisuutta, vähän muuttuvia mittoja ja tähän soveltui hyvin parametrien käyttö. Parametritietoa voidaan yhdistellä iLogic-lisäosaan, joka on Autodesk Inventorin sisäinen käyttöjärjestelmä. Parametrisessä suunnittelussa huomioitiin lainsäädäntö ja standardien käyttö.

Työn lopputuloksena saatiin tuotettua parametrinen hoitotasomalli, joka voidaan nopealla aikataululla esitellä toimeksiantajalle.

Abstract

Author(s): Sarkkinen Marko

Title of the Publication: Autodesk Inventor and the Use of Parametric Design - as an Example: The Service Platforms of an Industrial Air Conditioner

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Keywords: Autodesk, Inventor, parameter, platforms, iLogic, industry, mechanical

The aim of this thesis was to become familiar with parametric design using Autodesk Inventor and implement findings in an example work for maintenance platforms for air conditioning machines in industry. The purpose of the work was also to quickly show customers which service platforms can be applied to any space within the limits allowed by law.

The work was commissioned by the designers of the design office Alten Finland, who make several service platforms for several customers every year. In connection with an assignment, the customer often wants a layout view level before the actual work, which parametric processing level is intended for. Customers often use a 3D model of the space for which the service platforms are designed. The designer can also use images or a point cloud to quickly create a space base that gives direction and makes it easier to observe the platforms and space.

I started the design with Autodesk Inventor 3D modeling software and the starting point was simplicity, the slightly changing dimensions and the use of parameters suited this well. Parameter data can be connected to the iLogic add-on, which is Autodesk Inventor's internal operating system. Legislation and the use of standards have been considered when in the designing of the parameters.

As a result of the work, a parametric model of service platforms was created, which can be presented to the customer in a quick schedule.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Yritys.....	2
3	Teollisuuden hoitotaso	4
	3.1 Lähtökohdat	4
	3.2 Suunnittelun aloitus	5
4	Lainsäädäntö.....	6
	4.1 Koneturvallisuus.....	6
	4.2 Konedirektiivi	6
5	Standardien käyttö suunnittelussa	7
	5.1 Koneiden kiinteät kulkutiet.....	7
	5.2 Portaiden lainsäädäntö.....	8
	5.3 Kaiteiden lainsäädäntö	10
6	Autodesk.....	12
	6.1 Autodesk Inventor.....	12
	6.2 Historia	13
7	iLogic.....	14
	7.1 iLogicin toiminta.....	14
	7.2 Huomiotoimintoja	15
8	Parametrit.....	17
	8.1 Parametrien käyttö.....	17
	8.2 Parametrien linkitys	18
	8.3 Parametria-lisätoimintoja	19
9	Hoitotason toteutus	20
	9.1 Kokoonpano	21
	9.2 Pohjarimoitus suunnittelu	22
	9.3 Portaat	23
	9.4 Kaiteet	25

10	Esimerkkikohde.....	26
11	Analysointi	27
12	Yhteenveto.....	28

Liitteet

Liite 1	Parametrisen tason kuvia
Liite 2	Iv-koneenhoitotaso (poistetaan julkisesta versiosta)

Symboliluettelo

3D	Kolmiulotteinen malli, 3D-malli
CAD	Computer-aided design, tietokoneohjattu suunnittelu
Content Center	Osakirjasto Inventor
Frame Generator	Runkokokoonpanon luominen Skeletal Modeling
iLogic	Inventorin sisäinen käyttöjärjestelmä
Hoitotaso	Huolto-/työskentelytaso
Link Parameters	Parametrien linkitys toisesta osatiedostosta
Multibody -	Mallinnus, jossa usea osa mallinnetaan samanaikaisesti, kuten skeletal
Parameters	Mitta-arvojen tietokanta, Inventor tekee jokaisesta mitasta parametritiedon
Pattern Components	Komponenttien kopiointi tietyin ehdoin
Sketch	Piirrettä ohjaava geometria
Skeletal Modeling	Rautalankamalli sketch, johon rakennetaan esim. putki/palkki seuraa sketch-mallia
Plane	Tasot, geometrian tason siirtäminen haluttuun paikkaan
Projisoida	Heijastaa geometriaa, toiselle tasolle
Template	Inventorin rakennettuja ohjaavia toimintoja, piirustusohjat, materiaalit, Content Center -sisältö, yms.

1 Johdanto

Työharjoittelujakson olin ALTEN Finland suunnittelutoimistolla, suunnittelin mm. erilaisia hoitotasoja ja siitä sain opinnäytetyön aiheeni. Työssä pääpaino on Autodesk Inventor ja miten valitussa esimerkkityössä hoitotason suunnittelussa voidaan hyödyntää parametristä suunnittelua. Tavoitteena on nopeuttaa visuaalisen ilmeen luomista asiakkaalle lainsäädäntöä unohtamatta. Suunnitelmassa on huomioitu työpiirustusten luominen, työpiirustusten luonti jätetään tässä opinnäytetyössä tekemättä, suunnittelussa huomioitiin mahdollisuus lisätä toiminto myöhemmin.

Työn tarkoituksena on suunnitella hoitotaso, jolla voidaan saada havainnoitua asiakkaille nopeasti, minkälainen hoitotaso mihinkin tilaan saataisiin mahtumaan lainsäädösten rajoissa. Asiakkailta on usein olemassa 3D-malli-layout tilasta, johon hoitotaso on suunnitteilla. Vaihtoehtoisesti Altenilla tehdään 2D-malli layoutista valokuvien tai pistepilven avulla extrude-tekniikalla. Siten luodaan nopeasti suuntaa-antava tila, jolloin havainnointi tasosta sen oikeassa tilassa helpottaa asiakkaan näkemyksiä.

Asiakastapaamisessa voimme esitellä visuaalisen ilmeen tilasta ja asiakas voi antaa palautetta tai korjausehdotuksia. Säästämme näin turhaa suunnittelutyötä, koska asiakas näkee toisinaan helpommin, mitä virheitä ratkaisussa olisi ja mitä emme osanneet huomioida. Usein tulee esim. liikumavara hoitotason ympärillä tai viekö taso liikaa tilaa syystä, jota emme osanneet ennakoida.

Suunnittelua lähdettiin toteuttamaan Autodesk Inventor -3D-mallinnusohjelmistolla ja lähtökohdana pidettiin yksinkertaisuutta, mahdollisimman vähän muuttuvia tekijöitä. Parametritietojen hyödyntämistä mahdollisimman joustavasti. Työ tarkoitus on näin vähentää suunnittelupöydältä suunnitteluvirheitä ja näin nopeuttaa suunnittelua. Lopuksi otin vanhemmalta suunnittelijalta palautetta menetelmän soveltuvuudesta, hyvistä ja huonoista puolista. Tehtiin SWOT-analyysi parametrisestä hoitotasosta.

2 Yritys

Ranskalainen insinööritoimisto ALTEN Group -konserni rantautui Suomeen 2014 ostamalla Raahessa vuonna 1969 perustetun insinööritoimiston ALTE Oy:n tytäryhtiöineen. Ranskalainen ALTEN-konserni tarjoaa globaalisti kuvassa 1. insinööri- ja suunnittelupalveluja 30 maassa työllistäten yli 42 000 ihmistä. Suomessa ALTEN Finlandilla on toimipisteitä 13 eri paikkakunnalla ja palveluksessa lähes 600 asiantuntijaa. Työntekijöistä 90 % on insinöörejä ja liikevaihto 37 MEUR. [1], [2].



Kuva 1. ALTEN globaalisti [2].

ALTEN Finland historia alkoi Plan Verks Ay:n myötä, jonka Tarmo Soralahti perusti vuonna 1969. Yrityksen nimi eli oli lyhennetty ”planera och verkstella” eli ”suunnitella ja valmistaa”. Myöhemmin samana vuonna nimi vaihdettiin ALTE Ky:ksi, joka tulee sanoista ”allaskoneisto ja teräsraakenne”. Yhtiömuoto muutettiin vuonna 1973 osakeyhtiöksi. Samana vuonna yhtiön johtoon nousi Seppo Soralahti, joka ohjasi yritystä erikoistumaan konepaja- ja perusmetalliteollisuuden suunnitteluun. Teollisuuden suurimpia nimettäviä hankintoja ALTE Oy suunnittelutehtävistä oli Poriin Vuorikemian tehtaalle selkeyttimet vuonna 1974. Vuosina 1975–1978 kehitettiin hydraulisia käyt-

tökoneistoja sähköisten tilalle aiemmin suunniteltuihin laitteisiin. Maatalouteen AIV-rehun käsittelyyn suunniteltiin uusi innovaatio. Trail-Lift hydrauliset lavanostimet kuuluivat ALTE Oy suunnittelijoiden osaamiseen. Myöhemmin 1978 alkoi kansainvälistyminen, kun Ruotsin Visbystä saatiin diesel- lämpövoimalan suunnittelutehtävä ja samana vuonna alihankintatehtäviä saatiin porauslautoista. Erilaisia suunnittelutehtäviä saatiin Metsolta (nykyinen Wärtsilä Oy), Outokummulta kaivostekniikkaan liittyvää, Kone Oy:n kanssa yhteistyö on jatkunut vuosikymmeniä ja samoin öljynjalostamoiden tuotantolinjojen sähkösuunnittelua ja erilaisia suunnittelutehtäviä keskussairaaloille on tehty paljon [3].

