



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Jaakko Kärnä

Käytettävyysheuristiikkojen luonti CAD-ohjelmille

Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen
yksikkö

Tietojärjestelmätieteen Pro gradu -tutkielma
Tietojärjestelmätieteen maisteriohjelma

Vaasa 2025

VAASAN YLIOPISTO**Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö**

Tekijä:	Jaakko Kärnä		
Tutkielman nimi:	Käytettävyyshauristiikkojen luonti CAD-ohjelmille		
Tutkinto:	Kauppatieteiden maisteri		
Oppiaine:	Tietojärjestelmätieteen maisteriohjelma		
Työn ohjaaja:	Laura Havinen, Teemu Mäenpää		
Valmistumisvuosi:	2025	Sivumäärä:	65

TIIVISTELMÄ:

Tutkimuksen tavoitteena on luoda käytettävyyshauristiikat tietokoneavusteisille suunnitteluohjelmille, eli CAD-ohjelmille. Aihe on tärkeä, koska CAD-ohjelmat ovat keskeisessä roolissa monien alojen eri prosesseissa. CAD-ohjelmilla on valtava määrä erilaisia käyttäjiä useiden eri alojen ammattilaisten keskuudessa, joten niidenkin käytettävyyttä tulee kehittää ja tutkia mahdollisimman laajasti. Aiempaa tutkimusta juuri CAD-ohjelmiin liittyvistä huristiikoista on vaikea löytää, joten tämän tutkimuksen aihe koettiin myös sitä kautta tärkeäksi tutkimuskentälle.

Tarkemmin tarkasteltuna tutkimuksen tavoitteena on luoda kattava luettelo käytettävyyshauristiikkoja, jotka voidaan ottaa huomioon uusien CAD-ohjelmistojen suunnitteluvaiheissa ja valmiiden CAD-ohjelmien käytettävyyden tutkimisessa. Huristiikat luodaan vastaamalla tutkimuskysymykseen: Mitkä ovat CAD-ohjelmille muodostuvien käytettävyyshauristiikkojen keskeiset osatekijät? Näiden käytettävyyshauristiikkojen avulla CAD-ohjelmista saadaan käyttäjäystävällisempiä, tehokkaampia sekä yleisen käytettävyyden kannalta parempia. Valmiita huristiikkoja löytyy aiemman tutkimuksen pohjalta paljon, mutta tämän tutkielman kannalta tärkeäksi koettiin se, että ne luodaan suoraan CAD-ohjelmille tarkoitettuna.

Tutkielmassa syntyneet käytettävyyshauristiikat johdettiin tutkimusmenetelmällä, joka perustuu mixing process -malliin, jossa yhdistyvät olemassa olevien huristiikkojen hyödyntäminen, aiemmin luodut tutkimusartikkelit ja eri CAD-ohjelmia käyttävien henkilöiden haastattelut. Aluksi tutkielmassa tarkastellaan laajasti aiempaa tutkimusta ja olemassa olevia käytettävyyshauristiikkoja eri konteksteissa. CAD-ohjelmien käyttäjät osallistettiin tutkielmaan teemahaastattelujen kautta, jolloin saatiin tutkimuksen kannalta tärkeitä vastauksia myös itse loppukäyttäjien käyttökokemuksesta. Tämän jälkeen pystyttiin vastaamaan tutkimuskysymykseen, jonka perusteella luotiin kattava luettelo käytettävyyshauristiikoista, jotka soveltuvat erityisesti erilaisten CAD-ohjelmistojen käytettävyyden arviointiin ja kehittämiseen.

Lopputuloksena syntyi joukko konkreettisia suosituksia ja käytettävyyshauristiikkoja, jotka voivat toimia hyödyllisenä työkaluna CAD-ohjelmistojen kehittäjille käyttäjäystävällisyyden parantamisessa. Tärkeimpinä käytettävyyshauristiikkoina tutkimuksessa nousi esiin oppimisen tukeminen ja CAD-ohjelmien käytön aloituskynnyksen madaltaminen sekä ohjelmien muokattavuus ja pikanäppäinten hyödyntäminen kaikilla eri syöttölaitteilla. Lisäksi tutkielma tarjoaa pohjan jatkotutkimukselle ja kehitykselle CAD-ohjelmistojen käytettävyyden parantamiseksi.

AVAINSANAT: käytettävyyshauristiikka, käytettävyys, huristiikka, CAD

Sisällys

1	Johdanto	6
1.1	Tutkimuksen tavoite ja menetelmä	8
1.2	Tutkielman rakenne	9
2	Käytettävyysheuristiikat	10
2.1	Käytettävyys	10
2.2	Heuristiikka	12
2.3	Heuristinen arviointi käytettävyyden kehittämisessä	17
3	CAD-ohjelmien käytettävyys	20
3.1	Katsauksen toteuttaminen	20
3.2	Katsauksen havainnot	22
4	Menetelmäluku	29
4.1	Laadullinen tutkimus	29
4.2	Laadullisen tutkimuksen prosessi	31
4.3	Teemahaastattelu	33
4.4	Mixing process -malli	35
5	Tulosluku	37
5.1	Tutkimuksen taustatiedot	38
5.2	Yleinen käyttökokemus	38
5.2.1	Suurimmat haasteet CAD-ohjelmien käytössä	39
5.2.2	Parhaat piirteet ja ominaisuudet CAD-ohjelmien käytössä	40
5.3	Käyttötilanteet ja tarpeet	41
5.4	Käyttöliittymän selkeys ja intuitiivisuus	43
5.4.1	Käyttöliittymien haasteet	44
5.4.2	Hyvät käytettävyysominaisuudet	46
5.5	Käyttäjäkokemuksen parantaminen	47
5.6	Teemahaastattelujen keskeisimmät havainnot ja heuristiikat	50
5.7	Heuristiikkojen kehitys ja luonti	52
6	Diskussio	59

Lähteet	63
Liitteet	68
Liite 1. Teemahaastattelujen kysymykset	68

Kuviot

Kuvio 1. Oppimiskäyrät eri tasoisille käyttäjille kuvitteellisessa järjestelmässä (mukaillen Nielsen, 1994, s.28)	11
Kuvio 2. Artikkelien valintaprosessi	22
Kuvio 3. Laadullisen tutkimuksen ominaispiirteet (mukaillen, Juhila, 2021)	31
Kuvio 4 Laadullisen tutkimuksen prosessikaavio (mukaillen, Günther & Hasanen, 2021)	32

Taulukot

Taulukko 1. Nielsenin kymmenen käytettävyyshuristiikkaa ja niiden kuvaus (Nielsen, 2020, suomennokset mukailee Ovaska & muut, 2005, s.114)	13
Taulukko 2. Shneidermanin kahdeksan kultaista sääntöä dialogin suunnittelussa ja niiden kuvaus (Shneiderman, 2016, suomennokset mukailee Ovaska & muut, 2005, s.117)	15
Taulukko 3. Hakumerkkijonot CAD-ohjelmien käytettävyyteen liittyviin tutkimusjulkaisuihin	21
Taulukko 4. Tutkimusten eri teemat CAD-ohjelmien käytettävyyteen	23
Taulukko 5. Keskeiset sekä samankaltaiset havainnot tutkituista artikkeleista	26
Taulukko 6. Käytettävyyshuristiikkojen luonnissa hyödynnetyt prosessit (mukaillen Quiñones & Rusu, s. 97)	35
Taulukko 7. Haastateltavien tyypilliset työtehtävät ja keskeisimmät tarpeet	42
Taulukko 8. Tutkimuksen tuloksena syntyneet huristiikat, niiden kuvaus ja tutkimukseen pohjautuvat perustelut	53

Lyhenteet

ISO	International Organization for Standardization
CAD	Computer Aided Design
H	Haastateltava
HE	Heuristiikka

1 Johdanto

CAD (Computer Aided Design) -ohjelmat, eli tietokoneavusteiset suunnitteluohjelmat ovat kehittyneet jatkuvasti 1960-luvun alusta lähtien (Tornincasa & Di Monaco, 2010, s. 1) ja niitä onkin luotu useita versioita, usealle eri alalle, kuten arkkitehtuuriin, tuotemuotoiluun, sähkösuunnitteluun ja rakennusalan määrälaskentaan. Tämä pro gradu -tutkielma keskittyy CAD-ohjelmien käytettävyyshauristiikkojen luomiseen. Käytettävyyshauristiikat ovat vakiintuneita mittareita ohjelmistojen käytettävyyden arvioimiseksi ja niiden luominen CAD-ohjelmille luo omat haasteensa, kun otetaan huomioon CAD-ohjelmien käytön laajuus, monimutkaisuus ja käyttäjien erilaiset tarpeet.

Leen ja muiden (2010, s. 90–91) mukaan CAD-järjestelmät ovat kehittyneet yksinkertaisista 2D-piirustustyökaluista kehittyneisiin 3D-parametrimallinnussovelluksiin. Nämä työkalut eivät ainoastaan enää tue suunnittelua, vaan ne sisältävät myös alakohtaista tietoa, mikä tekee niistä korvaamattomia monimutkaisten hankkeiden suunnittelussa. Monimutkaiset toiminnot ja ominaisuudet voivat kuitenkin haastaa kokeneimmatkin käyttäjät. Siksi käytettävyyden parantaminen on ratkaisevan tärkeää, jotta CAD-ohjelmistojen koko potentiaali voidaan hyödyntää. Kuten kaikissa ihmisen ja tietokoneen välisissä käyttöliittymissä, huono suunnittelu ja käytettävyys voi olla pahimmillaan käyttäjän tehokkuuden ja tuloksellisuuden tiellä (Chi & Chung, 1996, s.255). Jotta tällaisilta tapauksilta vältyttäisiin, on syytä tutkia ja kehittää CAD-ohjelmiin liittyvää käyttökokemusta.

Käytettävyys yleisesti on erittäin tärkeä aihe puhuttaessa erilaisista ohjelmista, tuotteista ja palveluista, joita loppukäyttäjät hyödyntävät. Mack ja Sharples (2009, s. 1515) mainitsevat tutkimusjulkaisussaan, että käytettävyys tarkoittaa muutakin kuin helppokäyttöisyyttä. Loppukäyttäjät saattavat usein valita tuotteen, vaikka se ei olisikaan helppokäyttöinen, koska käyttö voidaan kokea miellyttäväksi, haastavaksi tai palkitsevaksi. Mack ja Sharples (2009, s. 1515) jatkavat, että sen sijaan, että eri tuotteita pidettäisiin välineinä, joiden avulla loppukäyttäjät suorittavat tehtäviä, niitä pidetään ”elävinä esineinä, joilla on suhde ihmisiin”. Tämä on hyvä muistutus siitä, että

hyvä käytettävyys ei aina tarkoita helppoa käytettävyyttä, vaan paremminkin voitaisiin puhua siitä, että hyvä käytettävyys johtuisi eri tuotteiden ”käytön ilosta” (Mac & Sharples, 2009, s. 1515).

Nielsenin mukaan (1994a, s.152) heuristinen arviointi on kevennetyn käytettävyystestauksen menetelmä käyttöliittymien käytettävyysongelmien arvioimiseen. Käytännössä tapahtuvassa heuristisessa arvioinnissa joukko arvioijia tarkastelee käyttöliittymää laajojen käytettävyysperiaatteiden seasta poimittujen pienempien tekijöiden mukaisesti, joita kutsutaan ”heuristiikoiksi” (Nielsen, 1994a, s.152).

CAD-ohjelmien käytettävyydestä löytyy jossain määrin aiempia tutkimuksia, kuten Haapasalon ja Kessin (2004, s. 74–75) tutkimuksen tulokset osoittavat, että CAD-käyttöliittymiä tulisi uudelleen tarkastella ja keskittyä käyttöliittymäsuunnitteluun, joka tukee paremmin luovuutta ja vähentää kognitiivista kuormitusta. Tutkimus korostavaa myös, että asteittaiset parannukset eivät riitä ja että kehittäjiä on kiinnitettävä enemmän huomiota käyttäjien käytännön tarpeisiin CAD-järjestelmiä kehittäessään. Allwoodin ja Kalénin (1994, s. 158–159) tulevaisuuden CAD-järjestelmät voisivat hyötyä ymmärrettävyyden parantamisesta erityisesti kuvakkeiden ja käyttöliittymien suunnittelussa. Myös peruuttamistoimintojen ja parempien tietokannan hakujärjestelmien tutkiminen parantaisi käytettävyyttä ja käyttäjäkokemusta (Allwood & Kalén, 1994, s. 158–159).

CAD-ohjelmista koostuva maailma on täysin omanlaisensa, sillä niiden käyttäjät eivät yleensä ole satunnaisia käyttäjiä, vaan insinöörejä, arkkitehteja ja muita, jotka vaativat eri ohjelmistoilta erikoistuneita toimintoja. Tämän takia on tärkeää, että käytettävyysheuristiikat viedään lähelle käyttökohdetta, jotta niistä saadaan ulosmitattua maksimaalinen hyöty. Valmiiksi luodut heuristiikat ovat hyvä ohjenuora eri ohjelmistojen kehittämiseksi, mutta ne eivät välttämättä kata kaikkea sitä, mitä CAD-ohjelmien suhteen olisi hyvä ottaa huomioon. Siitä syystä on hyvä katsoa aihealuetta

myös muiden heuristiikkojen kautta ja tässä tutkielmassa pyritäänkin selvittämään parhaat käytettävyyshauristiikat CAD-ohjelmille mixing process -mallia (Quiñones & Rusu, 2017, s.95) apuna käyttäen.

1.1 Tutkimuksen tavoite ja menetelmä

Tämän pro gradu -tutkielman tavoitteena on luoda käytettävyyshauristiikat CAD-ohjelmistoille ja sen kautta tarjota systemaattinen tapa arvioida CAD-ohjelmien käytettävyyttä. Kun tutkielman tavoite toteutuu, luotuja käytettävyyshauristiikkoja voidaan hyödyntää eri CAD-ohjelmien kehittämisessä, jotta CAD-ohjelmien käytettävyys, tehokkuus ja käyttäjäkokemuksen taso paransivat. Näiden asioiden kautta päästään kiinni tämän tutkimuksen tutkimuskysymykseen: Mitkä ovat CAD-ohjelmille muodostuvien käytettävyyshauristiikkojen keskeiset osatekijät?

Tutkimuskysymykseen vastaamalla ja uusien käytettävyyshauristiikkojen luomisen jälkeen saavutetaan entistä tehokkaampia työkaluja eri CAD-ohjelmia sisältävään kenttään. Tutkimuksen pääpainona toimii käytettävät heuristiikat käytettävyystudkimuksessa. Tutkimus toteutetaan scoping review-kirjallisuuskatsauksena ja lopulliset heuristiikat luodaan mixing process -mallia hyödyntäen (Quiñones & Rusu, 2017, s.95). Mixing process -mallissa voidaan hyödyntää useita eri prosesseja käytettävyyshauristiikkojen luomisessa (Quiñones & Rusu, 2017, s.97). Tässä tutkimuksessa hyödynnettävät prosessit liittyvät olemassa oleviin Nielsenin kymmenen heuristiikkaan (Nielsen, 2020), Shneidermanin kahdeksaan kultaiseen sääntöön (Shneiderman, 2016), kirjallisuuskatsauksen tuloksiin ja tutkimushaastatteluihin CAD-ohjelmien käyttäjien kanssa.

Tärkeimpinä tuloksina tutkimus pyrkii tarjoamaan johdonmukaisen ja yhtenäisen linjan CAD-ohjelmien käytettävyyden arviointiin käytettävyyshauristiikkojen avulla, sekä käyttökelpoisia suosituksia ohjelmien käytettävyyden parantamiseksi, jotta niiden

käyttökokemusta saadaan hiottua entistä käyttäjäystävällisemmäksi tulevaisuutta ajatellen.

1.2 Tutkielman rakenne

Tutkielma koostuu kuudesta eri pääluvusta. Ensimmäisen pääluvun alla johdanto avaa tutkielman kontekstin ja esittelee tutkimuksen tavoitteen sekä menetelmät. Luku pyrkii auttamaan lukijaa hahmottamaan tutkielman laajemman merkityksen. Tutkielman toisessa luvussa käydään läpi käytettävyysheuristiikan käsitteet ja teoriat, sekä eritellään tarkemmin käytetyt termit käytettävyys ja heuristiikka. Nämä yhdessä luovat perustan heuristiikkojen ymmärtämiselle. Tässä luvussa käydään läpi myös se, kuinka heuristista arviointia voidaan hyödyntää tehokkaassa käytettävyyden kehittämisessä.

Kolmas luku keskittyy CAD-ohjelmien käytettävyyden arviointiin. Tämä luku sisältää tutkielman teoreettisen viitekehyksen, jonka kautta tutkielmassa syntyvät heuristiikat tullaan rakentamaan. Tutkielman neljäs luku esittää tutkimuksen metodologian, jossa käydään läpi tutkimuksen suunnittelu, aineiston keruu ja menetelmät, joilla analyysi suoritetaan. Luku tarjoaa yksityiskohtaisen katsauksen siitä, miten tutkimus on toteutettu.

Viides luku sisältää tehdyn tutkimuksen tulokset ja analyysin, keskittyen erityisesti heuristiikkojen kehitykseen ja luontiin. Tulokset tuodaan esiin ja niitä tarkastellaan suhteessa tutkimukseen liittyviin kysymyksiin. Tutkielma päättyy lukuun kuusi, diskussio, jonka kautta summataan yhteen koko pro gradu -tutkielman tulokset, käydään läpi mahdolliset jatkotutkimusaiheet, sekä pohditaan tutkimuksen vahvuuksia ja heikkouksia.