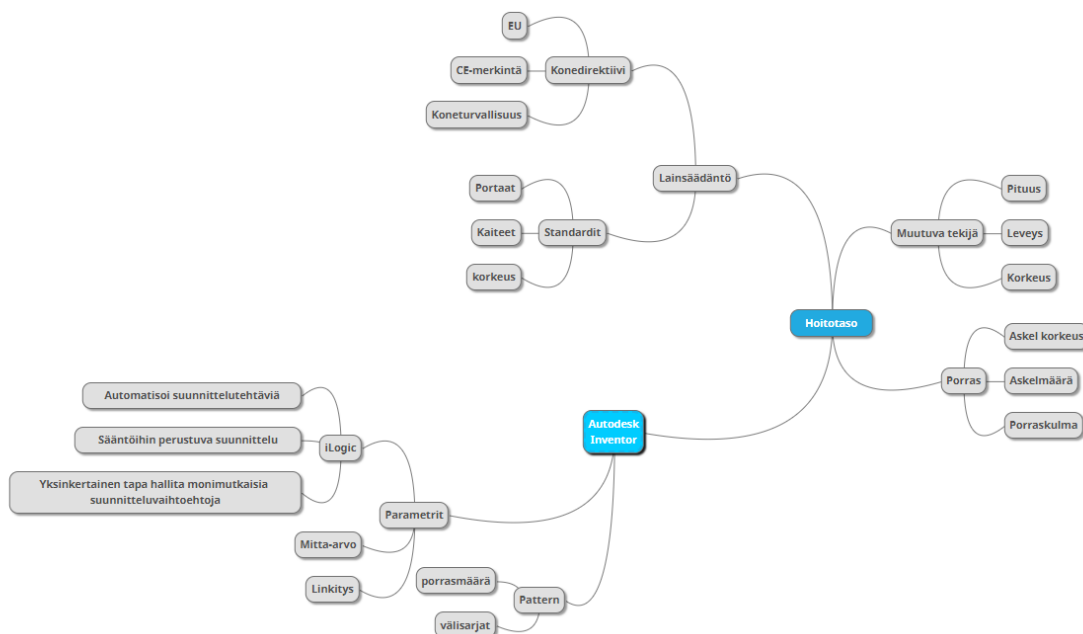
ALTENin menestyksen kannalta jokainen työntekijä on yhtä tärkeä. Toiminnan tarkoitus on ohjata ihmisiä kasvamaan ja kehittymään. Samalla pyritään antamaan mahdollisuus työskennellä siellä, missä tunnet paloa. Näin työntekijät työskentelevät alansa sitoutuneimpien parissa. ALTEN tarjoaa mittatilaustyönä tuotettua insinööri- ja suunnitteluosaamista – kohdennettua palvelua ja huolenpitoa alusta loppuun asiakasyritysten tarpeisiin [2].

3 Teollisuuden hoitotaso

Teollisuudessa käytetään paljon erilaisia hoitotasoja kunnossapitotehtävissä, työskentelyalustana jatkuvassa käytössä tai hoitotaso voi olla laajennusosa jo olemassa olevalle erillistasolle. Hoitotaso suunniteltaessa halutaan helpottaa työskentelyä, lisätä työturvallisuutta ja halutaan parantaa työolosuhteita toimivan hoitotason avulla. Hoitotason suunnittelussa täytyy huomioida lainsäädäntö, mekaaninen osaaminen ja materiaalituntemusta. Materiaalien valinnassa voidaan käyttää SSAB-Domex Dube rakenneputki -käsikirjaa, joka soveltaa osin Eurokoodi 3 -standardia [4].

3.1 Lähtökohdat

Hoitotason osalta lähtökohtia mietittäessä pohditaan eri tekijöitä, alla kuvassa 2. opinnäytesuunnitelman hoitotasoratkaisusta Mindmap. Huomioitavaa lainsäädännön osilta ovat tärkeimmät kohdat eli konedirektiivi, standardit, sisältyen hoitotason portaiden ja kaiteiden korkeudet ja erinäiset turvallisuusmääritteet.



Kuva 2. Mindmap.

3.2 Suunnittelun aloitus

Vuosittain suunnittelijalle tulee useita erilaisia hoitotasosuunnittelutehtäviä riippuen asiakkaiden investoinneista tai mahdollisista uusista layout-ratkaisuista. Suunnitteluihin lähdetään asiakkaan tarpeista. Merkittävänä tekijänä ovat lähtötiedot asiakkaalta, johon sisältyvät vaatimukset, aikataulu ja toiveet, joita voi rajata lainsäädäntö. Paikkaan tutustutaan paikan päälle, valokuvien, 2D-kuvien, 3D-mallin tai pistepilven avulla, parhaimmillaan saadaan kaikki edellä mainitut. Mallin perusteella luodaan Extrude-tekniikalla tila vastaamaan todellisuutta ja sijoitetaan siihen parametrisesti suunniteltu hoitotaso ja viimeistellään tason mitat tiloihin sopivaksi.

Asiakkaalle esitellä 3d-kuvan nopealla aikataululla, jotta saadaan visuaalinen näkymä tilasta ja asiakas voi kertoa mielipiteensä, korjausehdotukset tai jotain huomioimatta jäänyttä. Tästä on helpompi lähteä suunnittelemaan oikeaa tasoa, kun turha työ jää kokonaan pois ja asiakas tietää heti, mitä on tulossa.

4 Lainsäädäntö

Lainsäädäntöön sisältyvät voimassa olevat lait, muut säädökset ja laajalti voimassa oleva oikeus. Erilaisille rakenteille on annettu lainsäädännössä erilaisia normeja, joita tulee noudattaa, näin ollen laki määrää kaikki tekemiset ja vahingon sattuessa vastuuhenkilöiden ei tarvitse piileskellä. Lainsäädäntöön liittyy erinäisiä tekijöitä, kuten koneturvallisuus ja standartit, joita avataan seuraavissa kappaleissa. Kaikenlaista teräsrakentamista sääntelevät tärkeimmät standartit löytyvät lakikirjoista. Teräsmateriaalien standartit tulevat teräksenvalmistajalta ja ovat merkitty niin materiaali- kuin myötöluujuskohtaisia.

4.1 Koneturvallisuus

Direktiiveillä ohjataan koneturvallisuutta, joka Euroopan talousalueella on yhdenmukaistettu. Koneturvallisuuden päämäärä on valvoa teknisiin rakenteisiin, toimintoihin ja varusteisiin kuuluvia ominaisuuksia, joiden avulla suunnittelijat ja valmistajat tekevät laitteet soveltuvaksi tarkoitettuun käyttöön, aiheuttamatta normaalissa käytössä tapaturmavaaraa tai terveydelle haittaa. Laitteen rikkoutuessa ennakoitavasti sisältyy tämäkin normaaliin käyttöön. Koneturvallisuuslainsäädäntö perustuu konedirektiiviin, joka on voimassa Euroopan unionin alueella. [5], [6].

4.2 Konedirektiivi

Koneturvallisuuden säännösten yhtenäistämiseksi on EU:ssa laadittu konedirektiivi. Suomen liittyttyä EU:hun vuonna 1994, astui direktiivi voimaan ja näkyvimmin se on tullut tietoisuuteen CE-merkinnän kautta. Markkinoille tuotettu teräs- ja alumiinirakenne kokoonpanot täytyy CE-merkitä Suomen ja EU:n alueella, ne koskevat kaikkia markkinoille saatettavia tuotteita, olivatpa ne sitten EU:ssa tuotuja tai valmistettuja. Asetus tuli voimaan 1.7.2014. Teräsrakenteiden CE-merkinnällä pyritään takamaan vaatimusten edellyttämä laatu, ja standardin soveltamisalaan kuuluville tuotteille se on pakollista. Tärkein tehtävä hoitotasojen CE-merkinnällä on varmistaa, että rakenteet on valmistettu laadukkaasti, niin materiaalien kuin valmistusmenetelmienkin osalta, ja että henkilöstö on ammattimaista ja pintakäsittely hoidettu olosuhteisiin soveltuvin menetelmin. CE-merkinnässä ja suoritustasoilmoituksessa, kokoonpanojen perusominaisuudet on määritelty standardissa EN 1090-1 [7].

5 Standardien käyttö suunnittelussa

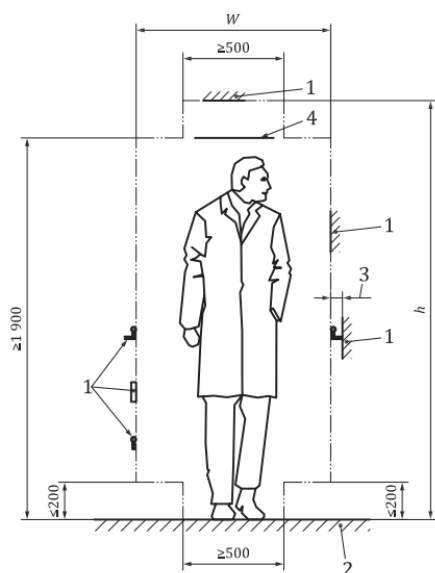
Yleisten hoitotasostandardien ohella on tärkeää huomioida laitos- ja tehdaskohtaiset standardit. Huomioimatta ei saa jäädä laitos/tehdaskohtaiset hoitotasostandarditkaan. Tärkeimpänä koneturvallisuuden tekijänä ovat hoitotasostandardit. Koneturvallisuusstandardit pohjautuvat pääosin SFS EN ISO 14122:een (1–4) ja ovat yleisesti käytössä hoitotasojen suunnittelussa ja hoitotasorakenteita suunnitellessa. Teollisuudessa hyvin yleiset käytössä olevat standardit antavat taipumien ja mitoitusvaatimuksia sekä määrittelevät hoitotasojen ja kulkuteiden rakenteet. Hoitotasorakenteille annetaan määräyksiä monelta suunnalta, kuten portaiden ja kulkuteiden leveyksille. Hoitotasojen noudattaessa standardeja noudattavat ne usein turvallisuusmääräyksiä ja tehdasvaatimuksia sekä suojelevat liiketoimintaa ja yritysten henkilöstöä mahdollisilta tapaturmilta [8],[6].