2 Käytettävyysheuristiikat

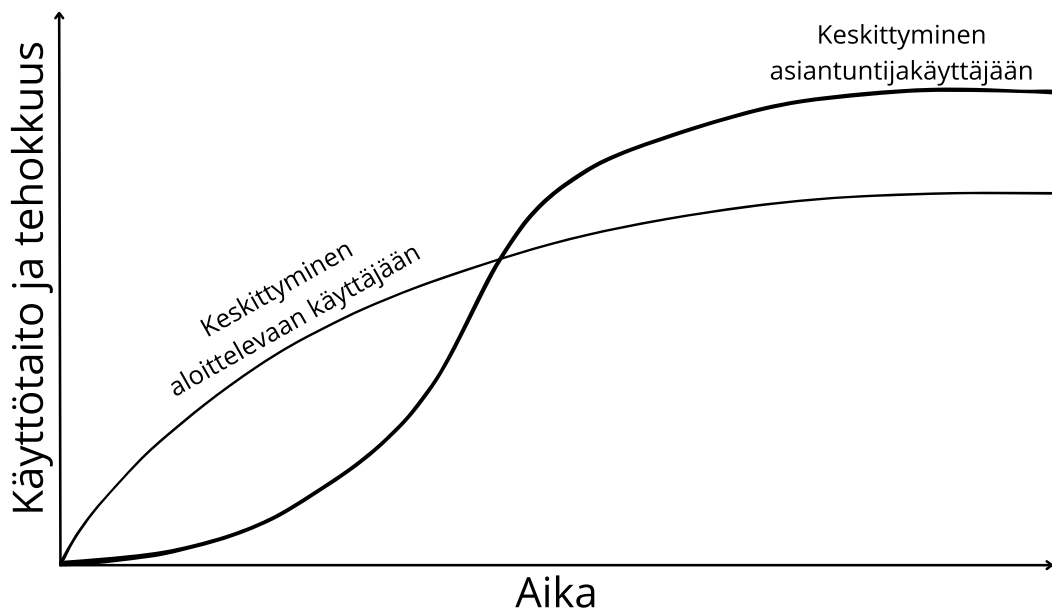
Tässä kappaleessa käsitellään tarkemmin termit käytettävyys ja heuristiikka. Heuristiikat avataan käyttämällä Nielsenin tunnettuja kymmentä käytettävyysheuristiikkaa (2020) sekä Shneidermanin kahdeksaa kultaista sääntöä (2016). Luvussa tullaan myös avaamaan se, kuinka käytettävyysheuristiikkoja käytetään myös käytettävyyden kehittämisen työkaluna heuristisen arvioinnin kautta.

2.1 Käytettävyys

Käytettävyyden merkitys kasvaa nykymaailmassa joka päivä, koska ihmiskunnan käsillä on koko ajan enemmän erilaisia interaktiivisia tuotteita ja palveluita, joissa käytettävyyttä voidaan kehittää ja tarkastella. Siitä puhuttaessa ja sitä tutkiessa, voidaan törmätä useisiin erilaisiin ajatusmalleihin siitä, mitä on käytettävyys? Käytettävyys on määritelty kansainvälisessä ISO-standardissa (ISO 9241-11:2018), joka tunnetaan nimellä "Usability: Definitions and concept". Sen mukaan käytettävyys kuvaa sitä, missä määrin tietyt käyttäjät voivat käyttää järjestelmää, tuotetta tai palvelua tiettyjen tavoitteiden saavuttamiseksi tehokkaasti ja tyydyttävästi määrättyssä käyttötilanteessa. ISO 9241-11 (2018) standardissa mainitaan myös, että käytettävän interaktiivisen palvelun tai tuotteen tulee olla uusille käyttäjille helposti opittavissa, jotta heistä tulee tehokkaita ja tyytyväisiä loppukäyttäjiä. Standardissa todetaan myös, että käytettävyydellä on merkitystä suunniteltaessa tai arvioitaessa tuotetta tai palvelua. Se tulee huomioida myös kehityksessä, vertailussa tai tutkimusten tekemisessä (ISO 9241-11:2018).

Käytettävyys koostuu Jakob Nielsenin (1994, s.27) mukaan useista osatekijöistä, joita ovat opittavuus, tehokkuus, muistettavuus, virheiden välttäminen ja korjaaminen sekä käyttäjien kokemasta tyytyväisyys. Opittavuus tarkoittaa sitä, kuinka helppoa käyttäjien on suorittaa perustehtäviä ensimmäistä kertaa tuotetta tai palvelua käytettäessä. Opittavuus riippuu käyttöliittymän johdonmukaisuudesta ja sen kyvystä kumota ja

peruuttaa eri toimintoja. Opittavuutta voidaan mitata sillä, kuinka kauan uuden tehtävän oppiminen kestää (Kaminski, 2020). Tehokkuus määritellään sillä nopeudella, jolla käyttäjä voi suorittaa tehtävän tai saavuttaa tavoitteen. Tyypillinen mittaustapahtuu suoritettavaan tehtävään tarvittavan ajan pituudella, tehtävän onnistumisprosentilla, näppäinpainallusten määrällä ja suoraviivaisuuden parametreilla (Kaminski, 2020). Kuviossa 1 nähdään, kuinka opittavuutta ja tehokkuutta voidaan kuvata Nielsenin (1994, s 28) oppimiskäyrillä, jotka kuvastavat kuvitteellisen järjestelmän kehittymistä. Toinen kuvitteellisista järjestelmistä painottuu aloittelevan käyttäjän helppoon oppimiseen mutta on vähemmän tehokas käytössä, kun taas toinen järjestelmä on vaikeampi oppia, mutta erittäin tehokas asiantuntijakäyttäjille.



Kuvio 1. Oppimiskäyrät eri tasoille käyttäjille kuvitteellisessa järjestelmässä (mukaiillen Nielsen, 1994, s.28)

Kolmas Nielsenin (1994) luomista osatekijöistä on muistettavuus, jota Kaminski (2020) käsittelee artikkelissaan kysymällä, kuinka helposti käyttäjät pystyvät palauttamaan taitonsa palattuaan käyttämään järjestelmää pitkän tauon jälkeen? Kun käyttäjä on oppinut navigoimaan järjestelmässä ja löytämään tarvitsemansa, hänen on voitava

muistaa se palatessaan. Järjestelmän on oltava helposti muistettava (Kaminski, 2020). Neljäntenä osatekijänä on virheet. Kuinka monta virhettä käyttäjät tekevät, kuinka vakavia nämä virheet ovat ja kuinka helposti he voivat palautua virheistä? Virhetoleranssi viittaa järjestelmän kykyyn auttaa käyttäjiä välttämään virheitä ja selviytymään niistä. Virheitä mitataan esimerkiksi niiden yleisyyden ja palautumisnopeuden perusteella.

Viidentenä ja viimeisenä Nielsenin (1994) osatekijöistä on käyttäjien tyytyväisyys. Sen keskeisiä mittareita ovat erilaiset välineet ja käyttäjähaastattelut, joilla voidaan mitata käyttäjien käsitystä järjestelmästä. Tyytyväisyys koostuu joukosta subjektiivisia mittareita, jotka liittyvät käyttäjän käsitykseen järjestelmän käytettävyydestä (Kaminski, 2020).

Salman ja muut (2025, s. 81) mainitsevat tutkimuksessaan, että ohjelmistokehityksessä käytettävyyteen on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta voidaan tuottaa entistä parempia ja käyttökelpoisempia tuotteita. Käytettävyyttä tuleekin arvioida käytettävyydestä ja se onkin olennainen osa käytettävyyden selvittämistä. Käytettävyydestä tarkoitetaan kokoelmaa menetelmiä, joilla tutkitaan ohjelmiston ja loppukäyttäjän vuorovaikutusta ja sen tuloksia (Salman ja muut, 2025, s. 81).

2.2 Heuristiikka

Heuristiikka termin etymologia juontaa juurensa muinaisen kreikan kielen sanaan "heuriskein" ja latinan kielen sanaan "heuristicus" (Romanycia & Pelletier, 1985, s. 47). Yhdessä ne tarkoittavat suomen kielessä "palvelee selvittämistä tai löytämistä". Albert Einstein sisällytti termin vuonna 1905 kvanttifysiikasta kertovan tutkimuksensa otsikkoon, mikä osoittaa sen, että hänen esittämä näkemys oli epätäydellinen mutta erittäin hyödyllinen (Gigerenzer & Gaissmaier, 2011, s. 454). Heuristiikka terminä on muovaantunut vuosien saatossa ja esimerkiksi matemaatikko George Polya erotti heuristiikat analyyttisistä menetelmistä ja hänen mukaansa heuristiikkoja tarvitaan

todisteiden löytämiseen, kun taas analyysi on todisteiden tarkistamista (Gigerenzer & Gaissmaier, 2011, s. 454).

Jakob Nielsenin kymmenen käytettävyyshauristiikkaa ovat olleet laajalti käytössä vuodesta 1994 lähtien, toimien yleisinä sääntöinä ohjatesaan järjestelmien kehittymistä (Kaplan, 2021). Nämä kymmenen huristiikkaa tarjoavat vankkaa pohjaa esimerkiksi ammattilaisille, jotka työskentelevät monimutkaisten järjestelmien parissa. Nielsenin kymmenen käytettävyyshauristiikkaa soveltuvat myös useimpiin muihin vuorovaikutuksen muotoihin, videopeleistä virtuaalitodellisuuden sovelluksiin (Kaplan, 2021). Nielsenin luomia kymmentä käytettävyyshauristiikkaa kuvataan taulukossa 1.

Taulukko 1. Nielsenin kymmenen käytettävyyshauristiikkaa ja niiden kuvaus (Nielsen, 2020, suomennokset mukailee Ovaska & muut, 2005, s.114)

Käytettävyyshauristiikka	Kuvaus
Järjestelmän tilan näkyvyys	Järjestelmän tulisi pitää käyttäjät aina ajan tasalla siitä, mitä tapahtuu antamalla asianmukaista ja ajantasaista palautetta eri toiminnoista.
Järjestelmän ja todellisen maailman välinen vastaavuus	Järjestelmän tulisi sisältää käyttäjän kieltä ja tuttuja käsitteitä sen sijaan, että käytettäisiin haastavaa ammattisanastoa.
Käyttäjän hallinta ja vapaus	Järjestelmän tulisi aina tarjota käyttäjälle ”hätauloskäyntiä” eri virhetilojen sattuessa.
Standardit ja johdonmukaisuus	Eri sanat, toiminnot ja tilanteet tulisi olla mahdollisimman johdonmukaisia, jotta käyttäjä ei joudu arvailemaan tarkoittavatko ne samaa vai eri asiaa.
Virheiden ennaltaehkäisy	Selkeät virheilmoitukset eri vikatiloille. Tätä tärkeämpi on vikatilojen minimointi

	järjestelmän oikeanlaisella suunnittelulla ja toteutuksella.
Tunnistaminen muistamisen sijaan	Pyritään välttämään käyttäjän oman muistin kuormittamista. Eri elementit, toimet ja vaihtoehdot tulee olla koko ajan saatavilla näkyväksi käytettäessä järjestelmää.
Tehokkuus ja joustavuus	Tehokkuus vaatii asiantuntijuutta. Esimerkiksi pikanäppäimet, jotka ovat piilossa aloittelevalla käyttäjältä, voivat edistää asiantuntijakäyttäjän tehokasta käyttöä.
Esteettinen ja minimalistinen suunnittelu	Käyttöliittymän ei tulisi sisältää tarpeetonta tietoa. Jokainen rajapinnan ylimääräinen informaatioyksikkö kilpailee relevanttien informaatioyksiköiden kanssa.
Virhetilanteiden tunnistus, diagnoosi ja palautuminen	Virheilmoitusten tulisi olla ilmaistu selkokielellä ilman ylimääräisiä virhekoodeja. Tarkka osoitus ongelmasta ja ratkaisuehdotus helpottavat palautumista virhetilanteesta.
Ohjeet ja dokumentaatio	Parhaassa tapauksessa järjestelmän toiminnot eivät vaadi lisäselityksiä. Dokumentaatiota tulee kuitenkin olla tarjolla tehtäviä suoritettaessa.

On myös olemassa muita tieteenalan tärkeimpiä malleja ja periaatteita, kuten esimerkiksi Ben Shneidermanin kahdeksan kultaista sääntöä (Shneiderman, 2016). Se on hieman Nielsenin luomia heuristiikkoja (Nielsen, 2020) suppeampi, mutta sisältää

samoja malleja hieman eri kontekstissa. Nämä kyseessä olevat periaatteet ovat johdettu Shneidermanin (2016) sanoin kokemuksesta ja ne ovat hioutuneet kolmen vuosikymmenen aikana nykyiseen muotoonsa ja silti ne edellyttävät validointia ja muokkaamista eri aloja varten. Hän muistuttaa, että mikään tällainen listaus ei voi olla täydellinen, mutta vuonna 1985 luotu alkuperäinen lista on ollut runsaassa käytössä ja se onkin laajentunut aikojen saatossa eri toimijoiden ansiosta. Shneidermanin kahdeksan sääntöä (2016) kuvataan taulukossa 2.

Taulukko 2. Shneidermanin kahdeksan kultaista sääntöä dialogin suunnittelussa ja niiden kuvaus (Shneiderman, 2016, suomennokset mukailee Ovaska & muut, 2005, s.117)

Sääntö	Kuvaus
Pyri johdonmukaisuuteen.	Käytettävä terminologia, väritys, asettelu, ohjeistukset jne. tulisi olla yhteneväistä. Poikkeukset, kuten salasanojen näyttämättömyys tulisi olla selkeästi ymmärrettävissä
Pidä huolta käytettävyydestä yleisesti.	Erialaisten käyttäjien tarpeet tulisi tunnistaa ja sisällön muunneltavuus ottaa huomioon. Esimerkiksi aloittelijoille lisättävät ohjeistukset ja kokeneemmille käyttäjille mahdollistettavat pikanäppäimet parantavat koettua laatua.
Tarjoa informatiivista palautetta.	Jokaisesta käyttäjän toimesta tulisi järjestelmän antaa palaute. Usein tapahtuviin toimiin vastaus voi olla vaatimaton, kun taas harvinaisiin toimiin sen tulisi olla huomattavampi. Eksplisiittinen ympäristön muutosten näyttäminen on kohteen visuaalisen esittämisen tulos.

Suunnittele dialogit sulkeutumaan.	Jaksot, joissa toimintaa tapahtuu, tulisi järjestää ryhmiin, joilla on alku, keskikohta ja loppu. Informatiivinen palaute toimintojen lopussa antaa käyttäjille selvän merkin onnistumisesta.
Ehkäise virheitä.	Järjestelmän tulisi olla suunniteltu niin, että vakavien virheiden teko on mahdollisimman epätodennäköistä. Esimerkiksi aakkosmerkkien esto numerokentissä. Virheen tapahtuessa järjestelmän tulisi tarjota rakentavat ja tarkat ohjeet palautumiseen.
Salli toimintojen helppo peruuttaminen.	Toiminnot tulisi olla kumottavissa. Virheiden peruutettavuus rohkaisee käyttäjää tutkimaan tuntemattomia vaihtoehtoja.
Pidä käyttäjät hallinnassa.	Kokeneemmat käyttäjät haluavat tuntea, että he hallitsevat järjestelmää. Yllätykset tai muutokset tuttuun ovat ei-haluttuja. Esimerkiksi vaikeudet tarvittavan tiedon saamisessa tai haluttujen tulosten saavuttamattomuus ärsyttää käyttäjää.
Vähennä lyhytkestoisen muistin kuormaa.	Ihmisten rajallinen kyky käsitellä tietoa lyhytaikaisessa muistissa edellyttää, että järjestelmissä on vältettävä tietoa, jota esitetään ja käytetään kokonaan eri näytöllä. Esimerkiksi pitkät lomakkeet tulisi tiivistää yhdelle näytölle.

2.3 Heuristinen arviointi käytettävyyden kehittämisessä

Heuristista arviointia kuvataan menetelmänä, jolla löydetään käytettävyyssongelmia käyttöliittymäsuunnittelussa (Nielsen, 1992, s. 373). Yleisesti heuristiseen arviointiin osallistuu pieni joukko arvioijia, jotka tutkivat käyttöliittymän ja arvioivat sen yhteensopivuutta tunnutettujen käytettävyyssperiaatteiden kanssa, eli tässä tapauksessa heuristiikkojen. Tätä menetelmää kuvataan Nielsenin artikkelissa (1992, s. 373) osaksi käytettävyyden tarkastustekniikoita, mutta se on huomattavasti vähemmän muodollinen ja sitä pidetäänkin ”kevennetyn käytettävyydestauksen” lähestymistapana.

Heuristisen arvioinnin ensisijaisena tavoitteena on löytää käytettävyyssongelmia olemassa olevasta suunnittelusta, jotta ne voidaan korjata (Nielsen, 1992, s. 373). Se toimii ikään kuin käyttöliittymien virhekorjausprosessina. Arvioijilla, joilla on käytettävyyssasiantuntemusta ja erityisesti tietämystä arvioitavasta käyttöliittymätyypistä, on tapana suoriutua näistä arvioinneista paremmin. Suuret käytettävyyssongelmat tunnistetaan todennäköisemmin kuin pienet, vaikka pieniä ongelmia löydetäänkin absoluuttisesti enemmän (Nielsen, 1992, s. 373).

Heuristiseen arviointiin liittyy monesti myös heuristisen arviointikehyksen luominen, joka tulee hyvin esiin Kumarin ja muiden (2020, s. 1–9) tutkimuksessa, jossa arviointikehys luodaan mobiilioppimiseen liittyvien heuristisen arvioinnin sisältävien tapaustutkimusten pohjalta. Näiden tapaustutkimusten parhaat käytännöt koottiin yhteen, minkä pohjalta luotiin heuristinen arviointikehys lopulliseen muotoonsa mobiilioppimissovelluksia varten (Kumar ja muut, 2020, s. 2).