Koneturvallisuusstandardin tuntemus suunnittelutyössä katsotaan jo riittävän pitkälle, mutta myös ympäristöministeriön asetus rakennusten käyttöturvallisuudesta (1007/2017) tulee huomioida Suomessa. Asetuksen 1007/2017 soveltamisala on uudessa rakennuksessa ja olemassa olevan laajentamisen rakennuspaikalla, kuten kerrosalaa lisäävässä rakentamisessa. Kyseistä asetusta on päivitetty vuosina 2017–2018: aiemmin määräykset koskivat vain uutta rakennusta, sen rakennuspaikkaa ja ympäristöä. Hoitotason kasvaessa yltiömäisesti, tulisi tämä asetus ajankohittaiseksi. Suunnitellessa hoitotasoja kansainvälisille markkinoille suunnittelussa täytyy huomioida kansainvälisen kaupan edellyttämät standardit [7].

5.1 Koneiden kiinteät kulkutiet

Hoitotasot on suunniteltava ja rakennettava niin, että käyttäminen on turvallista. Erityisesti muutamia yksityiskohtia tulee huomioida: kävelytasossa täytyy olla kiinteästi liukastumista estävä ominaisuus ja henkilöiden putoaminen on estettävä. Vaaratilanteiden varalta tulee varmistaa, että käyttäjät voivat nopeasti ja turvallisesti poistua niiltä tai että tilaa on riittävästi auttaa poistumaan tilasta. Tukirakenteet kuten käsijohteet suunniteltava ja sijoitettava oikein. Hoitotasolle on annettu SFS standardeissa mittoja, tason korkeus kuvassa 3. (h) on määritelty standardeissa ISO 15534-1 ja ISO 15534-3 ja näiden arvojen mukaisesti vähintään 2100 mm, vapaa vähimmäiskorkeus voidaan pienentää 1900 mm:iin, mikäli yläpuolella on pieni este. Este pitää merkitä ja mahdollisesti pehmustaa. Tason leveys (w) on määritelty pienimmillään 800 mm, mikäli tasoa

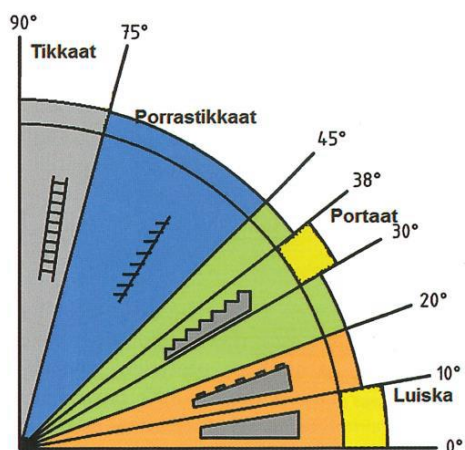
käyttää useampi henkilö leveyden (w) on oltava vähintään 1000 mm. Tason mitoitus vaikuttaa myös käytön satunnaisuus: mikäli käyttöä on vain 30 päivää vuodessa tai alle kaksi tuntia päivässä, voidaan (w) leveyttä pienentää 800 mm => 600 mm. Lyhyellä matkalla tasoa voidaan kaaventaa 600 mm => 500 mm, mutta tällöin matkan on oltava alle 2000 mm [9].



Kuva 3. Hoitotason SFS-standardin mittoja [9].

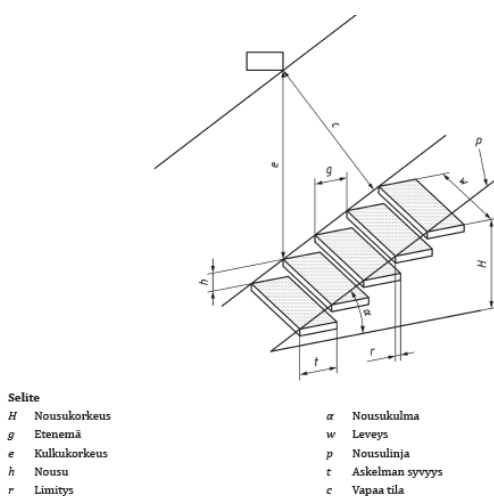
5.2 Portaiden lainsäädäntö

Portaat ovat kiinteä kulkutie, joiden nousukulmat ovat 20–45 asteen välillä ja askelmarakenteet ovat vaakasuorassa. Vastaavia ovat porrastikkaat, joiden nousukulma on 45–75 astetta. Kiinteiden tikkaiden nousukulma on 75–90 astetta ja askelrakenteet ovat puolia. Alla kuvassa 4. merkitty selvästi, minkälaiset malliltaan on mahdollista rakentaa kulkuteille ja kuvassa keltaisella merkitty suositeltavat kulmat [10].



Kuva 4. Portaiden nousukulmat [10].

SFS-standardissa, määritellään (kuvassa 5.) portaille, portaiden leveys, nousukulma, suurin sallittu korkeus, askelmien korkeudet, niiden sijoittelu, limitys, etenemä, yms. [8].

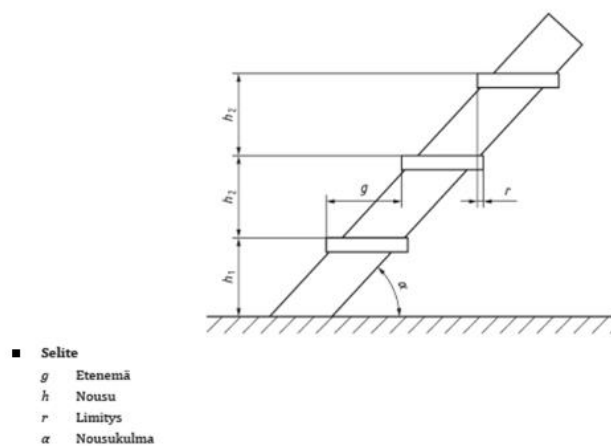


Kuva 1 Portaiden ja porrastikkaiden osat

Kuva 5. portaiden määrytykset SFS-standardin mukaan [7].

Portaiden leveydelle (w) on annettu vähimmäismitta 800 mm. Mikäli useat henkilöt käyttävät portaita yhtä aikaa, leveyden (w) on oltava vähintään 1000 mm. Porrastikkajaksossa ollessa vain yksi ja korkeus on alle 1 500 mm, leveys, (w) voidaan pienentää 600 mm => 500 mm. Portaiden nousu täytyy olla samassa porrastikkajaksossa vakio aina kun se on mahdollista, nousun vakioarvoa saa pie-

mentää enintään 15 prosenttia lattiataason ja ensimmäisen askelman välillä. Kuvassa 6. nousuete-
nemä merkitty h_1 ja h_2 . Portaiden mitoitus vaikuttaa myös käytön satunnaisuus, mikäli käyt-
töä on vain 30 päivää vuodessa tai alle kaksi tuntia päivässä, voidaan leveyttä (w) pienentää 800
mm => 600 mm. Lisäturvallisuustoimenpiteiden käyttämistä suositellaan, mikäli porraskäyt-
töä on useampia kuin yksi, eli ne on merkittävä selvästi kaiteen muodonmuutoksella, teippauksella tai
muulla helposti havaittavalla tavalla [8].

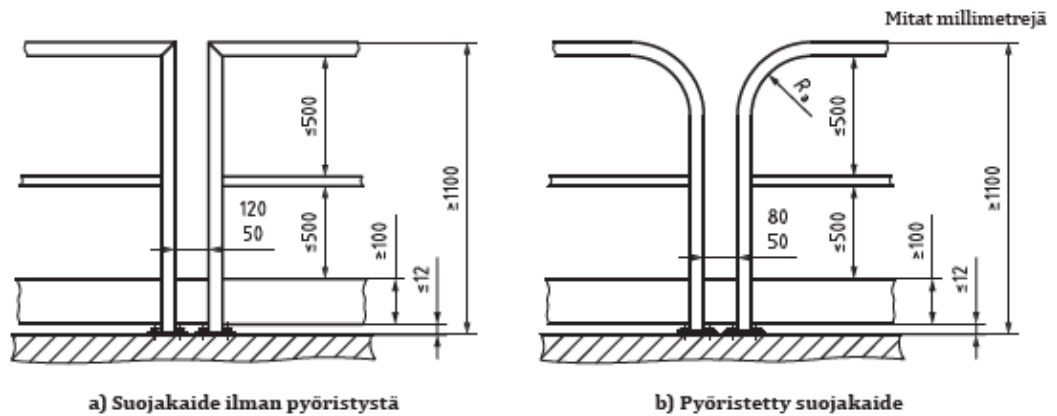


Kuva 6. porrasmittaus [8].

5.3 Kaiteiden lainsäädäntö

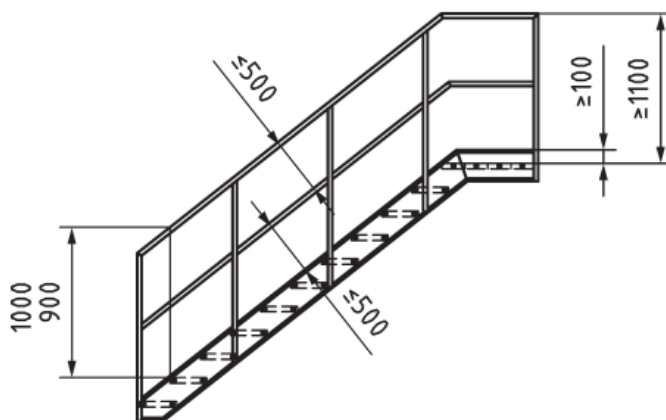
Suojakaiteille on annettu tietyt rajaukset SFS-standardeissa, mikäli hoitotason ja sen vieressä ole-
van koneen tai seinän välinen aukko on yli 180 mm, suojakaide on asennettava tasolle. Suojakai-
teen on oltava vähintään 1000 mm korkea (kuvassa 7.) ja kaiteessa täytyy olla vähintään yksi
välijohde, joiden välinen etäisyys ei saa olla ylittää 500 mm. Käsijohteen on oltava samansuuntai-
nen kävelylinjan kanssa. Kaidetolppien etäisyyden on oltava enintään 1 500 mm, mutta on hu-
mioitava kiinnitettävien kaidetolppien kiinnitys lujuuksiin ja kiinnitystapoihin. Välijohteen sijasta
voidaan käyttää pystytankoja, tankojen välinen vaakasuora vapaa väli saa olla korkeintaan 180
mm. Suojakaide on suunniteltava, rakennettava ja materiaali on valittava, että ne kestävät olo-

suhteissa, jotka ovat ennakoitavissa. Suojakaiteen suunnittelussa on huomioitava estämään esi-
neiden putoaminen. Kaiteiden alareunassa on oltava jalkalista, joka on ainakin 100 mm korkea ja
on enintään 12 mm etäisyydellä tason pinnasta tai reunasta [8].



Kuva 7. Suojakaide mitoituksia [8].

Portaiden käsijohteen on pystysuoraan mitattuna oltava 900–1000 mm askelreunan yläpuolella,
portaiden kaidemitoitus tarkemmin kuvassa 8. Käsijohde on oltava portaiden molemmin puolin,
käsijohteiden on portaissa oltava yhtäjaksoisia kiinteästi asetetuissa tasoissa. Käsijohteen etäi-
syyss esteisiin, seinään, toiseen koneeseen tai muuhun vastaavaan täytyy olla vähintään 75 mm
[8].



Kuva 8. portaiden kaiteet, mitoitus [8].

6 Autodesk

Autodesk-tuoteperheeseen kuuluu useita eri suunnitteluohjelmistoja ja se on maailman johtava 2D- ja 3D-suunnitteluohjelmistojen valmistaja. Tunnetuimpana 2D-mallinnukseen pioneeri on Autocad, joka tuli markkinoille jo vuonna 1982. Autodesk Inventor 3D-mallinnusohjelma julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 1999. Autodesk on pyrkinyt laajentamaan markkinoitaan niin valmistus-, rakennus- kuin media- ja viihdemarkkinoille. Media- ja viihdemarkkinoilla suurimpana kasvavana on peli- ja elokuvateollisuus [11].

6.1 Autodesk Inventor

Inventor on Autodeskin kehittämä tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmisto niin 3D-mekaaniseen mallintamiseen, simulointiin, visualisointiin kuin dokumentointiin. Inventor mahdollistaa 2D- ja 3D-tietojen integroinnin ryhmiteltyyn ympäristöön luoden osista lopulta virtuaalisen esityksen, jonka avulla käyttäjät voivat tarkistaa sen muodot, sopivuudet ja toiminnot jo ennen sen rakentamista. Tästä johtuen ohjelma on suunniteltu edistyneille tai aloitteleville suunnittelijoille.

Inventorin päärakennuspalikoihin sisältyvät parametriset, suoramuokkaus- ja vapaamuotoiset mallinnustyökalut sekä moni-CAD-käännösominaisuudet. Ne luodaan määrittelemällä piirteitä tai ominaisuuksia, jotka puolestaan perustuvat luonnoksiin eli 2D-piirustuksiin. Suunnittelumenetelmän etuihin kuuluu, että työpiirustuksia luodessa ei tarvitse olla valmista teosta, riittää pelkkä luonnos, koska kaikkia luonnoksia ja piirteitä voidaan muokata jälkikäteen ilman, että koko asetelua tarvitsee luoda uudelleen. Toisin sanoen työpiirustukset ja kokoonpanot päivittyvät automaattisesti korjatessa luonnosta tai yksittäisiä piirteitä. Vanhemmat työkalut vaativat työpiirustusten luomisen tyhjistä perusmittojen muutosten jälkeen, tämä mallinnusjärjestelmä on aiempaa intuitiivisempi.

Mekaaniset insinöörit käyttävät laajalti Inventoria, koska he usein tarvitsevat erikoistuneita, automatisoituja työkaluja suunnitteluun ja valmistukseen. Autodesk tarjoaa Inventoriin päivityksiä keskimäärin kuukauden välein ja vuosittain tulee kokonaan uusi Autodesk Inventor -versio [11].

Vuosittain ilmestyvä uusin versio on täynnä päivityksiä ja parannuksia, jotka auttavat suunnittelijoita hallitsemaan prosessia, nopeuttamaan verkkosuunnittelun työnkulkua ja vähentämään toistuvia tehtäviä. Toistuvia tehtäviä yritän vähentää tulevalla opinnäytetyöllänikin ja työssä käytän Inventor-versiota 2021.

6.2 Historia

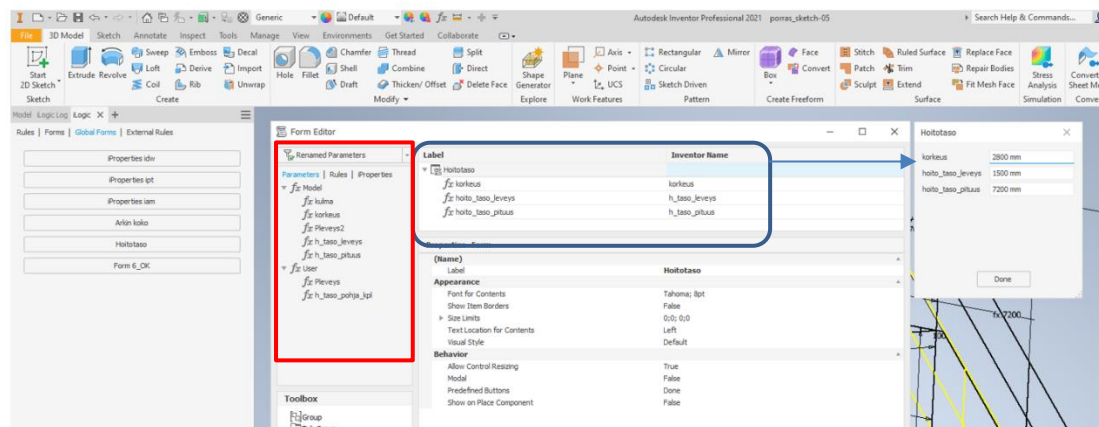
Autodesk Inventoria on kehitetty 24 vuotta, ja markkinoille se tuli vuonna 1999. Autodeskillä oli jo 1990-luvulla 3D-parametrinen työkalu nimeltään Designer. Inventorin koodinimi oli alkuun Mustang, mutta Inventoria alettiin kehittää intuitiiviseksi loppukäyttäjää ajatellen. Alkuun suunnitteluohjelmat olivat hyvin raskaita ja Inventorista pyrittiin luomaan kevyempi. Inventorin suurin kilpailija SolidWorks oli alkuun kehittyneempi mekaanisen suunnittelu osalta kuin mikään Autodesk tuoteperheen 3D-työkalu [12].

7 iLogic

Suunnittelussa iso osa on Inventorin parametrien hyödyntäminen hoitotason rakenteissa ja vähän sivutaan iLogic-ohjelmointipuolta. ILogic järjestelmä julkaistiin Inventor 2011 versiossa, ja iLogic on periaatteessa erillinen järjestelmä, joka on sisäänrakennettu Inventorin ja se on VBA-ohjelmointikieltä tunteva järjestelmä, jota kaikki vähänkin koodausta tunteva saa koodattua eri makroja erinäisiä toimintoja helpottavia ja nopeuttavia automatisointeja. VBA (Visual Basic) on tunnetumpi Excel-taulukkolaskentaohjelmiston kautta ja molemmat käyttävät samaa ohjelmointikieltä. Parametrejä voidaan Inventorissa myös linkittää lukemaan Excel-solutietoja [13].

7.1 iLogicin toiminta

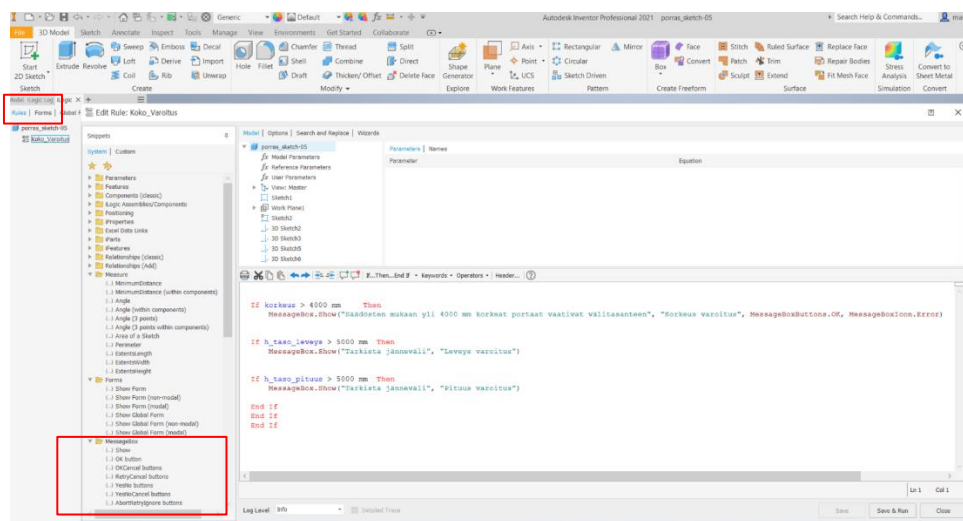
Parametrien toimivuus ja iLogic valikkoihin tutustuminen näkyvät iLogic välilehdellä kuvassa 9. Global Formsilla voidaan luoda uusi toiminto ja editoida sitä, luodaan uusi "Add Form" Forms Editorissa avautuu uusi ikkuna. Punaisella rajatussa näkyvät nimetyt parametrit: valitaan halutut parametrit Label-ikkunaan. Siitä mitta siirtyy suoraan ulkopuoliseen ikkunaan, joka tässä nimetty Hoitotaso. Kuten aiemmin kerroin, pyrin pitämään työn yksinkertaisena mutta toimivana ja otin mukaan mittoihin vain korkeus-, leveys- ja pituusmitat, vaikka parametritiedoissa olisi saatavilla portaille parametrit porrastleveys ja -kulma [14].