Nielsenin ja Molichin (1990, s. 255) mukaan heuristinen arviointi on vaikeaa ja ei myöskään pidä luottaa tuloksiin, jotka on saatu kasaan yhden ainoan henkilön voimin käytettävyyden tarkastelussa. Heuristisen arvioinnin tulokset ovat paljon parempia, jos arvioinnin suorittaa useampi henkilö, toisistaan riippumattomina. Nielsen ja Molich (1990, s. 255) suosittelevat, että heuristinen arviointi tehdään kolmen ja viiden evaluoijan välillä. Kaikki saatavilla olevat lisäresurssit olisi syytä käyttää vaihtoehtoisiiin

arviointimenetelmiin. Kumar ja Goundar (2019, s. 10) toteavat saman myös omassa tutkimuksessaan liittyen ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutukseen. Heidän tutkimuksessaan käytetään vähintään kolmea käyttäjää testaamaan järjestelmän, jotta sen tärkeimmät käytettävyysongelmat voidaan tunnistaa (Kumar ja Goundar, 2019, s. 10). Santana-Mancilla ja muut (2020, s. 1) sen sijaan tutkimusjulkaisussaan, joka liittyy vanhustenhoivan ja lääketieteellisten esineiden internetin yhteyteen, hyödyntävät heuristista arviointia selvittämään, että kontekstuaalisen tutkimuksen jälkeen tunnistetut vaatimukset sisällytetään helppokäyttöiseen muotoon hoitajien ja perheenjäsenten kannalta. Heuristiseen arviointiin osallistui kuusi eri arvioijaa (Santana-Mancilla ja muut, 2020, s. 5).

Heuristisen arvioinnin tärkeimmistä eduista Nielsen ja Molich (1990, s. 255) listaavat ensimmäisenä sen vähäisen resurssien tarpeen. Heuristinen arviointi on erityisen arvokas silloin, kun aikaa tai budjettia on rajoitettu. Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet sen olevan erittäin kustannustehokas (Nielsen, 1992, s. 373). Muina etuina Nielsen ja Molich (1990, s. 255) mainitsevat intuitiivisuuden, jonka kautta ihmisiä on helppo motivoida sen suorittamiseen. Nielsen ja Molich (1990, s. 255) listaavat myös heuristisen arvioinnin eduiksi vähäisen tarpeen etukäteissuunnittelulle sekä kyvyn kehitysprosessin alkuvaiheen kokonaisvaltaiselle käytölle. Wall ja muut (2019, s. 3) kuitenkin osoittavat tutkimuksessaan, että heuristista arviointia voidaan viedä myös pidemmälle ja he jakavatkin tuottamansa arvioinnin kolmeen hierarkkiseen tasoon: komponentteihin, ohjeisiin ja heuristiikkoihin. Tätä kautta he tuottavat tutkimustietoa siitä, minkälainen on interaktiivisen visualisoinnin arvo (Wall ja muut, 2019, s. 1).

Haittapuolina heuristisen arvioinnin käytöstä käytettävyyden kehittämisessä Nielsenin ja Molichin (1990, s. 255) artikkelissa nousee esiin ongelma, jolloin arvioinnin perusteella tunnistetaan käytettävyysongelmia antamatta suoria ehdotuksia niiden ratkaisemiseksi. Menetelmä on myös puolueellinen arvioijien oman ajattelutavan vuoksi, eikä se yleensä tuota läpimurtoja arvioitavassa suunnittelussa (Nielsen & Molich, 1990, s. 255).

Langevin ja muut (2021, s. 1–5) käyttävät keskustelukäyttöliittymiin paneutuvan tutkimuksensa pohjana Nielsenin käytettävyyshuristiikkoja, mutta täydentävät niiden tuottamaa tietoa huristisen arvioinnin avulla esimerkiksi tekemällä kaksi erillistä tutkimusta arvioidakseen modifioitujen huristiikkojensa tehokkuutta Nielsenin alkuperäisiin huristiikkoihin verrattuna (Langevin ja muut, 2021, s. 4). Tällä keinolla pystytään varmistamaan huristisen arvioinnin tehokkuus.

3 CAD-ohjelmien käytettävyys

Tämä tutkielman osio CAD-ohjelmien käytettävyydestä tarkastelee monipuolisesti käytettävyyden käsitettä tietokoneavusteisissa suunnitteluohjelmissa (CAD), hyödyntäen vertaisarvioituja tutkimusartikkeleja. Kyseiset tutkimusartikkelit käyvät läpi CAD-ohjelmien käytettävyyttä eri mallien mukaan, kuten käyttökokemussuunnittelun- ja psykologian näkökulmista. Tarkastelemalla CAD-ohjelmien käytettävyyttä, pyritään sitä parantamaan ja tunnistamaan tiettyjä suuntia myös tulevaa tutkimusta varten.

Kyseinen tutkielman osa suoritettiin scoping review-kirjallisuuskatsauksen avulla, jonka kautta pystytään saamaan laaja näkemys tutkittavaan aiheeseen liittyvään aiempaan tutkimuskenttään ja huomata mahdolliset tutkimuksen puutekohdat, sekä mahdolliset jatkotutkimusaiheet.

Seuraavissa alaluvuissa käsitellään sitä, kuinka tämä scoping review-tyylinen kirjallisuuskatsaus on toteutettu. Tarkemmin ottaen, kuinka aineiston hakuprosessi eteni ja mitä aineistoa päätyi lopulliseen katsaukseen tarkasteltavaksi. Tärkeimmät havainnot avataan toisessa alaluvussa, jossa käydään läpi kaikki valitut kymmenen artikkelia. Näiden kymmenen artikkelin sisällöt jaettiin viiteen eri teemaan, joiden kautta pystyttiin tarkastelemaan tehokkaasti CAD-ohjelmien käytettävyyteen liittyviä kysymyksiä ja kehityskohtia. Tämän kirjallisuuskatsauksen avulla saadaan laaja tieto aiemmasta tutkimuksesta liittyen tämän tutkielman sisältöön ja näitä tietoja voidaan käyttää hyväksi tutkielman tavoitteen, eli CAD-ohjelmien käytettävyyshauristiikkojen luonnissa.

3.1 Katsauksen toteuttaminen

Scoping review-tyylinen kirjallisuuskatsaus on keskeisessä roolissa, kun tutkitaan laajoja kysymyksiä eikä vain keskitytä yksityiskohtaisiin vastauksiin liittyen tiettyihin kysymyksiin (Munn & muut, 2018, s.2–3). Niiden tavoitteena on kartoittaa jotain spesifiä aihetta käsittelevää kirjallisuutta tutkimuksen laajuuden tunnistamiseksi, selvittää mahdolliset

rajallisuudet tutkimuksessa, selventää eri aiheisiin liittyviä käsitteitä ja informoida mahdollisia jatkotutkimusaiheita. Tässä pro gradu -tutkielmassa menetelmää hyödynnettiin CAD-ohjelmien käytettävyyteen liittyvissä kysymyksissä, peilaten olemassa olevaan tutkimustietoon. Tämä osa tutkimuksen prosessia ja tutkimusjulkaisujen määrä eri hakuvaiheissa on kuvattu kuviossa 2.

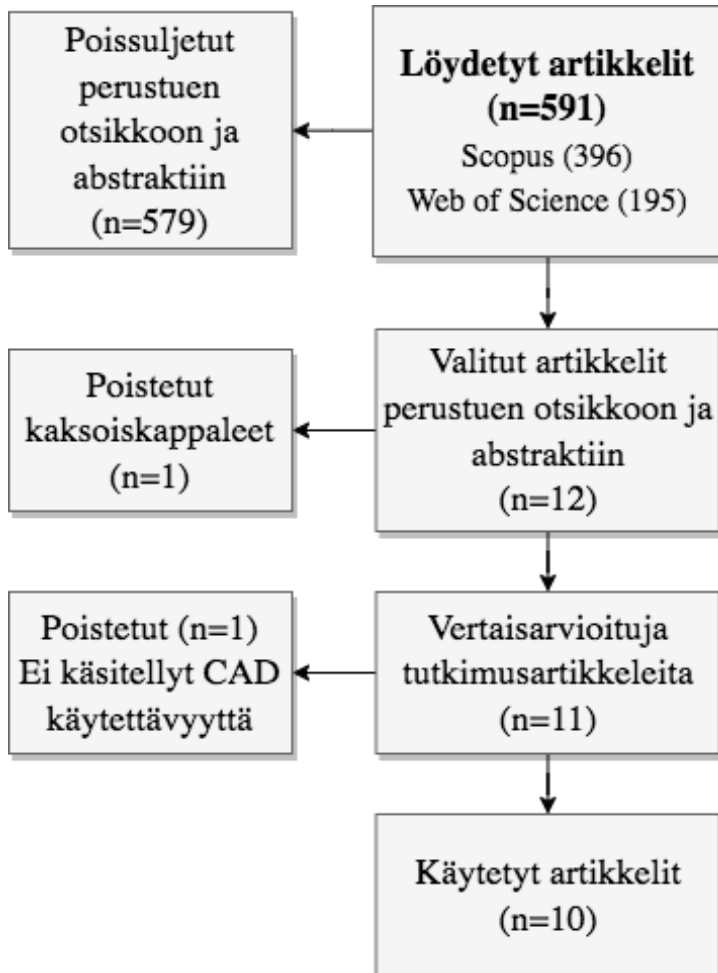
Aineiston hakuprosessi suoritettiin ja aineiston haussa käytetyt tietokannat olivat Web of Science ja Scopus. Näiden tietokantojen hakutoimintoja hyödynnettiin kahden keskeisen käsitteen kautta: käytettävyys ja CAD-ohjelma. Molemmista käsitteistä muodostettiin hakumerkkijono, jolla päästiin parhaimpaan lopputulokseen haettujen artikkeleiden lopputuleman kannalta. Kohdekentäksi valikoitui molemmissa tietokannoissa julkaisujen otsikko, abstrakti ja avainsanat. Nämä tiedot on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Hakumerkkijonot CAD-ohjelmien käytettävyyteen liittyviin tutkimusjulkaisuihin

Keskeinen käsite	Kohdekenttä	Hakumerkkijono
Käytettävyys	Otsikko, abstrakti, avainsanat	usability
CAD-ohjelma	Otsikko, abstrakti, avainsanat	CAD OR "computer aided design" OR "computer-aided design"

Kyseisten hakumerkkijonojen yhdessä tuottamien hakutulosten otsikoita ja tiivistelmiä tutkittiin, jotta tutkimukseen saatiin mukaan relevantit artikkelit liittyen CAD-ohjelmien käytettävyyteen. Kun tämä vaihe oli suoritettu, luettiin jokainen tutkimusjulkaisu kokonaan, jotta pystyttiin varmistamaan niiden lopullinen relevanssi tutkimukselle. Tutkimusjulkaisujen tarkemman läpikäynnin jälkeen lopullisesta artikkelijoukosta tippui vielä yksi artikkeli pois, koska sen käsittelemät aiheet eivät liittyneet tämän tutkimuksen aihepiiriin tarpeeksi kattavasti. Lopulliset vertaisarvioidut tutkimusjulkaisut (n=10)

valittiin sillä kriteerillä, että niiden tuli keskittyä CAD-ohjelmien käytettävyyteen keskittyviin aiheisiin.



Kuvio 2. Artikkelien valintaprosessi

3.2 Katsauksen havainnot

Käytetyistä tutkimusartikkeleista neljä kymmenestä keskittyi pitkälti CAD-ohjelmien 3D-toiminnallisuuksien tarkkailuun ja niiden käytettävyyteen (Babicsné-Horváth & Hercegfi, 2023; Camba & muut, 2014; Kanai & muut, 2009; Lee & muut, 2010). Loput kuusi artikkelia käsitteli CAD-ohjelmien käytettävyyttä muista lähtökohdista. Kaikki valitut artikkelit tullaan avaamaan tässä scoping review -tyylisessä kirjallisuuskatsauksessa

mahdollisimman kattavasti. Kaikista kymmenestä tutkimuksessa hyödynnetyssä tutkimusartikkelista saatiin eriteltyä viisi eri teemaa liittyen CAD-ohjelmien käytettävyyteen. Nämä viisi eri teemaa on jaettu omiin lohkoihinsa. Ensimmäinen teema käsittelee käytettävyyden parantamista ja siihen liittyviä parhaita käytäntöjä, toinen teema käy läpi CAD-mallien muokattavuutta ja uudelleenkäytettävyyttä, kolmas teema nostaa esiin CAD-käytettävyyden kognitiiviset ja psykologiset näkökulmat, neljäs teema sisältää käytettävyyden eri integraatiomahdollisuuksia kehittyneeseen teknologiaan ja viimeinen eli viides teema korostaa koulutuksen ja alan standardien viitekehyksen kehittämistä. Tarkempi erittely teemoista ja niihin liittyvistä tutkimusjulkaisuista voidaan nähdä taulukossa 4.

Taulukko 4. Tutkimusten eri teemat CAD-ohjelmien käytettävyyteen

Teemat CAD-käytettävyyteen	Lähteet
Käytettävyyden parantaminen ja parhaat käytännöt	Lee ja muut (2010), Babicsné-Horváth ja Hercegfi (2023)
CAD-mallien muokattavuus ja uudelleenkäytettävyys	Rosso ja muut (2021), Camba ja muut (2014)
Kognitiiviset ja psykologiset näkökulmat	Allwood ja Kalén (1994), Li ja Gunal (2012)
Käytettävyyden integrointi kehittyneeseen teknologiaan	Kanai ja muut (2009), Dalpadulo ja muut (2021), Jablonska ja Czajka (2021)
Koulutuksen ja alan standardien viitekehyksen kehittäminen	Saleh ja muut (2019)

Kahdessa artikkelissa CAD-ohjelmien käytettävyyden parantamiseen suoritetaan tutkimusta menetelmistä, periaatteista ja käytännöistä, jotka voivat tehdä näistä työkaluista käyttäjäystävällisempiä ja tehokkaampia ammattilaisille. Tähän kuuluvat keskustelut käyttöliittymän suunnitteluperiaatteista, silmäseuranta käytettävyydestä sekä yleiset käytettävyyden parannukset laajennettujen huomautusten ja parhaiden käytäntöjen avulla (Lee & muut, 2010; Babicsné-Horváth & Hercegfi, 2023).

Yhteinen teema löytyi Rosson ja muiden (2021) sekä Camban ja muiden (2014) artikkeleista, joissa CAD-mallien muokattavuuden ja uudelleenkäytettävyyden tärkeyttä korostettiin. Näissä artikkeleissa tutkittiin, miten CAD-mallinnuksen vaihtelu vaikuttaa muokattavuuteen ja ehdotettiin mekanismeja, kuten laajennettuja 3D-merkintöjä, joilla voidaan viestiä suunnittelun päämäärää selkeämmin, mikä taas parantaa CAD-mallien uudelleenkäyttöä koko suunnittelun tuotteen elinkaaren aikana.

Allwoodin ja Kalénin (1994) sekä Lin ja Gunalin (2012) artikkeleissa tarkastellaan CAD-ohjelmien käytön kognitiivisia ja psykologisia näkökulmia. Tähän liittyy vahvasti myös kognitiivinen mallintaminen, joka osoittaa käyttökokemussuunnittelun haasteita sekä CAD-ohjelmien psykologisen vaikutuksen suunnitteluprosesseihin. Nämä näkökulmat korostavat tarvetta pohtia, miten käyttäjät ovat vuorovaikutuksessa CAD-ohjelmien kanssa ja miten nämä kaikki tapahtuvat vuorovaikutukset käyttäjän ja käytettävän ohjelman välillä voidaan optimoida parempien tulosten saavuttamiseksi. Käytettävyydellä, käyttöliittymäsuunnittelun kattavuudella, kognitiivisen kuormituksen hallinnalla ja luovien suunnitteluprosessien tukemisella on merkittäviä vaikutuksia tulosten tehokkuuteen ja vaikuttavuuteen (Allwood & Kalén, 1994, s.156–157).

Kanain ja muiden (2009) sekä Dalpadulon ja muiden (2021) toteuttamissa artikkeleissa käsitellään myös CAD-ohjelmien ja niiden toiminnallisuuden integrointia kehittyviin ja kehittyneisiin teknologioihin, kuten digitaalisten prototyyppien tekemiseen, topologian optimointi additiivista valmistusta varten sekä CAD-ohjelmien soveltamiseen erikoistuneilla aloilla, kuten arkkitehtuuri- ja kaupunkiakustiikassa (Jablonska & Czajka, 2021). Tämä teema korostaa CAD-ohjelmien kehittyvää luonnetta erilaisten kehittyvien teknologioiden murroksessa sekä jatkuvaa tarvetta arvioida ja parantaa niiden käytettävyyttä näissä yhteyksissä.

Viimeisenä teemana CAD-ohjelmien käytettävyytutkimukseen nousi esiin Salehin ja muiden (2019) artikkeli, joissa korostetaan koulutustarkoituksiin ja alan standardeihin

tarkoitettujen koulutusohjeiden kehittämistä, kuten Malesian teknisen opettajankoulutuslaitoksen laadukkaan tuotesuunnittelun puitteet ja sen käyttöliittymäsuunnittelun parhaat käytännöt. Tässä tutkimusartikkelissa pyritään standardisoimaan CAD-ohjelmien tehokasta käyttöä ja varmistamaan niillä tehtävien suunnitteluprosessien laatu (Saleh & muut, 2019).

Kattavimman tutkimuksen CAD-ohjelmien käytettävyydestä tarjosi Leen ja muiden (2010) artikkeli, jossa tutkittiin kymmentä eri CAD-ohjelmaa ja kyselytutkimuksen avulla selvitettiin yhteisiä tekijöitä parhaista käytännöistä mitä tulee CAD-ohjelmien käytettävyyden tehokkuuteen (Lee & muut, 2010, s.101). Tutkimuksen johdosta muodostuneet periaatteet jaettiin kolmeen eri osa-alueeseen, perustuen siihen, mitä tehtäviä ne tukevat. Nämä kolme osa-aluetta ovat järjestelmän yleisen suunnittelun periaatteet, parametriseen 3D-suunnitteluun liittyvät periaatteet sekä käyttäjätukea koskevat periaatteet (Lee & muut, 2010, s.102).