Kuva 9. Hoitotason parametrien alkuasetelmat iLogicissa.

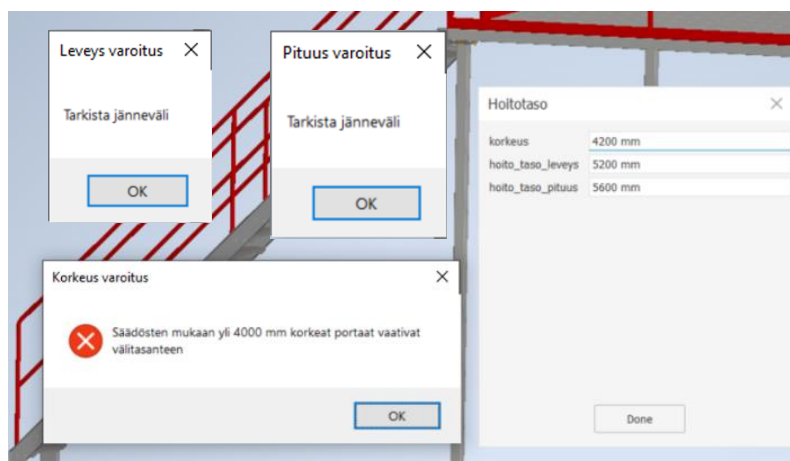
7.2 Huomiotoimintoja

Ilogic-valikossa ”Rules”-välilehdellä voidaan tehdä ilogic-koodistoa (kuva 10.) ja sen alla eri tehdyt Rules-koodistot. Ilogic messageBox show -toiminnolla voidaan tehdä mihin tahansa toimintoon huomio-/varoitustoimintoja kuin muitakin ponnahdusikkunoita mihin tahansa toimintoon. Koodausta ei tarvitse juurikaan osata, kuten kuvassa 10. näkyy messagebox sisältöä, koodi muodostuu pitkälti pikavalintatoimintojen kautta, erinäisiä koodistoja voidaan yhdistellä ja halutut parametrit ovat käytössä. Rules-toiminto perustuu valittuihin arvoihin ja niiden muutoksilla saadaan tehtyä pieniä apuohjelmia [15].



Kuva 10. Varoitustoiminnot.

Kuvassa 11. message.box-toiminnoilla luodut varoitus- ja huomioikkunat, kun kaikki mitat menevät yli rajojen kaikki pop-up-ikkunat tulevat esille. Korkeus on tärkein huomio, mikäli portaille täytyy tehdä välitaso ja se vaikuttaa moneen muuhunkin. Tämän takia korkeuden ylityksessä tulee varoitus, ja pituuden tai leveyden ylitys on vain huomio, koska vaikutus huomioitava, mutta ei vaikuta niin radikaalisti [15].



Kuva 11. varoitusikkunat.

8 Parametrit

Inventor luo jokaisesta mitta-arvosta parametritiedon parametrien tietokantaan, eri parametrit voidaan nimetä halutulla tavalla. Parametrillä tarkoitetaan nimettyä mitta-arvoa, ja jokaisesta mitasta tulee oma parametritieto mitoittaessa geometriaa ja mitta-arvoksi voidaan antaa nimi varsinaisen arvon sijaan. Näin parametritietoon tulee nimi ja mikäli tietoa tarvitsee muuttaa, tiedetään suoraan annetusta nimestä missä oikea tieto on. Nimeämisiin kannattaa käyttää lyhyitä, kuvaavia ja selkeitä nimiä. Usein monimutkaisissa kuvissa on helpompi ja nopeampi korjata nimetty arvo parametreistä kuin etsimällä kuvasta mittaviivaa.

Parhaimmillaan parametrinen mallinnus on erittäin tehokas monessakin mielessä malleja luodessa. Kokoonpanoa luodessa reikien paikoitus parametrein voidaan säästää aikaa ja mittojen muutos seuraa jokaiseen kokoonpanoon mukana ja mitat ovat näin varmasti kohdallaan.

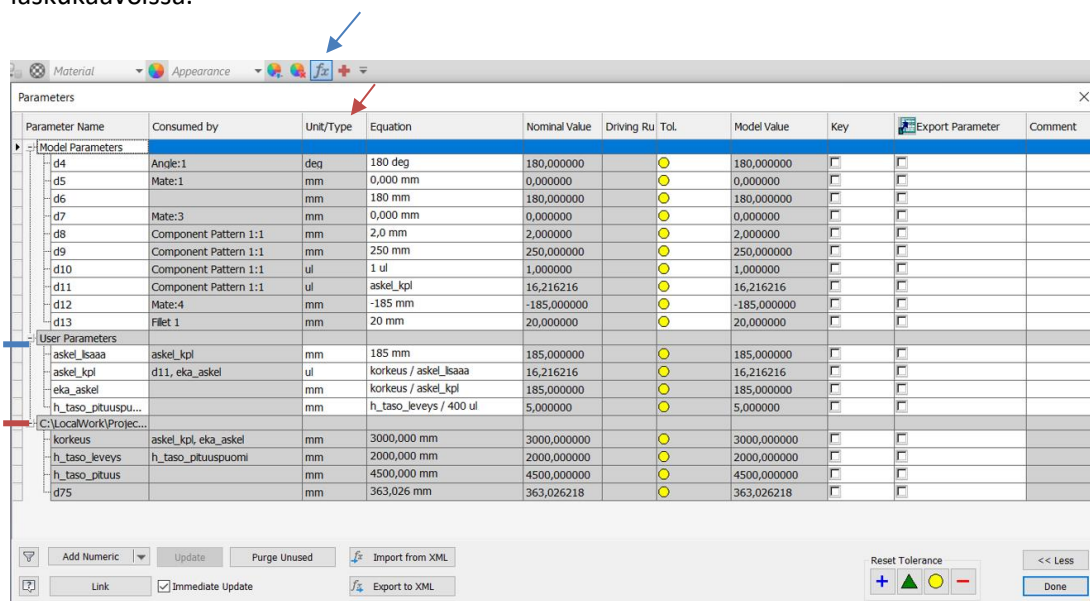
8.1 Parametrien käyttö

Parametrejä voidaan käyttää mitoittamisessa niin geometriassa osien luonnissa (Part) tai kokoonpanossa. Assemblyn puolella Pattern, osien kiinnitystä tehdessä (constraint/mate) ja geometriaa voidaan käyttää mitoittamiseen kaikkialla Inventorissa. Tämä mahdollistaa joustavien mallien luomista ja nopeuttaa tekemistä. Parametrejä pääsee muokkaamaan monesta eri paikasta, yksi helpoimmista on yläpalkin pikanäppäimellä fx (kuvassa 12.) nuolen osoittama paikka. Käyttäjä voi lisätä pikanäppäimiä kolmion alta löytyvästä valikosta.

Oletuksena Inventor antaa jokaiselle parametrille nimen d0, d1, d2, juoksevana sarjana. Kuvassa 12. näkyy sarake Model Parameters, tämän alle luo Inventor automaattisesti jokaisesta mitasta tiedon, (d1) mittoja voi linkittää myös pelkän d1 avulla, mutta helpompi muistaa, mikäli nimeää ne jollain tunnisteella. Isommat kokonaisuudet tulevat sekavaksi, jolloin tähän sarakkeen alle tulee kaikki mitta-arvot ja mitta tietoja voi olla tuhansia kokoonpanosta riippuen.

Alempana taulukossa User Parameters nämä ovat käyttäjän luomia parametrejä, yleensä nimetyt voivat sisältää muutakin tietoa kuin pelkän arvon, kuten esim. laskukaavan. Seuraavana taulukossa on linkitetty parametritiedot, linkitettyissä lukee otsikossa tiedostopolku, mistä kyseiset arvot haettu ja alla tarvittava linkitetty tieto [16].

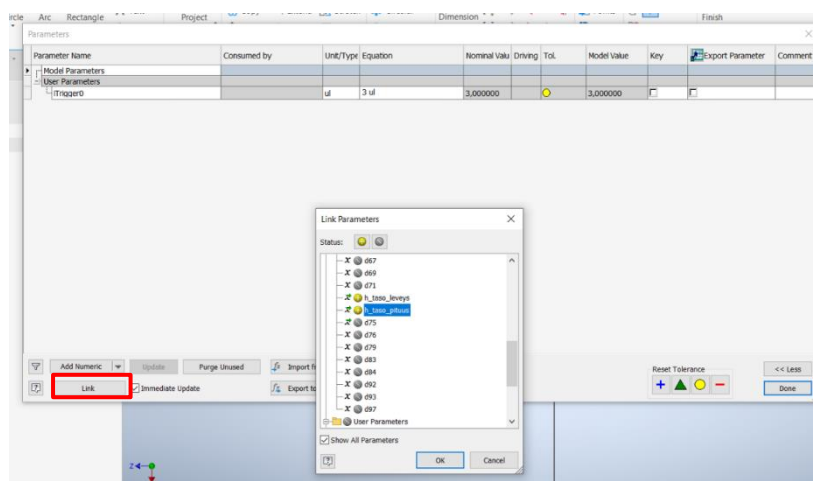
Laskukaavojen teossa on huomioitava Unit/Type-sarake, jossa mitalle annetaan arvo millimetri, tuuma, kulma tai ul eli unitless, joka tarkoittaa yksikötön. Yksikötön on turvallisempaa käyttää laskukaavoissa.



Kuva 12. Parametrit.