Järjestelmän yleisen suunnittelun periaatteisiin sisältyy neljä erinäistä periaatetta, jotka ovat johdonmukaisuus, näkyvyys, palaute ja palautettavuus (Lee & muut, 2010, s.102). Yksi peruseriaatteista on johdonmukaisuus, jolla varmistetaan ohjelmiston käyttöliittymän yhdenmukaisuus, jolloin käyttäjien on helpompi ennakoida ja ymmärtää järjestelmän käyttäytymistä ilman sekaannuksia. Esimerkiksi kaikkien piirustusten tuottaminen yhdestä integroidusta 3D-mallista eliminoi manuaalisista virheistä johtuvien epäjohdonmukaisten näkymien mahdollisuuden missä tahansa suuressa joukossa sähköisesti laadittuja piirustuksia (Lee & muut, 2010, s.96–97). Valintaikkunoiden suunnittelun, toimintamenetelmien ja terminologian yhdenmukaisuus koko järjestelmässä voi merkittävästi jyrkentää oppimiskäyrää ja parantaa käyttäjän tehokkuutta (Lee & muut, 2010, s.93). Leen ja muiden (2010) tutkimusartikkelista voidaan löytää paljon yhtäläisyyksiä tämän tutkielman tukipilareina käytettyihin valmiisiin käytettävyyshauristiikkoihin eli Nielsenin kymmeneen käytettävyyshauristiikkaan (2020) ja Shneidermanin kahdeksaan kultaiseen sääntöön (2016).

CAD-ohjelmien käytettävyyttä koskevien eri tutkimusten keskeisten tulosten ja yhtäläisyyksien arvioimiseksi tehtiin vertaileva analyysi. Yksinkertaisimmillaan vertailu tarkoittaa erojen ja yhtäläisyyksien kuvaamista (Esser & Vliegthart, 2017, s.4). Vieraiden järjestelmien kontekstuaalisten kuvausten antaminen parantaa ymmärrystämme ja kykyämme tulkita erilaisia toteutuksia. Lisäksi yksityiskohtaiset kuvaukset tarjoavat tietoa ja alustavia ajatuksia mielenkiintoisista aiheista ja tekijöistä, jotka voivat olla tärkeitä selitettäessä yhtäläisyyksiä ja eroja (Esser & Vliegthart, 2017, s.4). Alla olevassa taulukossa numero 5. esitetään yhteenveto kuudesta eri tutkimuksesta saaduista havainnoista ja korostetaan yhteisiä teemoja muiden artikkelien kanssa, mitä tulee CAD-ohjelmien käytettävyyteen.

Taulukko 5. Keskeiset sekä samankaltaiset havainnot tutkituista artikkeleista

Lähde	Keskeiset havainnot	Samankaltaiset havainnot
Allwood ja Kalén (1994)	CAD-ohjelma voi sekä estää että tukea luovuutta. Käyttöliittymään liittyvät ongelmat ja virheentarkastuksen puute. Kokeneemmat käyttäjät hallitsevat CAD-ohjelman paremmin kuin aloittelijat.	Sekä Allwood ja Kalén (1994) että Li ja muut (2012) käsittelevät sitä, miten CAD vaikuttaa luovuuteen, ja tuovat esiin käyttäjien osaamiseen ja käyttöliittymän rajoituksiin liittyviä kysymyksiä.
Camba ja muut (2014)	Laajennetut 3D-merkinnät parantavat suunnittelun tarkoituksen viestintää ja CAD-mallin uudelleen käytettävyyttä.	Samoin kuin Kanai ja muut (2009), Camba ja muut (2014) painottaa käytettävyyden parantamista merkintöjen tai prototyyppien avulla

		suunnittelutarkoituksen viestinnän tehostamiseksi.
Kanai ja muut (2009)	Digitaalinen 3D-prototyyppien luominen parantaa käytettävyydestä ja helpottaa käyttöliittymän vuorovaikutusta varhaisessa vaiheessa.	Samoin kuin Camba ja muut (2014), jotka keskittyvät käytettävyyden parantamiseen simuloinnin ja vuorovaikutuksen avulla.
Dalpadulo ja muut (2021)	CAD-ohjelmat ja niiden toiminnallisuudet on mahdollista integroida kehittyviin ja kehittyneisiin teknologioihin.	Yhdenmukaistuu Saleh ja muiden (2019) kanssa arvioitaessa eri CAD-työkaluja niiden suunnitteluvalmiuksien kannalta, erityisesti koulutus- tai sovelluskontekstissa.
Li ja Gunal (2012)	Kognitiivinen mallintaminen täydentää perinteistä käytettävyydestä simuloimalla käyttäjän käyttäytymistä ja parantamalla suunnittelun tehokkuutta.	Samoin kuin Allwood & Kalén (1994), jotka käsittelevät käytettävyyshaasteiden varhaista tunnistamista ja CAD-ohjelmien vaikutusta luovuuteen.
Saleh ja muut (2019)	CAD-työkalut parantavat luovuutta ja tuotesuunnittelun laatua koulutusympäristöissä.	Samankaltainen kuin Dalpadulo ja muiden (2021), jotka keskittyvät CAD-työkalujen arviointiin, mutta koulutuksen ja

		tuotesuunnittelun yhteydessä.
--	--	-------------------------------

Taulukon 5. kuvaama vertaileva analyysi paljastaa useita tärkeitä suuntauksia eri CAD-ohjelmiin liittyvissä käytettävyytutkimuksissa. Allwood ja Kalén (1994) sekä Li ja Gunal (2012) keskittyvät tutkimusjulkaisuissaan CAD-ohjelmien vaikutukseen, mitä tulee luovuuteen ja korostavat, että CAD-työkalut voivat joko rajoittaa tai edistää käyttäjän innovointia, riippuen käyttäjäkokemuksesta. Samaan aikaan Camba ja muut (2014) sekä Kanai ja muut (2009) painottavat yhdessä käytettävyyden parantamista interaktiivisten työkalujen ja prototyyppien avulla. Molemmissa tutkimuksissa korostetaan suunnittelutarkoituksessa suoritetun selkeän viestinnän merkitystä erityisesti 3D-merkintöjen tai interaktiivisten simulaatioiden avulla. Dalpadulo ja muut (2021) sekä Saleh ja muut (2019) arvioivat CAD-työkaluja sovelletuissa ympäristöissä, joko topologian optimoinnin avulla tai opetuskonteksteissa. Heidän havaintonsa ovat yhteneviä siitä, että työkalujen valinta on tärkeää suunnittelun laadun ja käytettävyyden parantamisessa. Sekä Kanai ja muut (2009), että Camba ja muut (2014) käsittelevät käytettävyyden parantamisen tärkeyttä parantamalla vuorovaikutusta 3D-mallien kanssa. Nämä havainnot viittaavat siihen, että dynaamisilla simulaatioilla toteutettu varhainen prototyyppien luominen voi vähentää merkittävästi suunnitteluvirheitä, mikä vastaa laajempaa teollisuuden siirtymistä iteratiivisiin suunnitteluprosesseihin.

4 Menetelmäluke

Tutkielman tavoitteena oli luoda käytettävyyshuristiikat CAD-ohjelmille. Aihe valikoitui, koska CAD-ohjelmien käytettävyyttä tulee tutkia, sekä suoranaisia CAD-ohjelmien käytettävyyshuristiikkoja ei juurikaan aiemmista tutkimuksista löytynyt. Tällä tutkielman tavoitteella pyritään siihen, että CAD-ohjelmien käytettävyyttä pystyttäisiin parantamaan löydettyjen käytettävyyshuristiikkojen avulla.

Tässä tutkielmassa hyödynnettiin laadullista tutkimusmenetelmää. Tietoperusta huristiikkojen luonnille muodostui olemassa olevien huristiikkojen teorian tutkimisesta, scoping review-tyylisestä kirjallisuuskatsauksesta ja teemahaastatteluista. Teemahaastatteluihin luotiin teemat (liite 1), jonka jälkeen haastateltaviksi valittiin viisi kokenutta eri CAD-ohjelmien käyttäjää. Tämän tietoperustan pohjalta luotiin lopulliset käytettävyyshuristiikat CAD-ohjelmille.

Tutkielman neljännessä luvussa esitellään tutkimuksessa käytetyn laadullisen tutkimuksen peruspiirteet. Tämän osuuden jälkeen esitellään laadullisen tutkimuksen prosessi ja viimeisimpinä aiheina tässä luvussa toimii tutkimuksessa tiedonkeruumenetelmänä toimineen teemahaastattelun läpikäynti sekä mixing process -mallin (Quiñones & Rusu, 2017, s.95) esittely.

4.1 Laadullinen tutkimus

Tämä tutkielma päädyttiin toteuttamaan laadullisen tutkimusmenetelmän kautta. Perusteen laadullisen tutkimuksen valinnalle antoi se, että käytettävyyshuristiikkoja CAD-ohjelmille haluttiin lähteä luomaan vahvasti pohjautuen tutkittavien omaan näkökulmaan. Tällä pyrittiin siihen, että tutkimuksen tulos olisi mahdollisimman käyttäjälähtöisesti ajateltu, joka mahdollistaisi sen, että tutkimuksen tuloksia voitaisiin hyödyntää myös jatkossa mahdollisimman tehokkaasti. Tämän ajattelumallin takia

tutkimuksen ote haluttiin pitää mahdollisimman naturalistisena (Eskola & Suoranta, 1998, s.6).

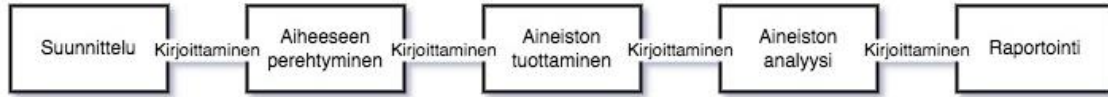
Laadullista tutkimusta on mahdotonta määritellä yhdellä ainoalla tavalla, koska erilaisia lähestymis- ja analyysitapoja on runsaasti erilaisia (Juhila, 2021). Laadulliselle tutkimukselle on kuitenkin mahdollista listata joitain ominaispiirteitä, jotka ovat useissa tapauksissa liitettävissä laadulliseen tutkimukseen. Nämä ominaispiirteet ovat kuvattuna kuviossa 3. Kuviossa esiintyvät ominaispiirteet eivät ole kuitenkaan velvoittavia tutkimuksen luonteelle, näiden ominaispiirteiden ei tarvitse olla läsnä jokaisessa laadullisessa tutkimuksessa (Juhila, 2021). Näitä laadullisen tutkimuksen ominaispiirteitä pyrittiin hyödyntämään myös tämän pro gradu -tutkielman edetessä. Ne antoivat tutkimuksen laadulliselle osuudelle selkärangkaa ja loivat laajempaa ymmärrystä siitä, mitä kaikkea tällä tasolla suoritettu tutkimus vaatii tekijältään.



Kuvio 3. Laadullisen tutkimuksen ominaispiirteet (mukaillen, Juhila, 2021)

4.2 Laadullisen tutkimuksen prosessi

Güntherin ja Hasasen mukaan (2021) laadullisen tutkimuksen prosessi etenee asteittain. Kuviossa 4 on esitetty laadullisen tutkimuksen prosessikaavio, jossa ilmenee laadullisen tutkimuksen eri vaiheet. Kaikki nämä vaiheet ovat vuorovaikutuksissa keskenään, jolloin prosessin eri vaiheet voivat vaikuttaa muihin vaiheisiin niitä täyttävästi ja on myös mahdollista, että tutkimuksen idea muuttuu merkittävästi laadullisen tutkimuksen edetessä (Günther & Hasanen, 2021).



Kuvio 4 Laadullisen tutkimuksen prosessikaavio (mukaillen, Günther & Hasanen, 2021)

Günther ja Hasanen painottavat (2021), että laadullinen tutkimus on luonteeltaan aineistovetoista, joka tarkoittaa, että aineiston tuottaminen ja sen analyysi ovat tärkeässä roolissa sen suhteen, minkälainen on lopullisen tutkimuksen rakenne. Hyvän tutkimusongelman peruspiirteisiin kuuluu, että se on jämäkkä ja yksiselitteinen, joka kertoo, mitä tutkittavasta aiheesta halutaan tietää (Günther & Hasanen, 2021). Niin kuin myös tässä tutkimuksessa, Güntherin ja Hasasen mukaan (2021) laadullisissa tutkimuksissa tavoitteena on usein jonkin ilmiön kuvaaminen ja ymmärtäminen, joten tutkimusongelmat ovat yleensä, mitä- ja miten-kysymyksiä.

Vuori toteaa julkaisussaan (2021), että aineiston tuottaminen on aktiivista toimintaa. Sille, kuinka paljon aineistoa on riittävästi, ei ole olemassa mitään sääntöjä. Tutkijan pitää tässä vaiheessa osata punnita sekä omaa työmääräänsä, että aineiston tarpeenmukaista vaihtelevuutta, jotta tutkimusongelmaa voidaan tarkastella eri puolilta. Laadullisen tutkimuksen piirteisiin kuuluu se, ettei siinä yleensä pelata suurilla lukumäärillä vaan laadullisella tutkimuksella pyritään saamaan analyysiin syvempää ja oivaltavampaa otetta, kuin laajuutta (Vuori, 2021).

Laadullisen tutkimuksen prosessin tärkein vaihe on lopulta raportointi ja kirjoittaminen, koska ne kulkevat käsi kädessä tutkimisen kanssa (Günther & Hasanen, 2021). Valmis tutkimus on Güntherin ja Hasasen (2021) mukaan pieni osa kaikesta siitä kirjoittamisesta,

joka on tapahtunut tutkimuksen tekoprosessin aikana. Kirjoittaminen ei ole erillinen osa laadullisen tutkimuksen prosessia vaan hyvin kiinteä osa sitä. Kaikella tieteellisessä kirjoittamisella on yhteistä se, että se on paljon enemmän kuin vain tiettyjen tekstirakenteiden noudattamista ja hyvän suomen kielen käyttöä asioiden kuvaamiseksi (Günther & Hasanen, 2021). Tässä täytyy ottaa huomioon Luukan (2002, s.14) maininta siitä, että kirjoittaminen edellyttää ennen kaikkea tieteen eri normien, arvojen, käsitteiden ja konventioiden tuntemusta ja ennen kaikkea sen ymmärtämistä, miten valtava merkitys kirjoittamisella on akateemiselle kulttuurille.

4.3 Teemahaastattelu

Tutkimushaastattelujen tavoitteena on tuottaa tietoa ja aineistoa tutkimusongelmaan vastaamiseksi (Hyvärinen ja muut, 2021). Tässä tutkielmassa hyödynnettiin teemahaastattelua. Teemahaastatteluissa käytettyjä kysymyksiä ei välttämättä muotoilla tarkasti etukäteen tai esitetä aina samassa muodossa (Hyvärinen ja muut, 2021). Hyvärinen ja muut (2021) toteavat myös, että tutkija perehtyy ensimmäisenä tutkimusaiheensa koskevaan aiempaan kirjallisuuteen, jonka kautta valitsee oman näkökulmansa aiheeseen liittyen, jonka kautta päättää, mitkä ovat tutkimuksen kannalta kaikista keskeisimmät teemat.

Haastatteluissa käytettyjä teemoja muodostui yhteensä neljä kappaletta, jotka olivat yleinen käyttökokemus, käyttötilanteet ja tarpeet, käyttöliittymän selkeys ja intuitiivisuus sekä käyttäjäkokemuksen parantaminen. Jokainen teema käytiin läpi kaikissa haastatteluissa. Teemojen esiintyminen ja tarkat kysymykset vaihtelivat haastattelujen etenemisen mukaan, koska haastattelut olivat menetelmän mukaisesti luonnollisia vuorovaikutuksellisia tilanteita. Haastattelujen päätarkoitus oli saada kokeneiden CAD-käyttäjien näkökulmia aiemman tutkimuksen ja teorian tueksi, jotta käytettävyyshauristiikkoja pystyttiin luoda tehokkaasti näiden kaikkien tietojen pohjalta. Tarkemmat kysymyspohjat, joita tämän tutkielman teemahaastatteluissa hyödynnettiin löytyvät liitteestä 1.

Haastateltaviksi pyrittiin saamaan mahdollisimman kokenut joukko eri CAD-ohjelmien käyttäjiä. Valitut henkilöt kontaktoitiin puhelimitse ja haastattelujen aikataulu sovittiin jokaisen haastateltavan kanssa erikseen. Jokaisen haastateltavan kohdalla käytiin läpi tulevan haastattelun teemat ja nämä lähetettiin vielä kirjallisesti haastateltaville, mikäli niin toivoivat. Tällä tavoin pyrittiin saamaan haastattelutuloksista entistä laadukkaammat.

Tässä tutkielmassa suoritettuja teemahaastatteluja oli yhteensä viisi kappaletta, jotka suoritettiin Microsoft Teams -alustalla. Kaikkien haastattelujen ääniraita tallennettiin käytetyn alustan nauhoitusominaisuutta käyttäen. Haastateltaville toimitettiin asianmukaisesti tietosuojalomake, jossa ilmenee EU:n tietosuoja-asetuksen (106/679) artiklojen 12–14 mukaiset perusteet henkilötietojen ja muun aineiston käsittelyn suhteen.

Näiden Microsoft Teams -alustalla tapahtuneiden haastatteluääniraitojen pohjalta suoritettiin litterointi eli toiminnan ja puheen saattaminen kirjoitettuun muotoon, jotta laadullisen aineiston haltuunotto ja analyysi olisivat tehokkaampia (Kallio, 2021). Litterointi on loistava mahdollisuus tutustua haastatteluaineistoon kunnolla ja samalla tutkija voi tehdä tarkempia havaintoja ja tutkintoja kerätystä aineistosta (Kallio, 2021).

Litteraatiossa tulee kuitenkin huomata, että se ei voi kuvata aivan kaikkea sitä, mitä tutkijan ja haastateltavan välisessä vuorovaikutuksessa tapahtuu (Kallio, 2021). Tämän tutkimuksen litteraatiossa hyödynnettiin pelkästään ääniraitaa ja haastattelutapahtuivat etäyhteyden äärellä ilman näköyhteyttä, joten kaikki mahdollinen eikielellinen vuorovaikutus jäi tämän tutkimuksen osalta huomaamatta. Tästä voimme Kallion mukaan (2021) päätellä, että hyvin useassa tapauksessa litteraatio ei ole kaiken kattava ja valmis. Kallio jatkaa (2021), että varsinkin keskusteluanalyttisessä tutkimuksessa on hyvin tyypillistä, että litteraatiot tarkentuvat vasta analyysin edetessä.

4.4 Mixing process -malli

Lopullisten käytettävyysheuristiikkojen luomisessa käytettiin Quiñonesin ja Rusun (2017, s.95) artikkelissa mainittua mixing process -mallia, joka tarkoittaa sitä, että käytettävyysheuristiikkojen luomisessa käytetään kahta tai useampaa elementtiä taulukon 6 esittämistä prosesseista.

Taulukko 6. Käytettävyysheuristiikkojen luonnissa hyödynnetyt prosessit (mukailen Quiñones & Rusu, s. 97)

Prosessi	Tässä tutkielmassa käytetty prosessi
Olemassa olevien heuristiikkojen hyödyntäminen	x
Eri ohjeistuksiin pohjautuva	
Kirjallisuuskatsauksen hyödyntäminen	x
Käytettävyysoongelmiin pohjautuva	
Käyttökontekstin hyödyntäminen	
Haastattelut	x
Fokusryhmiin jaottelu	

Kuten taulukosta 6 käy ilmi, käytettävyysheuristiikkojen luontiin hyödynnettiin olemassa olevia heuristiikkoja, tukeuduttiin aiheita tutkivan kirjallisuuden ja tieteellisten artikkelien hyödyntämiseen sekä haastateltiin eri CAD-ohjelmien käyttäjiä, jotta käytettävyysheuristiikoista saataisiin luotua mahdollisimman laaja-alaiset ja käyttäjälähtöiset. Tämä nähtiin tärkeänä jo tutkimuksen aloitusvaiheessa. On tärkeää, että käytettävyyttä tutkittaessa vedotaan loppukäyttäjiiin, eikä vain olemassa olevaan tutkimustietoon.

Tässä pro gradu -tutkielmassa käytetyn mixing process -mallin (Quiñones & Rusu, 2017, s.95) pääpainona oli hyödyntää olemassa olevia heuristiikkoja, jotka tämän tutkimuksen

tapauksessa olivat Nielsenin kymmenen käytettävyyshuristiikkaa (Nielsen, 2020) sekä Shneidermanin kahdeksan kultaista sääntöä (Shneiderman, 2016). Näiden perinziippien tueksi haluttiin tutkia myös aikaisempaa kirjallisuutta liittyen CAD-ohjelmien käytettävyyteen sekä haastatella nykyisiä eri CAD-ohjelmien käyttäjiä, jotta lopputuloksesta saataisiin mahdollisimman tarkka.

CAD-ohjelmien käyttäjille suoritettiin jo aiemmin tässä kappaleessa läpikäytyt teemahaastattelut, joiden pohjalta luotiin jokaisesta haastattelusta omat litteraatit. Näiden litteraattien pohjalta suoritettiin tarkempi analyysi, jotta teemahaastatteluista saatiin asioita nousemaan esiin. Työvälineenä toimi taulukointi, jossa nostettiin jokaisesta haastattelusta esiin eri teemoihin liittyviä aiheita, jonka kautta päästiin analysoimaan haastattelut tehokkaasti mixing process -mallin (Quiñones & Rusu, 2017, s.95) mukaisesti.

5 Tulosluku

Tämä luku esittelee tutkimuksen tulokset kokonaisuudessaan. Tutkimustulokset johdetaan teemahaastattelujen tuloksena syntyneistä, eri CAD-ohjelmien loppukäyttäjien antamista vastauksista ja olemassa olevan teorian sisällöstä. Kyseinen luku, joka käsittelee tutkimuksen tuloksia, on jaoteltu vastaamaan teemahaastattelulle aikaisemmin tutkimukselle luotuja teemoja (liite 1). Luvun tarkoitus on myös taustoittaa haastatteluasetelmaa, sekä esitellä haastateltavien tarkempaa profiilia.

Ensimmäinen alaluku käsittelee tutkimuksen taustatietoja tarkemmin. Luvussa käy ilmi haastateltavien nimeäminen anonymiteetin takia, sekä haastateltavien lyhyt profilointi, jotta voidaan tunnistaa yleisesti haastateltavien taustoja. Kaikki tutkimuksessa käytetyt teemat johdettiin Nielsenin (2020) kymmenestä käytettävyyshauristiikasta sekä Shneidermanin (2016) kahdeksasta kultaisesta säännöstä. Teemoja luotaessa pyrittiin löytämään samankaltaisia kysymyksiä, joihin edellä mainitut tutkimuksen kulmakivinä toimineet valmiit heuristiikat vastaavat.

Ensimmäisessä alaluvussa käsitellään ensimmäistä teemaa, eli CAD-ohjelmien loppukäyttäjien yleistä käyttökokemusta eri CAD-ohjelmia kohtaan. Tämä alaluku sisältää yleisimmät haasteet ja parhaat piirteet sekä ominaisuuden CAD-ohjelmien käytössä. Toinen alaluku käy läpi tarkemmin eri CAD-loppukäyttäjien käyttötilanteita ja tarpeita, joita he eri ohjelmilta vaativat niitä käyttäessään. Seuraava alaluku hyppää teemahaastattelujen seuraavaan teemaan, eli eri käyttöliittymien selkeyteen ja intuitiivisuuteen. Tämä luku avaa CAD-ohjelmien käytettävyyden haasteet ja myös niiden luomat mahdollisuudet tarkemmin. Viimeiset kolme alalukua nivoo teemahaastattelujen tulokset yhteen, kuinka käyttökokemusta voitaisiin parantaa ja tälle jatkumona syntyy käytettävyyshauristiikat CAD-ohjelmille.

5.1 Tutkimuksen taustatiedot

Haastateltavat on tietosuojasyistä nimetty tutkimuksen anonyymiteetin takia merkein H1, H2, H3, H4 ja H5. Jokainen haastateltava työskentelee rakennusalalla toimivissa yhtiöissä, joista kaksi yrittäjätasolla, yksi johdon edustaja sekä kaksi asiantuntijaroolin omaavaa toimihenkilöä. Haastateltavien työnantajaorganisaatioiden koko vaihtelee yhden hengen yrityksestä aina kymmeniä tuhansia ihmisiä työllistävään yhtiöön. Haastateltavien CAD-kokemus haastatteluhetkellä oli vähintään 4 vuotta ja kokenein käyttäjä oli käyttänyt eri CAD-ohjelmia jo reilusti yli 10 vuotta. Haastateltavien CAD-kokemus perustui yhteensä vajaaseen kymmeneen eri CAD-ohjelmaan. Jokaisella haastateltavalla oli kokemusta vähintään kolmesta eri ohjelmasta.

Haastateltavien suhde teknologiaan vaihtelee laajasti. Osa on kasvanut teknologian parissa ja omaksunut teknologian hyödyntämisen työnteossa luonnollisesti, toiset ovat kehittäneet läheisen suhteen teknologiaan työskentelyn kautta, ja osa on oppinut käyttämään eri teknologioita ilman aiempaa taustaa. Yhteistä heille on sujuva tai kehittyvä käyttötaito, ja osa odottaa CAD-ohjelmistojen automatisoituvan ja hyödyntävän tekoälyä tulevaisuudessa entistä laajemmin. Haastatteluaineiston analyysi etenee teema kerrallaan teemahaastattelurungon (liite 1) mukaisesti.

5.2 Yleinen käyttökokemus

Yleinen käyttökokemus teemana jaoteltiin kolmeen eri osaan. Ensimmäinen osa teemahaastattelun rungosta koski pelkästään sitä, minkälainen kokemus CAD-ohjelmien käytöstä haastateltavilla oli ylipäättään muodostunut haastatteluhetkeen mennessä. Loput kaksi osaa käsittelivät CAD-ohjelmien käytössä esiintyviä suurimpia haasteita ja vastapainoksi parhaita piirteitä ja ominaisuuksia, mitä CAD-ohjelmien käytön myötä on haastateltaville ilmennyt. Haastatteluissa ilmeni paljon yhtäläisyyksiä yleisen käyttökokemuksen teemaan sidottuna. Esimerkkinä näistä yhtäläisyyksistä oli haasteiden puolella eri CAD-ohjelmien käytön aloittamisen haasteet ja parhaista

ominaisuuksista ylivoimaisesti eniten esiin nousi käyttöliittymien muokattavuus, jotta ne palvelisivat mahdollisimman hyvin jokaista erilaista käyttäjää.

5.2.1 Suurimmat haasteet CAD-ohjelmien käytössä

Yleisen käyttökokemuksen kohdalla haastatteluaineistoa analysoidessa kävi ilmi, että suurin osa haastateltavista painottivat CAD-ohjelmien käytön aloittamista ja sen haastavuutta. Ensimmäiset käyttökerrat koettiin haastaviksi CAD-ohjelmien monimutkaisuuden vuoksi. Ensimmäinen haastateltava tiivistä hyvin sen, mitä myös useissa muissa haastatteluissa ilmeni:

Ehdottomasti suurin haaste on se, että kun ensimmäistä kertaa avaa jonkun ohjelman ja ei ole minkäänlaista näkemystä siitä, tai ei ole saanut minkäänlaista opetusta tai perehdytystä siihen, niin se on tosi haastava hahmottaa, että mistä tehdään mitään ja miten se toimii. (H1)

Käytön aloittaminen koettiin asiaksi, joka vaatii käyttäjältä tietynlaista kokeiluhalukkuutta ja mielenkiintoa ohjelman käyttöä kohtaan. Haastatteluja yhdisti CAD-ohjelmien käytön aloittamisen kanssa se, että kaikki haastateltavat olivat oppineet eri ohjelmien käytön kokeilemisen ja erehtymisen kautta. Osalla oli myös koulutustaustaa näille kyseisille ohjelmille, mutta kaikki haastateltavat painottivat sitä, että itse tekemisen kautta ohjelmaa oppii tehokkaimmin käyttämään.

Useat haastateltavat kokivat, että CAD-ohjelmien tulostustoiminnot ovat toteutettu liian monimutkaiseksi. Tähän liittyy olennaisesti myös rakennusalalla erittäin tärkeään aiheeseen, eli CAD-ohjelmilla luotujen suunnittelukuvien mittakaavoihin.

Toi pitäisi jotenkin saada järkevämmäksi toi tulostaminen ja tää niinku piirustusten ulos saaminen sieltä, että ne olisi niinku mittakaavassa ja se on nyt tavallaan liian hankalaksi tehty. (H2)

Tämän havainnon perusteella voidaan todeta, että tulostusprosessin selkeyttäminen ja mittakaavojen hallinnan parantaminen voisivat merkittävästi parantaa CAD-ohjelmien yleistä käyttökokemusta. Käyttäjystävällisempi ja tehokas tulostusvaihe voisi vähentää virheitä ja nopeuttaa suunnitteluprosessia.

Joissakin CAD-ohjelmissa virheiden korjaaminen on hidasta tai vaatii monivaiheisia toimenpiteitä käyttäjiltään. Tämä voi hidastaa CAD-ohjelmilla tehtävää työtä ja aiheuttaa turhautumista varsinkin aloittelevissa käyttäjissä.

Siinä ei pääse takaisinpäin, kun yhden askeleen, että jos sulla tuli virhe niin sulla piti mennä tota tavallaan niinku tuhota sitä sun työtä aika paljon, että tota pääset takaisin niin kyllä mun mielestä tää on sillain hyvä, että voit klikkailla takaisinpäin niin paljon, kun huvittaa. (H2)

Tämä kyseisen haastateltavan näkemys korostaa sitä, kuinka tärkeää on tarjota CAD-ohjelmien käyttäjille mahdollisimman joustava peruutustoiminto. Rajoitettu mahdollisuus kumota tapahtuneita virheitä voi pahimmillaan lisätä työmäärää runsaasti ja näin ollen hidastaa CAD-ohjelmien käyttöä merkittävästi. Tämä huomio voidaan sitoa Shneidermanin (2016) luomaan yhteen kultaiseen sääntöön, joka liittyy eri toimintojen helppoon peruuttamiseen. Kaikki CAD-ohjelmien suoritettut toiminnot tulisi olla peruutettavissa rajattomasti. Virheiden joustava peruutettavuus rohkaisee CAD-käyttäjää tutkimaan eri ohjelmien uusia työkaluja (Shneiderman, 2016).

5.2.2 Parhaat piirteet ja ominaisuudet CAD-ohjelmien käytössä

Teemahaastattelujen pohjalta CAD-ohjelmien parhaista piirteistä ja ominaisuuksista tärkeimmäksi nousi eri CAD-ohjelmien muokattavuus. Kaikki haastateltavat mainitsivat tämän jollain tapaa. Yksinkertaistettuna tämä huomio viittaa siihen, että CAD-ohjelmien

käyttäjät arvostavat eri ohjelmien mahdollisuutta mukauttaa käyttöliittymää ja käytettäviä pikakomentoja eri toiminnoille.

Se, että sitä käyttöliittymää voi muokata semmoiseksi, että se toimii omassa käytössä ja on intuitiivinen ihan käyttäjäkohtaisesti eli valikoita voi muokata ja siirrellä ja vedellä. (H1)

Minusta pikatoiminnot on niinku kaikista tärkein ohjelmassa, se on heti niinku käyttökelpoton se ohjelma, jos mä en pysty piirtämään viivaa esimerkiksi SHIFT+W, että tota tämmöiset asiat on niinku ehdottoman tärkeitä. (H5)

Pikakomennot ja -näppäimet huomioidaan myös Nielsenin kymmenessä käytettävyyshauristiikassa (Nielsen, 2020), sekä Shneidermanin kahdeksassa kultaisessa säännössä (Shneiderman, 2016). Nielsenin (2020) mukaan tehokkuus vaatii asiantuntijuutta, eli Nielsen painottaa yhdessä heuristiikassaan sitä, että pikanäppäimet, joita aloitteleva käyttäjä ei vielä osaa käyttää, voivat edistää asiantuntijakäyttäjän tehokasta käyttöä (Nielsen, 2020). Shneiderman (2016) sen sijaan painottaa yhdessä omassa kultaisessa säännössään sitä, että erilaisten käyttäjien tarpeet tulee tunnistaa ja sisällön muokattavuus ottaa huomioon. Tästä esimerkiksi Shneiderman nostaa aloittelijoille lisättävät ohjeistukset ja kokeneemmille käyttäjille mahdollistettavat pikanäppäimet, jotka parantavat ohjelman koettua laatua (Shneiderman, 2016).

5.3 Käyttötilanteet ja tarpeet

Eri CAD-käyttäjillä on erilaiset tarpeet, mitä tulee CAD-ohjelmien hyödyntämiseen. Myös tyypilliset työtehtävät vaihtelevat laidasta laitaan. Eri työtehtävät vaativat erityyppisiä CAD-ominaisuuksia ja siksi onkin hyvä tietää, millaisia on eri CAD-ohjelmien käyttäjien työtehtävät. Esimerkiksi rakennussuunnittelussa ja määrälaskennassa keskeisiä tarpeita ovat tarkkuus ja mittaustyökalut, kun taas koulutustilanteissa käyttöliittymän selkeys ja ohjelman yleinen opittavuus korostuvat. Erilaisista tarpeista voidaan johtaa ajatus siitä,

että CAD-ohjelmien tulee mukautua eri käyttäjien tarpeisiin. Esimerkiksi yksi haastateltavista korosti laajoja tietomallikoordinoinnin työkaluja, kun taas toinen haastateltava korosti tarpeissaan nopeiden muutoksien tekemistä ja helppoa suunnitelmien muokkausta. Tämän teemahaastattelun haastateltavat olivat rakennusalan ammattilaisia, joiden tyypilliset työtehtävät mainitaan taulukossa 7.

Taulukko 7. Haastateltavien tyypilliset työtehtävät ja keskeisimmät tarpeet

Haastateltava	Tyypilliset työtehtävät	Keskeisimmät tarpeet
H1	Rakennussuunnittelu, määrälaskenta	Rakennetyyppien tallennus, mittaus
H2	Arkkitehtisuunnittelu, pohjakuvien piirtäminen	Array, PDF-muuntaminen
H3	Asiakkaiden koulutus ja ohjelmien käyttöönotto	Käyttöliittymän selkeys
H4	Tietomallikoordinointi, mallien tarkastus	Mallien infokenttien klikkaus
H5	Nopeat muutokset, PDF-tulostukset	Helppo kuvien muokkaus

Tässä tutkimuksessa haastateltavien rakennusalan ammattilaisten tyypilliset työtehtävät liittyvät vahvasti rakennusalalla tapahtuviin eri suunnittelu- ja mittaus toimintoihin. Yksi haastateltavista hyödyntää CAD-ohjelmia sähköalalla yrittäjänä ja loput ovat rakentamisen asiantuntijoita, helpottaen työtään eri ohjelmistoilla. Tärkeimpänä työtehtävänä jokaisen haastateltavan kohdalla nousee eri rakenteiden ja suunnitelmien toteutus, sekä valmiiden suunnitelmien hyödyntäminen esimerkiksi rakennusalalla hyvin tärkeässä tehtävässä, eli määrälaskennassa. Haastateltavien joukosta löytyy myös kouluttajataustainen henkilö, joka auttaa muita CAD-ohjelman käyttäjiä ottamaan ohjelmaa käyttöön, esimerkiksi siten, että koulutettavien henkilöiden vanhat rakennusalan määrälaskentamallit tuodaan uuteen CAD-maailmaan, jolloin näitä toimintoja voidaan tehostaa entisestään.

Eri CAD-ohjelmien sisältämistä tärkeimmistä yksittäisistä ominaisuuksista haastatteluista nousi mittaus- ja viivatyökalut, muokattavat tasot, PDF-tulostus, tietomallien tarkastustyökalut ja automaatio. Mittaus- ja viivatyökalut kuuluvat jokaisen ohjelman perustoimintoihin, esimerkiksi viivan piirtäminen ja suunnitelmien mittaaminen ovat haastateltavilla jatkuvassa käytössä. Muokattavat tasot tarkoittavat sitä, että esimerkiksi erilaisia suunnitteluviivapaksuuksia ja niiden värejä on mahdollisuus vakioda eri tarkoituserän omaaville asioille, kuten esimerkiksi asuinrakennusten väliseinille tai sähköjohdoille.