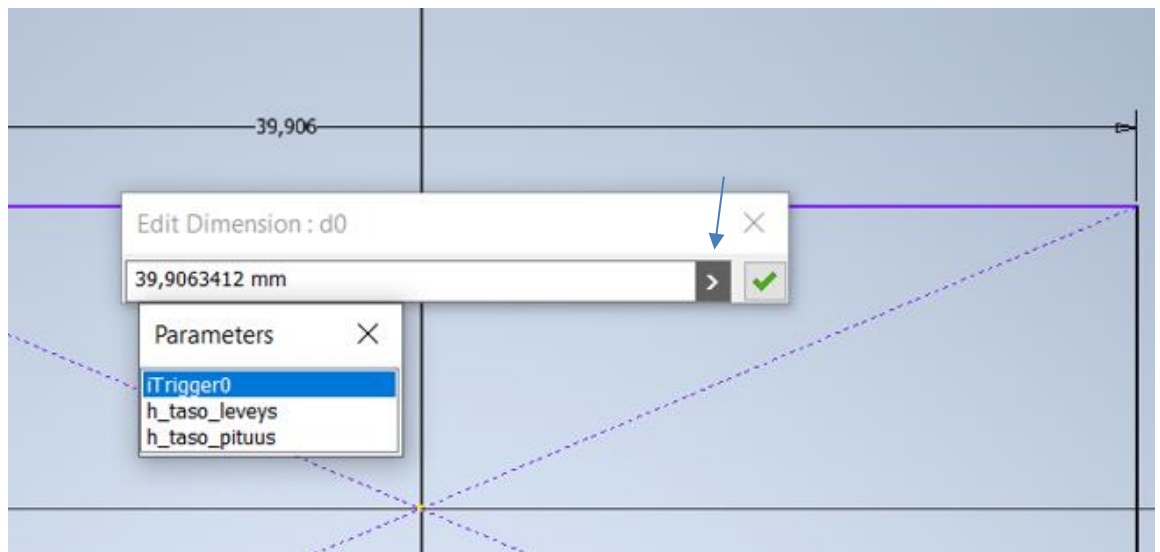
8.2 Parametrien linkitys

Uudessa osa- tai kokoonpanotiedostossa parametritiedot ovat tyhjä, kuten kuvassa 13. linkittäessä mitta-arvoja toisesta osatiedostosta tai kokoonpanosta. Tarvittavat tiedot linkitetään valitsemalla punaisella rajatun "Link"-näppäimellä, jolloin avautuvat resurssienhallintakansiot. Etsitään tiedosto ja valitaan listasta tiedoston parametreistä käytettävät mitta-arvot status-painikkeilla. Helpottavana tekijänä on tunnistettavasti nimetyt parametritiedot.



Kuva 13. Parametrien linkitys.

Mitoitettaessa geometriaa annetaan mitta-arvoksi parametrin nimi varsinaisen lukuarvon sijaan tai valitaan listalta olemassa oleva parametritieto. Parametritiedon voi lisätä suoraan kirjoittamalla mitta-arvon tilalle esimerkiksi "leveys=200" nimetään parametrin nimeksi automaattisesti kyseinen nimike "leveys". Valitsemalla kuvassa 14. mukaan mitoituusvaiheessa, nuolen osoittamasta valikosta List Parameter, avautuu lista parametreistä. Samalle riville voidaan halutessaan antaa laskukaava esimerkiksi "h_taso_leveys"/2 tai muita vastaavia yhtälöitä aina neliöjuuresta lähtien.



Kuva 14. Parametrien käyttö geometriaa tehtäessä.

8.3 Parametria-lisätoimintoja

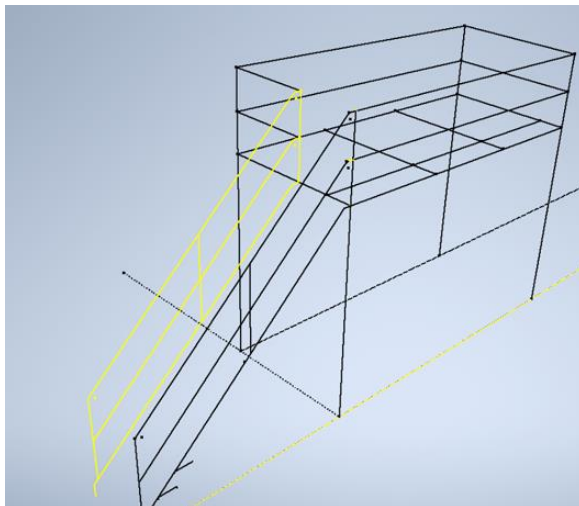
Parametreissä tiettyjä komentoja, mitä käytettiin parametrisen hoitotason työssä, on toimintoja, joilla voidaan manipuloida laskutuloksia. Usein käytetään parhaimmillaan reikämäärän tai muun vastaavan, jossa ei voida desimaaleja käyttää, toiminnot pyöristävät laskukaavojen tuloksia. Toiminnot ovat round, ceil ja floor. Round pyöristää ylöspäin seuraavaan, floor alaspäin ja ceil ylöspäin, toiminto toimii vain yksiköttömällä tyypillä, kuten kuvassa 15. nähdään [17].

Parameter Name	Unit	Value	Formula	Result
askel_väli	mm	185 mm		185,000000
askel_kpl	ul		round(torkeus / askel_väli)	16,000000
eka_askel	mm		korkeus / askel_kpl	181,250000
h_taso_pohja_kpl	mm		h_taso_leveys / 400 ul	4,250000

Kuva 15. parametri toiminto.

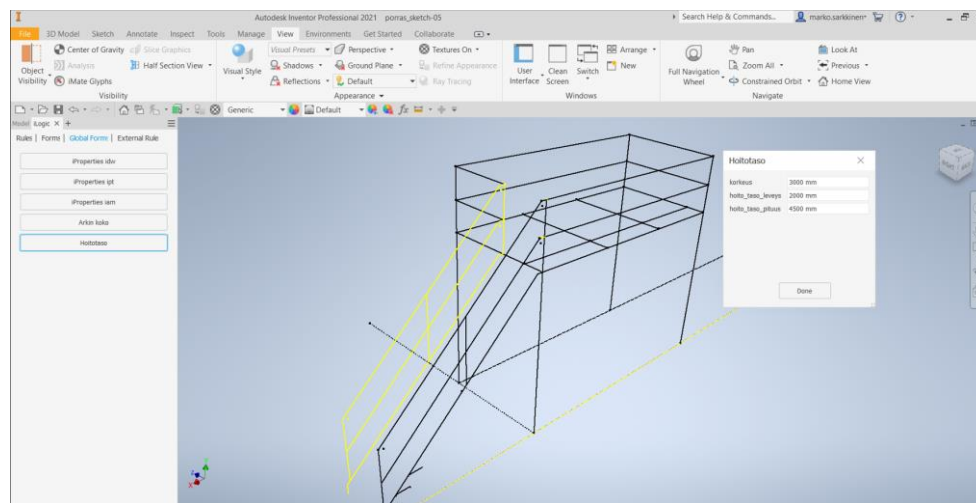
9 Hoitotason toteutus

Hoitotason suunnitelman toteutuksessa käytettiin multibody-mallia, geometria luotiin rautalankamalliin. Multibody-mallilla tehtäessä osien sopivuus taataan ilman erillisiä kiinnityksiä, koska rakennetaan koko ajan kokoonpanoa ja osien yhteensopivuus taattua. Multibody-mallinnuksen huonoina puolina pidetään muokkaamisen rajoittavia tekijöitä, mallien kasvaessa ovat isot multibodyt ovat raskaita käsitellä. Yhtä oikeaa tapaa ei ole luoda Skeletal-mallia, mutta kuvassa 16. yksi malliratkaisu. Ratkaisussa on tehty yksi osatiedosto rautalankamalli eli Skeletal-malli. Geometria aloitettiin oikean puolen porraskaste, vasemmalle porraskasteelle lisättiin Offset From Plane -toiminnolla uusi taso 800 mm ja Project Geometryllä projisoitiin eli peilattiin geometria uudelle tasolle. Näin määriteltiin portaiden leveys, joka tulee olemaan kiinteästi 800 mm leveä, joka on standarteissa suositeltava minimi. kuvassa 16. on projisoitu geometria keltaisena, ja projisoitu geometria seuraa alkuperäisen geometrian muutoksia. Apuviivoja käyttö auttaa paljon ja ne helpottavat geometrian tekemistä toisinaan huomattavasti. Porraskaskelmille luotiin apuviivat geometriana, josta muun muassa sai mitoitettua, askelmien nousun parametrin. Seuraavaksi luotiin geometria tasolle, jaloille ja kaiteet 3d sketchillä. Tason pituus nimettiin heti "h_tason_pituus" parametrilla ja tason sivukaiteille annettiin sama pituusmitta Equal-toiminnolla. Tason leveys nimettiin parametriaan "h_tason_leveys": mitta ohjasi päätykaiteen pituutta ja portaiden vieressä olevaa päätykaiteen parametriin lisättiin, miinus portaiden leveys. Näin saatiin työn parametriaalkeet hoitotasolle.



Kuva 16. Hoitotason geometria Skeletal Modeling.

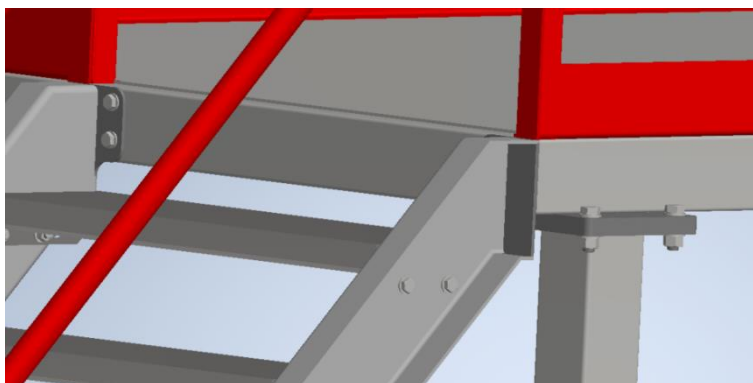
Kun tason geometria oli valmiina, testattiin niiden toimivuus ja toimiva ratkaisu kuvassa 17. iLogic tason geometrian muutoksin toteutettu hoitotaso.