CAD-ohjelmista on myös tärkeää saada tietoa esimerkiksi paperille, joten PDF-tulostuksen yksinkertaisuus ja nopeus on monelle käyttäjälle tärkeää. Tietomallien tarkastustyökalut tarkoittavat sitä, että CAD-ohjelman lukiessa tietomallia, voidaan yhdellä klikkauksella saada selville eri sisältöjen kaikki tiedot, tässä tapauksessa esimerkiksi kerrostalon ulkoseinästä saadaan seinää klikkaamalla tietoon kaikki se tieto, mitä tässä tapauksessa ohjelman käyttäjä vaatii. Myös automaatio nähdään hyvin tärkeäksi tehostamaan eri ohjelmien käyttöä. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi rakennusmäärien laskennan ja rakennesuunnittelun helpottamista erilaisten automatisointien avulla, jotta manuaalisen työn osuus jäisi mahdollisimman vähäiseksi.

5.4 Käyttöliittymän selkeys ja intuitiivisuus

CAD-ohjelmien käyttöliittymän selkeys ja intuitiivisuus oli yksi tämän tutkimushaastattelun tärkeistä teemoista. CAD-ohjelmien nykyisiin käyttöliittymiin liittyy paljon sekä käytön haasteita, että hyviä käytettävyysominaisuuksia. Tässä tutkielman luvussa perehdytään tarkemmin teeman myötä syntyneisiin tuloksiin.

5.4.1 Käyttöliittymien haasteet

Suurimpina haasteina teemahaastatteluissa nousi esiin valikoiden sekavuus. Joissakin CAD-ohjelmissa tärkeät toiminnot eivät ole loogisesti sijoitettuja ja tämä aiheuttaa ongelmia varsinkin uusien ohjelmien käyttöönotossa. Tässä korostuukin asia, joka aiemmin tutkimuksessa esimerkiksi Shneidermanin (2016) kultaisissa säännöissä tuli jo ilmi, eli CAD-ohjelmia pitää pystyä muokkaamaan eri käyttäjien haluamalla tavalla vapaasti ilman rajoitteita. Tällä tavoin päästään siihen, että asiantuntijakäyttäjien työskentely on mahdollisimman tehokasta ja joustavaa.

Tavallaan niitten loogisuus, että siellä on sitten oikeasti ne asiat, mitä siellä pitäisikin olla, eikä siten, että joku olennainen juttu löytyykin sitten jostain toisesta valikosta, sitten joutuu niinku niitä etsimään. (H4)

CAD-ohjelmia voidaan siis jo niiden suunnittelu- ja toteutusvaiheessa muokata käyttäjäystävällisemmäksi, jotta käyttäjäkohtaisen muokattavuuden tarve vähenee. Tämä ei kuitenkaan poista tarvetta ohjelman eri toimintojen muokattavuudelle, joka pitää olla helposti käyttäjän saatavilla jokaisessa mahdollisessa tilanteessa ilman turhia rajoitteita.

Käyttöliittymien selkeyteen ja intuitiivisuuteen liittyy vahvasti myös kieliasiat. Kaikki haastateltavat CAD-käyttäjät olivat äidinkieleltään suomenkielisiä, joten suomenkieliset käyttöliittymät koetaan suurena etuna, mutta kaikki haastateltavien käyttämät ohjelmat eivät sitä tarjoa. Tämä hankaloittaa oppimista ja vaatii uudelta käyttäjältä mahdollisesti jopa käännöstyötä, ennen kuin oikeita toimintoja pystytään eri ohjelmista löytämään. Pahimmillaan tämä on aiheuttanut erään haastateltavan kohdalla sen, että ohjelman tietyt toiminnallisuudet on jäänyt kokonaan käyttämättä, koska kielimuuri oli liian vahva.

Se oli esimerkiksi semmoinen, että kun se on englannin kielellä, niin sitä ei ollut silleen omatoimisesti helppo saada käyttöön, että olisi vaatinut tosiaan

varmaankin katsoa niitä videoita tai jotain ohjeita, että olisi siihen päässyt käsiksi, niin ei tullut sitten käytettyä ollenkaan. (H3)

Tällaisia tilanteita pystytään välttämään sillä, että varmistetaan eri järjestelmien ja todellisen maailman välinen vastaavuus (Nielsen, 2020). Eri ohjelmien tulisi sisältää käyttäjän kieltä, jotta käyttö olisi mahdollisimman tehokasta ja nopeasti opittavissa.

CAD-ohjelmissa isona haasteena on niiden laaja ominaisuusvalikoima, joka voi pahimmillaan lannistaa uuden oppijaa. Eri toimintojen laaja skaala ja kuinka paljon niitä on esimerkiksi kerralla näkyvissä aloittelevalle käyttäjälle voi olla merkittävässä roolissa sen suhteen, kuinka nopeasti käyttäjä oppii ohjelmaa tehokkaasti käyttämään. Tämä huomio voidaan johtaa Nielsenin (2020) luomaan yhteen käytettävyyshauristiikkaan, jossa painotetaan esteettisen ja minimalistisen suunnittelun tärkeyttä eri järjestelmissä.

Mikä se raja on siinä, että kuinka paljon niitä painikkeita tai toimintoja on kerrallaan näkyvillä, että niitä pitäisi olla niinku riittävästi, että kaikkia ei tarvitsisi hakea jostain alavalikoista, mutta sitten taas, jos niitä on liikaa niin sekin sitten taas sotkee. (H4)

Nielsenin (2020) heuristiikan mukaan käyttöliittymän ei tule sisältää liikaa tarpeetonta tietoa. Relevantit informaatioyksiköt jäävät helposti ylimääräisten, epärelevanttien informaatioyksiköiden alle, jos niitä on toteutettu käyttöliittymään ilman pidemmälle vietyä suunnittelua. Tämä onkin haasteellinen seikka CAD-ohjelmien suunnittelussa, koska CAD-ohjelmat ovat luonteeltaan niin syviä ja pitävät sisällään valtavan määrän eri ominaisuuksia, vaihtoehtoja ja mahdollisuuksia. Tämä vaatii tarkkaa pohdintaa, kun suunnitellaan ja luodaan mahdollisesti uutta CAD-ohjelmaa tai päivitetään vanhaa.

5.4.2 Hyvät käytettävyysominaisuudet

Kysyttäessä käyttöliittymän selkeydestä ja intuitiivisuudesta, esille nousi vastavuoroisesti hyvinä käytettävyysominaisuuksina esimerkiksi tooltip-tyyppiset vinkit, joka tarkoittaa sitä, että kursorin siirtyessä jonkun ohjelman toiminnon päälle, ohjelma tuo esiin lyhyen kuvauksen siitä, mitä kyseisellä toiminnolla voidaan tehdä. Tämä voidaan toteuttaa joko tekstimuotoisena tai videomuotoisena apukeinona eri ohjelmien toimintojen nopeaan oppimiseen.

Tuommoiset käyttäjäkokemusta lisäävät videot eli käytännössä semmoiset, jos laitat hiiren jonkun työkalun päälle niin se näyttää mitä sillä tehdään tai antaa jonkun pop-up ikkunan tekstimuotoisena, että mitä tää tarkoittaa. (H1)

Nielsenin (2020) kymmenessä heuristiikassa viimeisenä on maininta ohjeista ja dokumentaatiosta. Tämä liittyy siihen, että Nielsenin mukaan parhaassa tapauksessa minkään järjestelmän ominaisuudet eivät vaadi lisäselityksiä, erilaista dokumentaatiota tulee kuitenkin tarjota erilaisia tehtäviä suoritettaessa (Nielsen, 2020). Tämä aihe voidaan johtaa siihen, mitä Allwood ja Kalén (1994, s.156–157) käsitteli artikkelissaan. Eri CAD-ohjelmien käytettävyys, käyttöliittymäsuunnittelun kattavuus, kognitiivisen kuormituksen hallinta ja luovien suunnitteluprosessien tukeminen vaikuttavat merkittävästi työn tehokkuuteen ja lopputulosten vaikuttavuuteen, erityisesti ohjelmien käyttöönottovaiheessa (Allwood & Kalén, 1994, s.156–157).

Myös isona aiheena eri käyttöliittymien selkeyteen nousi se, että käyttäjät ovat huomanneet, että jokaisen CAD-ohjelman ulkoasu vertautuu samankaltaisuudessaan toisiin ohjelmiin. Esimerkiksi eri CAD-ohjelmilla suoritettavien toimintojen nimet eivät ainakaan suurimmilta osin vaihdu riippuen siitä, mitä ohjelmaa milloinkin käyttää.

Omasta näkemyksestä varmaankin se että kaikki CAD-ohjelmat on enemmän tai vähemmän samanlaisia ulkoasultaan, toki niissä on aina pieniä eroja ja nyansseja. (H1)

Tällaisella, eräänlaisella standardisoinnilla voidaan edelleen edistää CAD-ohjelmien käytettävyyttä ja sitä, että eri ohjelmia uskalletaan ottaa käyttäjien toimesta käyttöön ilman suurempaa ajatusta siitä, että niistä löytyisi valtavasti keskinäisiä eroavaisuuksia. Tämä edistää tervettä kilpailua ja sitä myötä eri CAD-ohjelmistot kehittyvät entisestään paremmaksi ja tehokkaammiksi käyttäjä.

5.5 Käyttäjäkokemuksen parantaminen

Kun teemahaastatteluissa päästiin käyttäjäkokemuksen parantamista koskevaan teemaan ja sen sisältämiin aiheisiin, niin tämä herätti haastateltavien keskuudessa huomattavasti eniten keskustelua ja ajatuksia siitä, miten CAD-ohjelmien käyttäjäkokemusta voisi parantaa entisestään. Tämä on teemana tärkeä, koska henkilöt, jotka voidaan määrittää CAD-ohjelmien aktiivisiksi käyttäjiksi, voivat tiedostaa sen, minkälaisia toiminnallisuuksia CAD-ohjelmien tulisi sisältää ja mitkä seikat johtavat siihen, että ne olisivat mahdollisimman käyttäjäystävällisiä toteutuksia niille kohdistuvia käyttötarkoituksia ajatellen.

Yksi lukuisista toiminnoista, joka parantaa käyttäjäkokemusta on ohjelmilla tehtyjen toimintojen automaattinen tallennus. Jotta tehty työ säilyisi ohjelman muistissa siitakin huolimatta, että ohjelma kaatuisi, niin ohjelman tulisi tallentaa käyttäjän tekemät toiminnot ja tulokset automaattisesti esimerkiksi viiden minuutin välein, ilman, että ohjelman käyttäjän tulisi sitä itse tehdä.

Mulla on pari kertaa useampi tunti mennyt hukkaan, sen takia, että ohjelma on kaatunut. Tuo oli tämmöinen pikkujuttu mikä tekee käyttöliittymistä parempia, eli automaattinen tallennus. (H5)

Tällä pienellä, mutta varsin tärkeällä toiminnolla saavutetaan se, että mahdollisesti useiden tuntien tallentamaton työ säilyy, mikäli tapahtuu jotain peruuttamatonta

ohjelman toiminnassa. Tämä voidaan johtaa Nielsenin (2020) yhteen heuristiikkaan, jossa mainitaan, että ohjelman tulisi aina tarjota käyttäjälle ”häätäuloskäyntiä” eri virhetilojen sattuessa. Tässä tapauksessa ”häätäuloskäynti” tarkoittaisi sitä, että tehty työ pysyisi tietokoneen muistissa eri virhetilanteista riippumatta ja käyttäjä voisi jatkaa tehtyä työtään tehokkaasti.

Myös tekoälyn hyödyntäminen CAD-ohjelmien käytettävyyden kehittämisessä nousi haastatteluissa esiin. Tekoälyn hyödyntämisessä nähdään suuria mahdollisuuksia CAD-käyttäjien keskuudessa. Parhaimmillaan tekoäly ei ainoastaan mahdollistaisi nopeampaa työskentelytahtia vaan se parantaisi käytettävyyttä siltäkin osin, että ohjelma oppisi tuntemaan käyttäjää ja käyttäjän tarpeita, jolloin tekoäly voisi ehdottaa automaattisesti esimerkiksi seuraavaa työvaihetta ohjelman käyttäjälle.

Tekoäly voisi helpottaa siinä huomattavasti, esimerkiksi se, että mitä sä oot aikaisemmin siellä piirtänyt niin se pystyis sitten tulkitsemaan, että mitä sä haluat seuraavaksi tehdä. (H1)

CAD-ohjelmia käytettäessä tapahtuu myös paljon manuaalista toistoa, esimerkiksi eräällä haastateltavalla oli ollut tilanne, jossa oli joutunut vaihtamaan yhden osoiterivin tekstiä yli sadasta eri dokumentista. Tähän yksinkertaiseen mutta pakolliseen työvaiheeseen oli mennyt aikaa kolme tuntia. Tämä on hyvä esimerkki siitä, että mikäli tekoäly saataisiin valjastettua tehokkaaseen käyttöön eri CAD-ohjelmiin, niin ohjelmien käyttökokemus paranisi valtavasti. Tällöin päästäisiin varmasti myös ajallisiin- ja rahallisiin säästöihin.

Jo aiemmin tutkielmassa esiin nousseet pikanäppäimet herättivät haastateltavien keskuudessa lisää keskustelua, kun niiden toimintaan hypättiin syvemmälle eri syöttölaitteiden toiminnan kautta. Haastatteluista kävi ilmi, että useassa ohjelmassa pikanäppäimiä on mahdollista luoda vain tietokoneen näppäimistön eri

näppäinyhdistelmille. Tässä kohtaa esiin nousi ajatus siitä, että pikanäppäimiä tulisi pystyä hyödyntämään myös tietokoneen osoitinlaitteen eli hiiren eri näppäimissä.

Mä haluaisin, että mä pystyisin suoraan tuosta hiirestä vaihtelemaan näitä toimintoja. Kyllähän sä saat ne tuosta tekstin kautta tulemaan, mutta niin kuin se, että kun sulla olisi suoraan vaan näppäin tuossa hiirellä, minkä kanssa nyt tossa sitä teet, elikkä mulla nyt on tuossa 12 näppäintä yhteensä, että se pitäisi olla helpompi tehdä. (H2)

Usealla haastateltavalla oli käytössään osoitinlaite, jossa on useita eri näppäinvaihtoehtoja, mutta näihin ei ole onnistuttu määrittämään pikakomentoa CAD-ohjelmien sisältäville eri työvaiheille ja ominaisuuksille. Tämä parantaisi CAD-ohjelmien yleistä käyttökokemusta ja se varmistaisi, että tietokoneen eri syöttölaitteista saataisiin kaikki mahdollinen hyöty irti tehokkaaseen työskentelyyn.

Viimeisenä nostettavana aiheena käytettävyyden parantamisen teemaan liittyen nousi virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen CAD-ohjelmia käytettäessä. Useimmat haastateltavat näki tässä mahdollisuuksia, jotka voisivat tehostaa tehdyn työn visualisointia ja sitä, että esimerkiksi asiakkaille pystyttäisiin tarkemmin esittelemään, mitä minnekin on CAD-ohjelman avulla suunniteltu ja kuinka käytännön toteutukset onnistuvat.

Virtuaalitodellisuus, toi että saat jotkut Apple Visionit päähän ja kävelet tuolla työmaalla ja siellä pyörii joku CAD-ohjelma. Uskomaton, oikein niinku kylmiä väreitä tulee tuosta ajatuksesta, miten siisti toi juttu olisi, että siellä on LVI-kuvat, siellä on sähkökuvat, näkee kun on lasit päässä ja mä en yhtään pidä tota niinku kaukaisenaakaan ideana. (H5)

Tämä kyseinen aihe nousi esiin Kanain ja muiden (2009) sekä Dalpadulon ja muiden (2021) toteuttamissa artikkeleissa, joissa käsitellään myös CAD-ohjelmien ja niiden

toiminnallisuuden integrointia kehittyviin ja kehittyneisiin teknologioihin, kuten digitaalisten prototyyppien tekemiseen. Kanai ja muut (2009) sekä Dalpadulo ja muut (2021) nostavat esiin CAD-ohjelmien kehittyvän luonteen sekä jatkuvan tarpeen arvioida ja parantaa niiden käytettävyyttä näissä yhteyksissä. Tätä aihetta ei pidä unohtaa, kun keskustellaan siitä, mikä tekee CAD-ohjelmien käytettävyydestä entistäkin parempaa.

5.6 Teemahaastattelujen keskeisimmät havainnot ja heuristiikat

Tämä alaluku sitoo yhteen teemahaastattelujen kautta nousseet havainnot ja sitä kautta esittelee lyhyesti tutkimuksen tuloksena syntyneet heuristiikat, jotka esitellään tarkemmin taulukossa 8. Syntyneille heuristiikoille luotiin tunnisteet HE1, HE2, HE3, ja niin edelleen. Heuristiikkojen tunnisteissa kirjaimet HE viittaavat sanan heuristiikka ensimmäisiin kahteen kirjaimeseen ja kirjainyhdistelmän perässä oleva numero pyrkii erottelemaan heuristiikat toisistaan.

Yleisen käyttökokemuksen teema vastasi laajasti kysymyksiin siitä, mitkä ovat suurimmat haasteet ja parhaat piirteet sekä ominaisuuden CAD-ohjelmien käytössä. Ylivoimaisesti suurimpana haasteena CAD-ohjelmiin liittyen pidettiin eri ohjelmien käytön aloittaminen. Tämä koettiin käyttökokemuksen kannalta seikaksi, joka vaatii käyttäjältä kokeilunhalua ja oikeaa mielenkiintoa käytettävää CAD-ohjelmaa kohtaan. Tästä johdettiin ensimmäinen heuristiikka HE1, eli oppimisen tukeminen ja aloituskynnyksen madaltaminen. Aloittamisen lisäksi yleisimpänä aiheena CAD-ohjelmien käytettävyyden haasteista nousi tulostustoimintojen monimutkaisuus sekä eri mittakaavojen hallinnan vaikeus. Tulostaminen ja mittakaavojen merkitys nousi esiin haastatteluissa ja tästä johdettiin heuristiikka HE3, mittakaavojen ja tulostamisen hallinnan selkeys. Viimeisenä suurena huomiona CAD-ohjelmien käytön haasteista nousi mahdollisten virheiden korjaamisen hitaus ja monivaiheisuus. Tämä aiheuttaa pahimmillaan massiivista tehokkuuden laskua CAD-ohjelmilla suoritettavien töiden kentässä. Näiden havaintojen myötä nousi esiin seuraava heuristiikka HE4, joustavat peruutustoiminnot.

Suoritetuissa teemahaastatteluissa CAD-ohjelmien parhaista piirteistä ja ominaisuuksista tärkeimmäksi nousi eri ohjelmien muokattavuuden mahdollistaminen. Tämä tarkoittaa yksinkertaistettuna sitä, että eri ohjelmat tulee olla muokattavissa eri käyttäjien tarpeisiin sopeutuvaksi. Tähän sisältyy käyttöliittymärakenteiden ja pikakomentojen vapaa muokkausmahdollisuus. Näiden ominaisuuksien tärkeydestä kertoo se, että CAD-ohjelmaa pidettiin erään haastateltavan toimesta käyttökelvottomana, mikäli pikakomentoja ei voi ohjelman sisään määrittää. Parhaiden piirteiden ja ominaisuuksien teemahaastatteluvastauksien myötä luotiin heuristiikka H2, CAD-ohjelman muokattavuus ja pikanäppäimet kaikkiin syöttölaitteisiin.

Käyttöliittymien selkeydestä ja intuitiivisuudesta saatiin teemahaastattelujen myötä paljon tärkeitä ajatuksia. Käyttöliittymien suurimpina haasteina pidettiin eri ohjelmien toimintovalikoiden sekavuutta. Tärkeät toiminnot koettiin epäloogisesti sijoiteltuina ja tämä aiheuttaa ongelmia varsinkin aloitteleville käyttäjille hahmottamaan eri työkalujen saatavuutta. Tämä huomio korostaa jo aiemmin mainitun heuristiikan H2, merkitystä. Seuraava haaste käyttöliittymien selkeyteen liittyy vahvasti ohjelman kielen ymmärrettävyyteen. Jos ohjelman tarjoama kieli on jokin muu kuin käyttäjän äidinkieli, niin se voi pahimmillaan aiheuttaa ohjelman tärkeiden ominaisuuksien käyttämättömyyden, mikäli kieltä ei ymmärretä. Tästä syystä syntyi heuristiikka H6, ohjelman kielen ymmärrettävyys, joka varmistaa sen, että eri ohjelmat ovat saatavilla käyttäjien äidinkielellä ja niiden terminologia on selkeää sekä yhdenmukaista.

Hyvinä käytettävyysominaisuuksina CAD-ohjelmien käyttöliittymistä löytyi erilaiset vinkit käyttäjälle, mitä mistäkin toiminnosta tapahtuu. Näitä eri apukeinoja voidaan toteuttaa joko teksti- tai videomuotoisena, jolloin käyttäjällä on helppo ymmärtää ja oppia ohjelman käyttö tehokkaammin. Tämä huomio tukee jo aiemmin mainittua heuristiikkaa HE1. Tärkeänä huomiona CAD-käyttöliittymien käytettävyydestä nousi esiin niiden vertautuminen keskenään ulkoasultaan toisiin ohjelmiin. Tämän myötä pystyttiin luomaan CAD-ohjelmien käytettävyyden kannalta erittäin tärkeä heuristiikka HE5, selkeä ja looginen käyttöliittymä sekä standardointi. Tämä johtaa parhaimmillaan siihen, että

terve kilpailu eri ohjelmien välillä paranee ja tätä kautta CAD-ohjelmat kehittyvät entistä paremmiksi ja tehokkaammiksi käytettävyydeltään.

Viimeisenä teemana käyttäjäkokemuksen parantamiseen liittyen nousi paljon hyviä asioita esiin, joilla pystytään kehittämään CAD-ohjelmien käyttökokemusta valtavasti. Teemana tämä herätti todella paljon ajatuksia haastateltavien keskuudessa ja tämän myötä saatiinkin luotua loput heuristiikat HE7, tekoälyn ja kehittyneiden teknologioiden hyödyntäminen sekä HE8, eri työvaiheiden automaattinen tallennus. Heuristiikka HE7 syntyi CAD-loppukäyttäjien ajatuksista siitä, miten esimerkiksi tekoäly tai virtuaalinen todellisuus voisi muuttaa käyttökokemusta varsin mullistavalla tavalla. Tekoälyn avulla nähdään mahdolliseksi aikaa vievän, manuaalisen työn merkittävä vähentyminen ja tämän myötä muun työn tehostuminen. Virtuaalisen todellisuuden kautta sen sijaan pystyttäisiin tehostamaan CAD-ohjelmiin liittyvää visualisointia. Heuristiikka HE8 sen sijaan pohjautuu yksinkertaiseen, mutta äärimmäisen tärkeään ominaisuuteen, eli työvaiheiden automaattiseen tallennukseen. Moni haastateltava mainitsi menettäneen useiden tuntien töitään sen takia, koska ohjelman kaaduttua tai inhimillisen unohduksen sattuessa tehty työ ei ollut tallentunut ohjelman muistiin.

5.7 Heuristiikkojen kehitys ja luonti

Tässä alaluvussa esitellään tutkimuksen tuloksena syntyneiden käytettävyyshauristiikkojen kehitys- ja luontiprosessia tarkemmin. Alaluku vastaa myös kysymyksiin siitä, millaisilla kriteereillä lopulliset heuristiikat valittiin, miten ne vertautuvat aiempiin heuristiikkoihin ja kuinka näitä käytettävyyshauristiikkoja voidaan käyttää jatkossa.

Tämän tutkimuksen tulokset, eli heuristiikat muodostuivat teorian, empiiristen havaintojen ja aikaisemmin luotujen heuristiikkojen yhteisvaikutuksesta. Tutkielman tuloksena toteutuneet heuristiikat pyrittiin pitämään mahdollisimman selkeinä, mutta tehokkaina, jotta CAD-ohjelmia voitaisiin jatkossa kehittää käyttäjäystävällisemmiksi ja

käytöltään mahdollisimman toimiviksi. Eri heuristiikkojen tunnisteet, nimet, lyhyt kuvaus ja perustelut heuristiikan olemassaololle voidaan nähdä taulukossa 8.

Heuristiikkojen luonti CAD-ohjelmille eteni vaiheittain. Ensin analysoitiin olemassa olevia heuristiikkoja ja tutkimuskirjallisuutta, jonka jälkeen suoritettiin teemahaastattelut, joissa haastateltavina toimi eri CAD-ohjelmien käyttäjät. Näiden pohjalta muodostettiin joukko erilaisia heuristiikkamalleja, joista lopulliseen muotonsa saaneet, tärkeimmiksi koetut heuristiikat nostettiin esiin taulukossa 8. Lopulliset käytettävyysheuristiikat valikoitui sen perusteella, kuinka keskeisiä ne olivat CAD-ohjelmien käytettävyyden kannalta. Näiden syntyneiden heuristiikkojen valikoitumisen kriteereinä toimi myös niihin liittyvien asioiden toistuvuus haastatteluissa, yleinen vaikutus käytettävyyteen ja niiden toteuttamiskelpoisuuttakin harkittiin.

Taulukko 8. Tutkimuksen tuloksena syntyneet heuristiikat, niiden kuvaus ja tutkimukseen pohjautuvat perustelut

Heuristiikan nimi (HE)	Kuvaus	Teoriaan pohjautuva peruste	Empiiriseen tutkimukseen pohjautuva peruste
HE1: Oppimisen tukeminen ja aloituskynnyksen madaltaminen	CAD-ohjelmien tulisi tarjota selkeitä erilaisia ohjeistuksia aloitteleville käyttäjille.	Allwood ja Kalen (1994, s.156–157) painottavat kognitiivisen kuormituksen hallintaa ja luovien prosessien tukemista.	Useissa haastatteluissa nousi esiin CAD-ohjelmien käytön aloittamisen haastavuus, joka vaatii käyttäjältä kokeiluhallua ja mielenkiintoa.
HE2: CAD-ohjelman muokattavuus ja	Käyttäjällä tulisi olla mahdollisuus muokata	Pikakomentojen tärkeys nostetaan esiin sekä Nielsenin (2020)	Haastatteluissa nousi vahvasti esiin käyttäjien

pikanäppäimet kaikkiin syöttölaitteisiin	käyttöliittymää haluamallaan tavalla omalle työlleen sopivaksi.	heuristiikoissa, että Shneidermanin säännöissä (2016). Näissä painotetaan asiantuntijuutta, ennen kuin kyseisiä toiminnallisuuksia voidaan tehokkaasti hyödyntää.	vaatimukset muokattavuuteen ja pikakomentojen asettamiseen liittyen. Ne nähtiin suurena tekijänä käytettävyyden kannalta.
HE3: Mittakaavojen ja tulostamisen hallinnan selkeys	Mittakaavat ja tulostaminen on keskeisiä työkaluja CAD-ohjelmien käytölle.	Tutkimuksessa ei löydetty teoriaan pohjautuvaa perustetta.	Useissa haastatteluissa mainittiin, että CAD-ohjelmille tärkeät mittakaavat ja tulostaminen on usein toteutettu liian monimutkaisesti.
HE4: Joustavat peruustustoiminnot	CAD-ohjelmien ei tule rajoittaa toimintojen peruuttamista millään tavalla.	Sitoutuu Shneidermanin (2016) kultaiseen sääntöön, jossa painotetaan eri toimintojen helppoa peruuttamista.	Haastateltavat mainitsivat, että virheiden korjaaminen on hidasta ja vaatii monivaiheisuutta. Tämän tulee olla joustavaa ja helppoa.
HE5: Selkeä ja looginen	CAD-ohjelmien eri toiminnot tulisi olla	Saleh ja muut (2019) painottavat artikkelissaan CAD-	Haastatteluissa mainittiin, että CAD-ohjelmien

käyttöliittymä, standardointi	selkeästi ja loogisesti esitettynä eri ohjelmien sisällä.	ohjelmien standardointia, joka tehostaa eri ohjelmien käyttöä.	ulkoasut vertautuvat keskenään toisiinsa ja sitä pidetään käyttöä tehostavana tekijänä.
HE6: Ohjelman kielen ymmärrettävyys	Eri CAD-ohjelmien kielivaihtoehtoisia tulisi olla käyttäjien äidinkieli sekä terminologian pitäisi olla selkeää ja yhdenmukaista.	Lee ja muut (2010, s.93) toteavat terminologian yhdenmukaisuuden jyrkentävän oppimiskäyrää ja parantavan käyttäjien tehokkuutta.	Terminologian ja kielen tärkeys nousi esiin haastattelussa, jokaisen CAD-ohjelman tulisi sisältää käyttäjien äidinkielen.
HE7: Tekoälyn ja kehittyneiden teknologioiden hyödyntäminen	Mahdollisuus kehittyneiden teknologioiden hyödyntämiseen.	Jablonska ja Czajka (2021) mainitsevat CAD-ohjelmien integrointia kehittyviin ja kehittyneisiin teknologioihin.	CAD-käyttäjät toivat esiin virtuaalitodellisuuden ja tekoälyn luomat ratkaisut CAD-ohjelmien käytön tehostamiseksi.
HE8: Eri työvaiheiden automaattinen tallennus	Pieni, mutta tärkeä käytettävyyteen vaikuttava seikka, joka on	Voidaan johtaa Nielsenin (2020) yhdestä heuristiikasta, jossa käyttäjälle	Eräs haastateltava (H5) mainitsi, että useamman tunnin työt ovat menneet hukkaan, koska

	erittäin suuressa roolissa CAD-ohjelmia käytettäessä.	tarjotaan ”häätäuloskäyn ti” virhetilanteista.	automaattista tallennusta ei ole ollut saatavilla.
--	---	--	--

Ensimmäinen heuristiikka (HE1) liittyy oppimisen tukemiseen ja eri CAD-ohjelmien käytön aloituskynnyksen madaltamiseen. Tätä edesauttaa esimerkiksi eri toimintojen käyttöön liittyviä esille ponnahtavia videoita. Myös oletusasetukset ohjelmille tulisi olla aloittelevalle käyttäjälle yksinkertaisia. Käytön aloitus koetaan usein haastavaksi. Näillä keinoilla helpotetaan käytön aloittamisen kynnystä ja saadaan lisää asiantuntijakäyttäjää eri ohjelmille. Toinen toteutunut heuristiikka (HE2) käsittelee CAD-ohjelmien muokattavuutta ja pikanäppäinten hyödyntämistä kaikilla syöttölaitteilla. Varsinkin asiantuntijakäyttäjien työtä tehostaa valtavasti se, että eri ohjelmat ovat muokattavissa. Kaikkien syöttölaitteiden pikanäppäimillä voidaan viedä tehokas ohjelman käyttö maksimiin.

Kolmantena heuristiikkana (HE3) nousi esiin eri mittakaavojen ja tulostamisen hallinnan selkeys. Mittakaavan asettamiseen tulisi olla suoraviivainen työkalu ja tulostusasetusten ymmärrettävyyttä olisi parannettava kautta linjan eri CAD-ohjelmissa. Käyttäjäystävällinen ja tehokas tulostusvaihe sekä mittakaavan hallinta vähentää virheitä ja nopeuttaa CAD-ohjelman käytön prosessia. Neljäntenä heuristiikkana (HE4) toimii joustavat peruutustoiminnot, koska pienikin, ei kumottavissa oleva virhe jossain kohti prosessia voi olla krusiaali. Mahdollisuus tarkastella ja palauttaa aikaisempia työvaiheita parantaa käyttäjäkokemusta sekä tehostaa eri ohjelmien käyttöä merkittävästi.

Viides heuristiikka (HE5) sisältää maininnan selkeästä ja loogisesta käyttöliittymästä. Valikkorakenteet tulee olla selkeät ja niiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon loppukäyttäjien tekemät toimenpiteet. Tämän heuristiikan varmistuksella voidaan merkittävästi vähentää turhaa työtä ja ajanhukkaa, jotka johtuvat käyttöliittymien sekavuudesta ja epäloogisesta käyttöliittymäsuunnittelusta. Kuudes heuristiikka (HE6)

liittyy kieliasiaan, joka tulee olla käyttäjälle helposti ymmärrettävissä. Mikäli loppukäyttäjän äidinkieltä ei ole ohjelmassa saatavilla, se hankaloittaa suoraan oppimista ja vaatii uudelta käyttäjältä pahimmassa tapauksessa jopa käännöstyötä ohjelman käytön ohessa. Tämä taas johtaa siihen, että ohjelman tehokkaat ominaisuudet voivat jäädä kokonaan käyttämättä.

Seitsemäs luotu heuristiikka (HE7) painottaa tekoälyn ja muiden kehittyneiden teknologioiden hyödyntämistä CAD-ohjelmien käytössä. Tekoälyllä mahdollistettaisiin esimerkiksi se, että ohjelma pystyisi tulkitsemaan käyttäjän seuraavat työvaiheet. Myös virtuaalinen todellisuus ja muut kehittyneet teknologiat tulisi ottaa huomioon. Tekoälyä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi siinä, että ohjelma oppisi tuntemaan käyttäjän työvaiheet ja tarpeet, jolloin työskentelystä tulisi entistä tehokkaampaa. Myös manuaalinen työ vähentyisi. Virtuaalinen todellisuus mahdollistaisi tarkemman suunnittelun esimerkiksi rakennustyömaille. Viimeisenä, eli kahdeksantena heuristiikkana (HE8) toimii yksinkertainen, mutta äärimmäisen tärkeä aihe: eri työvaiheiden automaattinen tallennus. Automaattinen tallennus tulisi tapahtua esimerkiksi viiden minuutin välein, jotta se parantaisi käytettävyyttä mahdollisimman tehokkaasti. Tällä heuristiikalla saavutetaan se, että ohjelman virhetilanteissa mahdollisesti useiden tuntien työ säilyy, eikä eri työvaiheiden tallennus ole käyttäjän muistin varassa.

Tutkimuksen tuloksena syntyneet heuristiikat vertautuvat hyvin pitkälti olemassa oleviin perinteisiin heuristiikkaoppeihin, kuten Nielsenin kymmeneen käytettävyyshauristiikkaan (2020) ja Shneidermanin kahdeksaan kultaiseen sääntöön (2016). Näiden laajuudesta huolimatta eri CAD-ohjelmat sisältävät erilaisia erityispiirteitä, kuten monimutkaiset käyttöliittymät ja korkean oppimiskynnyksen, joten ne vaativat näiden olemassa olevien käytettävyyshauristiikkojen räätälöintiä ja laajentamista.

Näitä toteutuneita käytettävyyshuristiikkoja voidaan hyödyntää muun muassa tarkemmassa jatkotutkimuksessa CAD-ohjelmien huristiikkoihin liittyen, täysin uusien CAD-ohjelmien kehittämisvaiheissa sekä olemassa olevien CAD-ohjelmien käytettävyystudkimuksessa. Taulukko 8 toimii näin käytännön työkaluna CAD-ohjelmien kehittäjille ja käytettävyyden arvioijille.

6 Diskussio

Tässä luvussa tarkastellaan tämän pro gradu -tutkielman tuloksia ja niiden merkitystä käytettävyyshuristiikkojen luomisessa CAD-ohjelmille. Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää uusia käytettävyyshuristiikkoja, jotka vastaavat CAD-ohjelmien käyttäjien tarpeisiin ja parantavat näin näiden ohjelmien käytettävyyttä. Tutkielman tutkimuskysymyksenä toimi: Mitkä ovat CAD-ohjelmille muodostuvien käytettävyyshuristiikkojen keskeiset osatekijät? Tutkimuksen tavoite muotoutui siitä syystä, että aiempia käytettävyyshuristiikkoja juuri CAD-ohjelmiin liittyen oli haastava löytää ja tämä nähtiin mahdollisuutena tämän tutkimuksen motivaation osalta. Tutkimusmenetelmänä käytettiin mixing process -mallia, joka yhdistää aiemman tutkimuksen, olemassa olevien huristiikkojen analyysin ja käyttäjähaastatteluiden tuottaman aineiston (Quiñones & Rusu, 2017, s.95). Mixing process -mallin (Quiñones & Rusu, 2017, s.95) kautta päästiin kiinni tutkimustulosten analysointiin, eli lopulta nivottiin yhteen aiemmat huristiikat, aiempi tutkimus CAD-ohjelmien käytettävyydestä sekä teemahaastattelujen sisältö. Näiden kautta pystyttiin luomaan joukko käytettävyyshuristiikkoja CAD-ohjelmille.