Kuva 17. Ensimmäinen iLogic-testi.

9.1 Kokoonpano

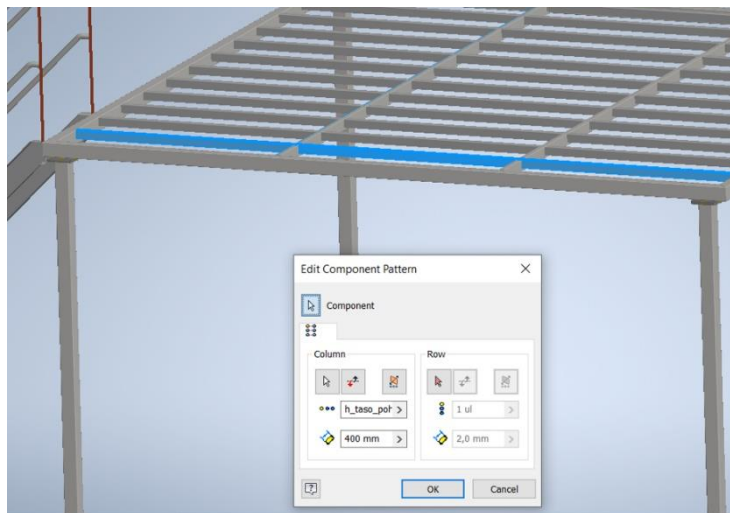
Skeletal sketch tuodaan Assemblyyn eli kokoonpanoon, Frame Generatorilla luotiin putki ole-
massa olevaan runkoon, putkista voi jokaisesta osasta luoda oman kokoonpanon. Yhdestä sketch-
tiedostosta voidaan luoda useita Frame Generator -kokoonpanoja, jokainen kaide, portaat ja itse
taso omaksi kokoonpanotiedostokseen. Putkiliitokset viistettiin Miter-toiminnolla jiiri kohdalleen,
trimmattiin Trim/Extend-toiminnolla putket työpiirustuksia ajatellen ja kaikille liitoslevyosille so-
piviksi. Mahdolliset hitsattavat liitososat sopivat paikoilleen kuvassa 18. pultattavat osat, le-
vyosien osalta parametriaa ei käytetty.



Kuva 18. Pulttiliitokset.

9.2 Pohjarimoitus suunnittelu

Tasoksi levyksi valittiin alumiiniriisilevy: tason pitkittäiset välipuut ovat kulmarautaa, joista ensimmäinen luotiin sketch geometriaan, Assemblyssä luotiin Frame Generatorilla kulmarauta ja Trim-työkälulla viimeisteltiin osat työkuviin. Pattern-toiminnolla kopioitiin tietyin ehdoin kuvassa 20. Pattern ja kuvassa 21. kaavaa parametrille.



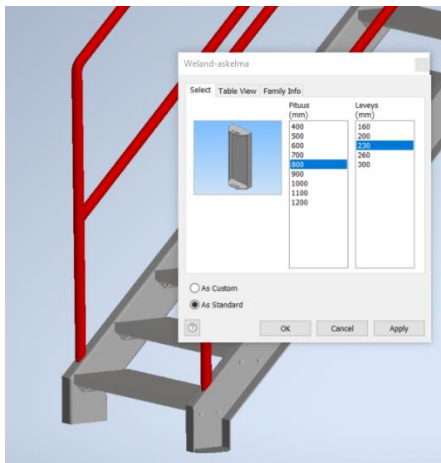
Kuva 20. Pohjarimoitus Pattern-toiminto.

User Parameters				
askel_väli	askel_kpl	mm	185 mm	185,000000
askel_kpl	d11, eka_askel	ul	round(torkeus / askel_väli)	16,000000
eka_askel	d12	mm	korkeus / askel_kpl	181,250000
h_taso_pohja_kpl		mm	h_taso_levitys / 400 ul	4,250000

Kuva 21. parametri pohjarivoille.

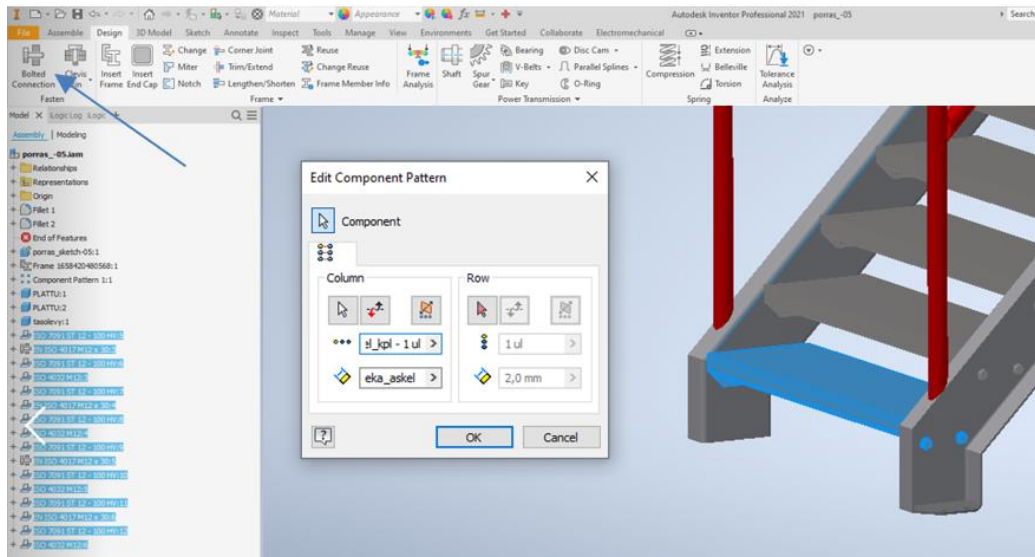
9.3 Portaat

Parametrisen suunnittelun osalta pyrittiin tekemään yksinkertaisen rakennelman ja suunniteltiin portaat kiinteään 40 asteen kulmaan. Portaiden sivupalkit, portaan reisi suunniteltiin tehtäväksi u-profiilipalkista ja portaiden kaiteissa käytetään pyöreää teräsputkea. Porrasaskelmina ALTEN Finland suunnittelijat käyttävät Weland-valmisaskelmia ja askelmat on kuvassa 22. Lisätty Inventorin Content Centeriin eli osakirjastoon. Valmis askelmien leveys teollisuuden hoitotasoissa voi olla 600–1200 mm laitos- ja tehdaskohtaiset standardit usein määräävät minimiporrasleveyden. Portaiden leveyksiä ohjaavat myös standartit, joka huomioitava ja niistä myöhemmissä kappaleissa.



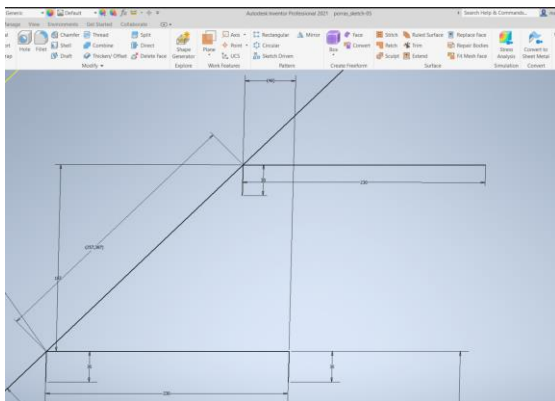
Kuva 22. Weland-askelma.

Inventorissa askelmien pulttinreikien teko onnistuu helposti Bolted Connection -toiminnolla, asetetaan ensimmäinen porras paikoilleen ja Bolt Connection -toiminnolla asetetaan kaikki neljä pulttia paikoilleen, Bolt Connection merkitty nuolella kuvassa 23. Askelmat ja pultit kopioidaan Rectangular Pattern -komennolla. Patternissa kopioiden määrää ja etäisyyttä ohjataan parametreilla, pulttien kopiointi tekee myös reiät u-profiiliin. Porraskulman, tasokorkeuden tai minkä tahansa muutoksen myötä porrasaskelmat ja pultit seuraavat toisiaan.



Kuva 23. Porras-Pattern.

Portaiden parametritieto saatiin laskukaavalla, joka saatiin alkumetreillä luodulla geometrialla, geometriasta suurennettu kuvassa 24. aiemmin esiintyy kuvassa 15. Alkuun määriteltiin porrasväliksi 185 mm, askelmäärä saatiin laskettua = (tason) korkeus/askel_väli, kuvassa 25. parametri-tieto ja laskukaava. Näin saatiin porraslaskuri porras-Pattern -toiminnolle kuvassa 24. [18].



Kuva 24. porrasgeometria.

User Parameters				
askel_väli	askaaskel	mm	185 mm	185,000000
askaaskel	d11_askaaskel	ul	round(korkeus / askel_väli)	16,000000
eka_askel	d12	mm	korkeus / askel_kpl	181,250000
h_taso_pohja_kpl		mm	h_taso_levyys / 400 ul	4,250000

Kuva 25. Parametria.