Työn tavoite saavutettiin uusien käytettävyyshuristiikkojen muodossa, jotka löytyvät taulukosta 8. Tutkimuksen tuloksena syntyneitä käytettävyyshuristiikkoja olisi voinut muodostua lisää, mutta tämän tutkimuksen laajuuteen liitettynä, muodostuneet uudet huristiikat olivat tutkimustavoitteen mukaiset. Tässä tutkimuksessa syntyneet huristiikat ovat hyvin samankaltaisia, kuin tutkimuksen selkärangana käytetyt Nielsenin kymmenen käytettävyyshuristiikkaa (2020) ja Shneidermanin kahdeksan kultaista sääntöä (2016). Näitä edellä mainittuja huristiikkoja ja tutkimuksessa syntyneitä huristiikkoja voidaankin pitää hyvin yleispätevinä, oli kyse sitten mistä tahansa käyttöliittymästä.

Samankaltaisuudesta huolimatta toteutuneet huristiikat antavat kuitenkin selkeämpää kuvaa juuri siitä, miten CAD-ohjelmien käytettävyyttä voitaisiin kehittää paremmalle tasolle. Suurin ero aikaisempiin huristiikkoihin liittyy siihen, että syntyneissä

heuristiikoissa mennään syvemmälle CAD-ohjelmien luonteeseen ja annetaan spesifimpiä kuvauksia, mitä juuri CAD-ohjelman käyttäjien haastatteluiden ja aiemman tutkimusteorian pohjalta on saatu tutkimustuloksiksi.

Aiempi tutkimustulos aiheen ympäriltä, joka tuli esiin taulukossa 4. antoi hyvää pohjaa tämän tutkimuksen etenemiselle. Esimerkiksi Kanain ja muiden (2009), Dalpadulon ja muiden (2021) sekä Jablonskan ja Czajkan (2021) nostamat aiheet kehittyneiden teknologioiden ympäriltä loivat oman jälkensä tämän tutkimuksen kannalta ja syntyneiden heuristiikkojen lopputuloksen osalta. Lee ja muut (2010) sekä Babicsné-Horváth ja Hercegi (2023) loivat omilla tutkimuksillaan pohjaa CAD-ohjelmien käytettävyyden parantamiseen ja siihen liittyviin parhaisiin käytäntöihin. Myös Rosso ja muut (2021) sekä Camba ja muut (2014) vaikuttivat omilla tutkimuksillaan CAD-mallien muokattavuudesta ja uudelleenkäytettävyydestä tämän tutkimuksen lopputulokseen.

Tulokset osoittavat käytännön merkitystään siinä, että CAD-ohjelmien käyttäjät kohtaavat useita käytettävyysongelmia, jotka vaikeuttavat heidän työskentelyään ja vähentävät tuottavuutta. Näihin ongelmiin kuuluvat muun muassa monimutkaiset valikkorakenteet, epäselvä käyttöliittymäsuunnittelu sekä mahdolliset kieliongelmat. Näiden ongelmien tunnistaminen on ensimmäinen askel kohti käytettävyysheuristiikkojen kehittämistä. Tämä tutkimus antaa suuntaviivaa alan toimijoille varsinkin siitä, mitä CAD-ohjelmien loppukäyttäjät ajattelevat eri ohjelmien käytettävyydestä. Tämän tutkimuksen suurimpana hyötynä voidaan pitää CAD-ohjelmien suunnitteluvaiheen helpottumista ja ymmärrystä käyttäjätason tarpeista sekä ongelmista. Tutkimuksen rajoittavina tekijöinä näyttäytyi suppea haastateltavien joukko ja hyvin vähäinen aiempi tutkimus liittyen nimenomaan CAD-ohjelmia varten luotuihin käytettävyysheuristiikkoihin.

Mixing process -mallin (Quiñones & Rusu, 2017, s.95) avulla voitiin yhdistää aiempaa tutkimusteoriaa, olemassa olevia käytettävyysheuristiikkoja ja käyttäjien kokemuksia CAD-ohjelmien käytettävyydestä. Analysoimalla näitä tietoja yhdessä voitiin tunnistaa

keskeiset käytettävyysskriteerit, jotka ohjaavat uusien heuristiikkojen muodostamista. Esimerkiksi käyttäjähaastatteluista nousi esiin tarve selkeille ja intuitiivisille valikoille sekä toiminnallisuuksille, jotka tukevat tehokasta työskentelyä eri työvaiheissa.

Tulosten perusteella luotiin joukko uusia käytettävyysheuristiikkoja, jotka vastaavat CAD-ohjelmien käyttäjien tarpeisiin ja parantavat ohjelmien käytettävyyttä. Nämä heuristiikat kattavat muun muassa käyttöliittymän selkeyden, toiminnallisuuden johdonmukaisuuden sekä tekoälyn ja muiden kehittyneiden teknologioiden hyödyntämisen. Näiden heuristiikkojen avulla CAD-ohjelmien kehittäjät voivat arvioida ja parantaa ohjelmiansa käytettävyyttä systemaattisesti ja käyttäjälähtöisesti.

Tämän tutkimuksen lopputulosta rajoitti hieman se, että kaikki haastatellut CAD-ohjelmien käyttäjät olivat rakennusalaalla toimivia toimihenkilöitä. CAD-ohjelmien käyttö ei rajoitu ainoastaan rakennusalaan, vaan sitä käytetään laajasti myös muilla aloilla, kuten esimerkiksi arkkitehtuuri- ja kaupunkiakustiikan suunnittelussa (Jablonska & Czajka, 2021). Tässä tutkimuksessa hyödynnetty aiempi tutkimus voi olla suppeaa, sillä aiempien tutkimusten haku rajattiin tarkasti ennakkoon määritellyillä hakumerkkijonoilla. Tämä johtaa siihen tutkimusrajoitteeseen, että aiempien tutkimusjulkaisujen määrä osana tätä tutkimusta on hyvin vähäinen.

On kuitenkin tärkeää huomioida, että käytettävyysheuristiikkojen luominen on jatkuva prosessi, joka vaatii jatkuvaa käyttäjäpalautetta sekä ohjelmien kehityksen seuranta. Lisäksi tulevaisuuden tutkimuksessa voidaan syventyä tarkemmin eri käyttäjäryhmien tarpeisiin ja tarkastella, miten nämä tarpeet voivat vaihdella erilaisten CAD-ohjelmien välillä. Näiden näkökulmien huomioiminen voi edelleen parantaa käytettävyysheuristiikkojen tehokkuutta ja CAD-ohjelmien käyttökokemusta. Tekoälyn muuttaessa maailmaa, olisi myös tärkeä tunnistaa sen luomat mahdollisuudet CAD-ohjelmien yhteydessä. Sitä tulisi tutkia laajasti, jotta päästäisiin pureutumaan syvemmälle tekoälyn ja CAD-maailman yhdessä luomiin mahdollisuuksiin. Jatkotutkimuksen kannalta olisi tärkeää myös keskittyä tarkemmin eri CAD-ohjelmien

luomiin mahdollisuuksiin, kuten esimerkiksi 3D-mallinnukseen, virtuaalisen todellisuuden ja rakennusalan määrälaskentaan.

Lähteet

- Allwood, C. M., & Kalén, T. (1994). Usability in CAD—a psychological perspective. *International Journal of Human Factors in Manufacturing*, 4(2), 145–165. <https://doi.org/10.1002/hfm.4530040204>
- Babicsné-Horváth, M., & Hercegi, K. (2023). Methodological Challenges in Eye-Tracking based Usability Testing of 3-Dimensional Software – Presented via Experiences of Usability Tests of Four 3D Applications. *Periodica Polytechnica. Social and Management Sciences*, 31(2), 144–152. <https://doi.org/10.3311/PPso.16803>
- Camba, J., Contero, M., Johnson, M., & Company, P. (2014). Extended 3D annotations as a new mechanism to explicitly communicate geometric design intent and increase CAD model reusability. *Computer-Aided Design*, 57, 61–73. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2014.07.001>
- Chi, C.-F., & Chung, K.-L. (1996). Task analysis for computer-aided design (CAD) at a keystroke level. *Applied Ergonomics*, 27(4), 255–265. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(96\)00012-9](https://doi.org/10.1016/0003-6870(96)00012-9)
- Dalpadulo, E., Pini, F., & Leali, F. (2021). Assessment of Computer-Aided Design Tools for Topology Optimization of Additively Manufactured Automotive Components. *Applied Sciences*, 11, 10980. <https://doi.org/10.3390/app112210980>
- Eskola, J., & Suoranta, J. (1998). Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Vastapaino.
- Esser, F., & Vliegthart, R. (2017). Comparative Research Methods. Teoksessa *The International Encyclopedia of Communication Research Methods* (ss. 1–22). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118901731.iecrm0035>
- Gigerenzer, G. & Gaissmaier, W. (2011). Heuristic Decision Making. *Annual Review of Psychology*, 62(1), 451–482. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120709-145346>
- Günther, K. & Hasanen, K. (2021). Johdanto: Tutkimuksen kulku. Teoksessa Jaana Vuori (toim.) *Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja*. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. Noudettu 9. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/>

- Günther, K. & Hasanen, K. (2021). Raportointi ja kirjoittaminen. Teoksessa Jaana Vuori (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. Noudettu 9. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/>
- Haapasalo, H., & Kess, P. (2004). Usability evaluation of user interfaces in complex tasks—Applying usability heuristics to CAD UI evaluation in practical work. *IJCAT*, 19, 66–76. <https://doi.org/10.1504/IJCAT.2004.003635>
- Hyvärinen, M., Suoninen, E. & Vuori, J. (2021). Haastattelut. Teoksessa Jaana Vuori (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. Noudettu 26. syyskuuta 2024, osoitteesta <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/>
- ISO 9241-11:2018(en), Ergonomics of human-system interaction—Part 11: Usability: Definitions and concepts. (ei pvm.). Noudettu 31. lokakuuta 2023, osoitteesta <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>
- Jablonska, J., & Czajka, R. (2021). CAD Tools and Computing in Architectural and Urban Acoustics. *Buildings*, 11. <https://doi.org/10.3390/buildings11060235>
- Juhila, Kirsi (2021). Laadullisen tutkimuksen ominaispiirteet. Teoksessa Jaana Vuori (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. Noudettu 26. syyskuuta 2024, osoitteesta <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/>
- Kallio, A. (2021). Johdanto: Litterointi. Teoksessa Jaana Vuori (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. Noudettu 9. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/>
- Kaminski, J. (2020) Theory applied to informatics – Usability | *Canadian Journal of Nursing Informatics*. Noudettu 6. marraskuuta 2023, osoitteesta <https://cjni.net/journal/?p=8442>
- Kanai, S., Higuchi, T., & Kikuta, Y. (2009). 3D digital prototyping and usability enhancement of information appliances based on UsiXML. *International Journal*

- on Interactive Design and Manufacturing (IJDeM), 3(3), 201–222.
<https://doi.org/10.1007/s12008-009-0075-7>
- Kaplan, K. (2021). 10 Usability Heuristics Applied to Complex Applications. Nielsen Norman Group. Noudettu 15. marraskuuta 2023, osoitteesta <https://www.nngroup.com/articles/usability-heuristics-complex-applications/>
- Kumar, B. A., Goundar, M. S., & Chand, S. S. (2020). A framework for heuristic evaluation of mobile learning applications. *Education and Information Technologies*, 25(4), 3189–3204. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10112-8>
- Kumar, B. A., & Goundar, M. S. (2019). Usability heuristics for mobile learning applications. *Education and Information Technologies*, 24(2), 1819–1833. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09860-z>
- Langevin, R., Lordon, R. J., Avrahami, T., Cowan, B. R., Hirsch, T., & Hsieh, G. (2021). Heuristic Evaluation of Conversational Agents. *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–15. <https://doi.org/10.1145/3411764.3445312>
- Lee, G., Eastman, C. M., Taunk, T., & Ho, C.-H. (2010). Usability principles and best practices for the user interface design of complex 3D architectural design and engineering tools. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68(1), 90–104. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2009.10.001>
- Li, X., & Gunal, M. (2012). Exploring cognitive modelling in engineering usability design. *Journal of Engineering Design*, 23, 77–97. <https://doi.org/10.1080/09544828.2010.528379>
- Luukka, M-R. (2002) Mikä tekee tekstistä tieteellisen. Teoksessa Merja Kinnunen & Olli Löytty (toim.) Tieteellinen kirjoittaminen. Tampere: Vastapaino, 13-28.
- Mack, Z., & Sharples, S. (2009). The importance of usability in product choice: A mobile phone case study. *Ergonomics*, 52(12), 1514–1528. <https://doi.org/10.1080/00140130903197446>
- Munn, Z., Peters, M. D. J., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A., & Aromataris, E. (2018). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing

- between a systematic or scoping review approach. *BMC Medical Research Methodology*, 18(1), 143. <https://doi.org/10.1186/s12874-018-0611-x>
- Nielsen, J. (1994). *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann.
- Nielsen, J. (1994a). Enhancing the explanatory power of usability heuristics. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems Celebrating Interdependence - CHI '94*, 152–158. <https://doi.org/10.1145/191666.191729>
- Nielsen, J. (2020). 10 Usability Heuristics for User Interface Design. Nielsen Norman Group. Noudettu 15. marraskuuta 2023, osoitteesta <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
- Nielsen, J. (1992). Finding usability problems through heuristic evaluation. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '92*, 373–380. <https://doi.org/10.1145/142750.142834>
- Nielsen, J. & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 249–256).
- Ovaska, S., Aula, A., Majaranta, P., Sciences, I. yksikkö-S. of I., & Tampere, U. of. (2005). *Käytettävyytutkimuksen menetelmät*. Tampereen yliopisto. <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/96627>
- Quiñones, D., & Rusu, C. (2017). How to develop usability heuristics: A systematic literature review. *Computer Standards & Interfaces*, 53, 89–122. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2017.03.009>
- Romanycia, M. H. J. & Pelletier, F. J. (1985). What is a heuristic? *Computational Intelligence*, 1(1), 47–58. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8640.1985.tb00058.x>
- Rosso, P., Gopsill, J., Burgess, S., & Hicks, B. (2021). Investigating and Characterising Variability in CAD Modelling and its Potential Impact on Editability: An Exploratory Study. *Computer-Aided Design and Applications*, 18(6), 1306–1326. <https://doi.org/10.14733/cadaps.2021.1306-1326>
- Saleh, B., Rasul, M., & Afandi, H. (2019). A Content Analysis on Quality for CAD Based Product Design: Developing a Framework for Malaysian Technical Teacher Training Institute. *Journal of Technical Education and Training*, 11. <https://doi.org/10.30880/jtet.2019.11.02.001>

- Salman, F., Baluch, B., & Bakar, Z. A. (2025). A Model for Classification Usability Testing Practically from the Agile Methodology Aspect. *JOIV : International Journal on Informatics Visualization*, 9(1), 81. <https://doi.org/10.62527/joiv.9.1.2459>
- Santana-Mancilla, P. C., Anido-Rifón, L. E., Contreras-Castillo, J., & Buenrostro-Mariscal, R. (2020). Heuristic Evaluation of an IoMT System for Remote Health Monitoring in Senior Care. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5), 1586. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051586>
- Shneiderman, B. (2016). Noudettu 19. marraskuuta 2023, osoitteesta <https://www.cs.umd.edu/users/ben/goldenrules.html>
- Tornincasa, S. & Di Monaco, F. (2010). The future and the evolution of CAD. In *Proceedings of the 14th international research/expert conference: trends in the development of machinery and associated technology (Vol. 1, No. 1, pp. 11-18)*.
- Vuori, J. (2021). Johdanto: Aineiston tuottaminen. Teoksessa Jaana Vuori (toim.) *Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja*. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. Noudettu 9. huhtikuuta 2025, osoitteesta <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/>
- Wall, E., Agnihotri, M., Matzen, L., Divis, K., Haass, M., Endert, A., & Stasko, J. (2019). A Heuristic Approach to Value-Driven Evaluation of Visualizations. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 25(1), 491–500. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2865146>

Liitteet

Liite 1. Teemahaastattelujen kysymykset

Teemahaastattelu/Käytettävyyshauristiikkojen luonti CAD-ohjelmille

- Voisitko kertoa hieman itsestäsi ja työstäsi, sekä siitä miten olet päätenyt käyttämään CAD-ohjelmia ja kuinka kauan olet käyttänyt?
 - Miten kuvailisit yleistä suhdettasi teknologiaan ja tietokoneohjelmien käyttöön?
1. Yleinen käyttökokemus:
 - Miten kuvailisit yleistä kokemustasi CAD-ohjelmien käytöstä?
 - Mitkä ovat olleet suurimmat haasteet CAD-ohjelmien käytössä, onko sellaisia?
 - Mitkä ovat mielestäsi parhaita piirteitä/ominaisuuksia nykyisissä CAD-ohjelmissa?
 2. Käyttötilanteet ja tarpeet:
 - Millaisia projekteja tai tehtäviä olet viime aikoina tehnyt CAD-ohjelmien avulla?
 - Millaisissa tilanteissa/työtehtävissä käytät CAD-ohjelmia yleensä?
 - Mitkä ovat tärkeimmät toiminnot/ominaisuudet, joita tarvitset työssäsi?
 3. Käyttöliittymän selkeys ja intuitiivisuus:
 - Miten arvioisit CAD-ohjelmien käyttöliittymien selkeyttä ja intuitiivisuutta? Jos ajatellaan, että et olisi ikinä nähnytkaan CAD-ohjelmaa, kuinka helppo olisi lähteä käyttämään?
 - Mitkä ovat mielestäsi tärkeimmät tekijät, jotka tekevät CAD-ohjelmien käyttöliittymistä helppokäyttöisiä?
 4. Käyttäjäkokemuksen parantaminen:
 - Mitä ominaisuuksia tai toimintoja kaipaisit CAD-ohjelmiin, jotta ne olisivat helpompia käyttää?
 - Onko jotain erityisiä toimintoja tai ominaisuuksia, jotka voisivat tehdä CAD-ohjelmien käytöstä sujuvampaa?