9.4 Kaiteet

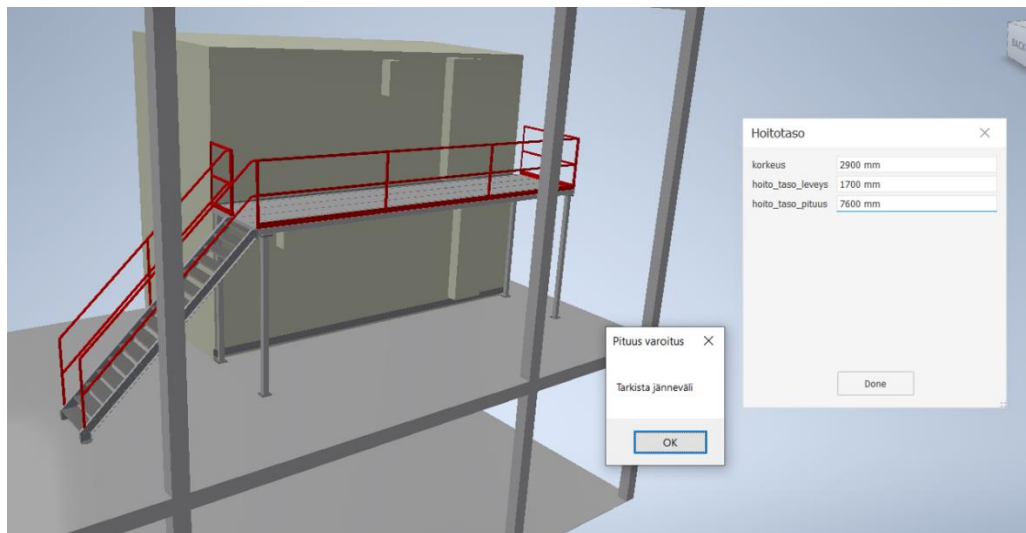
Skeletal-geometria tuodaan Assemblyyn eli kokoonpanoon, Frame Generatorilla. SFS-standardit määrittelevät suojakaiteiden korkeudelle vähimmäismitan 1100 mm ja siinä on oltava vähintään yksi välijohde. Kaiteiden osalta geometriaa ohjaa niin hoitotason pituus, leveys ja portaiden leveys. Kaidetolppien väli on hoitotason pituus jaettuna kolmeen osaan, joten 7000 mm pituusvaroitus on samalla varoitus myös kaidetolppien lisäämiselle. Kaiteille lisättiin potkupelti lain määräämin velvoittein, kuvassa 26. näkyvät kaide ja kiinnitysmalli. Kaiteet rakennettiin työkuviin soveltuvaksi.



Kuva 26. Kaide.

10 Esimerkkikohde

Todellinen tilanne, hoitotaso ilmanvaihtokoneiden väliin tasoksi. Ilmanvaihtokoneita oli kaksi laitetta päällekkäin, koneiden välissä 200 mm ja tähän väliin taso oli tarkoitettu. Tämän perusteella lisättiin ilmoitus- ja varoitustoiminnot hoitotason mitoille. Toteutuneeseen tasoon lisättiin joitain muutoksia, muun muassa taso sisälsi niin vinotuennat kuin yhden lisäjalankin pitkän jännevälin takia. Kokoonpanon puolella erinäisiä lisäyksiä on mahdollista tehdä, kunhan osat kiinnitetään (mate) järkevästi kokoonpanoon, mikäli esimerkiksi pituus muuttuu. Tasosta täytyi poistaa vasen kaide ilmanvaihtokoneen huollon kannalta, se onnistuu helposti piilottamalla Visible-toiminnolla kaide ja Bom-listalla merkitsemällä referenssiksi, näin ollen kaide ei tule piirustuksiin mukaan. Kuvassa 27. pursotettu malli tilasta ja hoitotaso. Laitetoimittajan kuvista mallinnettu pursottamalla ilmanvaihtokoneen kaikkien ulokkeiden ja muiden kanssa mahdollisimman tarkasti.



Kuva 27. Ilmastointikoneen hoitotaso.

11 Analysointi

Lopuksi esitän vanhemman suunnittelijan palautteen menetelmän soveltuvuudesta todellisudessa, hyvistä ja huonoista puolista. Loin SWOT-analyysin suunnitelmasta vanhemman suunnittelijan palautteen perusteella ja oman pohdinnan tuloksena. Palaute osoittaa parametriseen suunnittelun hoitotason osalta kannattavaksi, positiivisten vahvuuksien ja mahdollisuuksien osalta. Negatiivisia puolia on mahdollista saada myöhemmin siirrettyä lähemmäksi mahdollisuuksien so-
lua.

Taulukko 1. SWOT-analyysi parametrisestä hoitotasosta.

Positiiviset		Negatiiviset	
Vahvuudet		Heikkoudet	
<ul style="list-style-type: none"> • Muutosnopeus • Asiakaspalaute välitön • Visuaalinen • Vähentää virheitä • Vähentää suunnittelijan turhaa työtä • Yksinkertainen 		<ul style="list-style-type: none"> • Yksinkertainen • Muoto lukittu • Rajattu 	
Mahdollisuudet		Uhat	
<ul style="list-style-type: none"> • Asiakaspalaute • Asiakastyytyväisyys • Muokattavissa • Päivitysmahdollisuus 		<ul style="list-style-type: none"> • Mallinnusnopeus • Vähentää suunnittelijan työtä 	

12 Yhteenveto

Hoitotason suunnittelussa muokkaaminen kuten esim. välisarjojen lisääminen jäykkyyttä parantaakseen, voidaan lisätä helposti jälkikäteen. Toki on muistettava, että niin kauan kuin piirustusten teko ei ole mahdollista tämmöisellä tekniikalla ei kannata kovinkaan monipuolista rakennelmaa kehittää enempää. Tulevaisuudessa tulen kehittämään ja käyttämään vähintään omaksi iloksi parametrejä useammin.

Opinnäytetyön aihe saatiin keväällä, jolloin olin juuri aloittanut Inventorin käyttöä ja parametria oli siltä osin erittäin vierasta, kun lähdin rakentamaan tiettyä järjestelmää hoitotasoon.

Opinnäytetyötä työtä tehdessä Inventor on koko ajan tullut tutummaksi ja osittain tuntunut, että hoitotaso ja parametria olisi pitänyt rakentaa eri tavalla kuin mihin työssäni päädyin. Opinnäytetyötä pyrin pitämään aisoissa, ettei lähdetä rakentamaan liian suurta ja pettyä lopulta.

Tutkin paljon muiden tekemiä vastaavanlaisia opinnäytetöitä, ja olen lopulta tyytyväinen omaani. Aina täytyy muistaa, että suunnittelupöydällä korjaukset ovat halvempi tehdä kuin rakennelman ollessa valmis.

Lähteet

1. STT Viestintäpalvelut Oy. Ranskalaisjätti ALTEN aloittaa Suomessa, 2017. [viitattu 24.9.2022] Saatavilla: <https://www.sttinfo.fi/tiedote/ranskalaisjatti-alten-aloittaa-suomessa?publisherId=55666297&releasId=55666315>
2. ALTEN Finland. Meistä. [viitattu 24.9.2022] Saatavilla <https://www.alten.fi/#meista>
3. Vesakoski R. Alte: ajatuksella luotua tekniikkaa: 40 vuotta suunnittelua älyllä, kynällä ja koneella. Raahen Painopiste. 2009
4. SSAB Domex Tube rakenneputket: EN 1993 – käsikirja 2016. Hämeenlinna: SSAB Europe Oy; 2016.
5. SFS-EN 1090-1 + A1. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 1: Vaatimukset rakenteellisten kokoonpanojen vaatimustenmukaisuuden arviointiin. Suomen standardisoimisliitto SFS 2012.
6. Työsuojeluhallinto. Koneturvallisuus. Tampere: Multiprint. 2008. [Viitattu 25.9.2022] Saatavilla: https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/2426906/Koneturvallisuus_tso_16-2009.pdf/6ae406a0-29fc-45fa-a4a6-19e38af399cc
7. Suomen ympäristökeskus. RAKENNUKSEN KÄYTTÖTURVALLISUUS Asetuksen 1007/2017 tuomat muutokset [verkkoaineisto]. [Viitattu 1.10.2022] Saatavilla: <https://www.ymparisto.fi/fi-FI>
8. SFS-EN 14122-3. Kiinteät kulkutiet osa 3 portaat ja kaiteet. Suomen standardisoimisliitto SFS 2016.
9. SFS-EN 14122-2. Kiinteät kulkutiet osa 2 työskentely ja kulkutasot. Suomen standardisoimisliitto SFS 2016.
10. Siirilä T, Kerttula T. Koneturvallisuuden perusteet. 2. uud. p. Espoo: Opiks-tiimi; 2010.
11. Autodesk. [viitattu 20.10.2022] Saatavilla: <https://www.autodesk.fi/>
12. English T. Inventorin historia. 2017 [viitattu 19.9.2022] Saatavilla: <https://blogs.autodesk.com/inventor/look-history-inventor-eyes-jay-tedeschi/>

13. What exactly is iLogic. 2019 [viitattu 19.9.2022] Saatavilla: <https://clint-brown.co.uk/2019/12/14/what-exactly-is-ilogic/>
14. iLogic Basics. [Internet] 2014. [viitattu 19.9.2022] saatavilla: <https://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2014/ENU/?guid=GUID-1414459D-3CF8-4719-8DDF-1AC17CE184F1>
15. Cadgroup Australia.Introduction to Autodesk Inventor iLogic. [Video]. 2013 [viitattu 19.11.2022] Saatavilla: <https://www.youtube.com/watch?v=xGx8hXKaYu8>
16. The Power of Math in Inventor Parameters | Autodesk Virtual Academy. [Internet]. 2016 [viitattu 19.9.2022] Saatavilla: <https://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2016/ENU/?guid=GUID-8E5C63EA-0540-4EBE-9B17-B8159C7FE40C>
17. Maxwell-Stewart P. Inventor 2018: Rounding Parameters. 2017 Saatavilla: <https://www.cadlinecommunity.co.uk/hc/en-us/articles/115004489825-Autodesk-Inventor-Rounding-Parameters>
18. Jacobsen C.J. Inventor: Trappe 1: Skelet – CJJ. [Video]. 2013. Saatavilla: <https://www.youtube.com/watch?v=8oT7lhuiEzw&t=5s>

