



Automaation hyödyt suunnittelun eri vaiheissa

Markus Kolu

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2022

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

KOLU, MARKUS:

Automaation hyödyt suunnittelun eri vaiheissa

Opinnäytetyö 22 sivua
Toukokuu 2022

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, miten automaatio vaikuttaa infrasuunnittelu-
projektien prosessivaiheisiin ja niiden haasteisiin. Työ on tehty yhdessä suunnit-
telu- ja konsulttialan yrityksen kanssa, ja sen toimittamaa aineistoa käytettiin tut-
kimuksessa.

Työssä kartoitettiin yleisesti tietomallintamista ja automaation hyötyjä infrasuun-
nitteluprojekteissa. Työ pyrkii samalla antamaan vastauksia, miten automaatiota
hyödynnetään infrasuunnitteluhankkeissa tällä hetkellä ja miten sitä voitaisiin
hyödyntää tulevaisuudessa.

Työn teoriaosuus käsittelee tietomallipohjaisen hankkeen hyötyjä ja haasteita.
Samalla opinnäytetyö selvittää, miten automaation avulla pystyttäisiin saamaan
monipuolisia hyötyjä tietomallipohjaisessa suunnittelussa.

Työn lopputuloksena saatiin käsitys automaation potentiaalista infrasuunnittelu-
hankkeissa ja niiden eri vaiheissa. Lisäksi tulokset viittaavat, että automaation
avulla saataisiin ajallisia ja rahallisia hyötyjä infrasuunnitteluprojekteissa.

Automaatio tuo hyötyjä suunnittelussa, mutta mahdollisia lisätutkimuksia tarvi-
taan automaation hyötyjen tutkimiseksi. Annetuissa tiedoissa oli epätarkkuuksia,
joten kaikki tulokset eivät ole tarkkoja.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Construction engineering
Civil Engineering

KOLU, MARKUS:

The Benefits of Automation at Different Stages of Design

Bachelor's thesis 22 pages

May 2022

The purpose of this thesis was to examine how automation affects infrastructure design projects. Furthermore, it examines the challenges of automation in infrastructure design. This thesis was made in collaboration with a consulting sector company.

The purpose of this thesis was to collect information how automation can affect infrastructure design projects now and in the future. At the same time, it provides foundation for information modeling.

The theoretical section consists of the benefits and challenges of information model-based projects. In addition, it provides how automation could provide a wide range of benefits in information model-based design. The company provided the material which was used in the research.

The results suggest that automation could bring benefits to infrastructure design projects. In conclusion, automation would save time and money on infrastructure design projects.

Further research is required to see benefits of automation. There were inaccuracies in the provided data and thus not all results are accurate.

Key words: infrastructure design, automation, information model

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	SUUNNITTELUHANKKEET	6
	2.1 Tietomallinnus	6
	2.2 Tietomallinnuksen hyödyt yleisesti	6
	2.3 Tietomallinnuksen haasteet	8
3	AUTOMAATIO	9
	3.1 Automaatio suunnittelussa	9
	3.2 Automaation hyödyt ja mahdollisuudet	9
	3.3 Esimerkki automaation hyödyistä	10
	3.4 Automaation kehittäminen	12
	3.5 Automaatio nyt ja tulevaisuudessa	12
4	TULOKSET	14
	4.1 Tutkittava aineisto	14
	4.2 Projekti A	15
	4.3 Projekti B	17
	4.4 Kolme infrasuunnitteluprojektia	18
	4.5 Mahdolliset ongelmat	19
5	POHDINTA	21
	LÄHTEET	22

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on selvittää minkälaisia hyötyjä automaatio tuo infrasuunnittelussa ja miten se vaikuttaa suunnittelukustannuksiin ja -aikatauluun. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan automaation tuomia hyötyjä tietomallipohjaisessa suunnittelussa. Automaatio suunnittelussa on vielä aika uusi asia ja sitä on kehitetty paljon viime vuosina. Automaatioon on tehty työkaluja, joiden avulla saadaan pienet, mutta aikaa vievät tehtävät helpommin tehtyä. Erilaisilla työkaluilla voidaan saada tuntien säästö työmäärissä ja suunnittelijat voivat keskittyä vaativampiin asioihin. Kuuluisa englanninkielinen sanonta ”Work smarter, not harder” pätee tähän hyvin.

Infra-alalla suurin osa suunnitelmista tehdään tietomallipohjaisen suunnittelun avulla ja siihen on siirrytty viimeisen kymmenen vuoden aikana yhä enemmän. Mallintamisen avulla suunnittelu on muuttunut visuaalisempaan suuntaan ja monet isot tilaajat edellyttävät sitä hankkeissaan jo yleissuunnittelusta lähtien. Tietomallipohjaisella suunnittelulla on saavutettu suuria hyötyjä. Erityisesti nämä on huomattu suunnitelmien laadun parantumisena, suunnitelmien yhteensovittamisessa ja aikaisemmin mainitussa visuaalisuudessa. Tietomallipohjaisen suunnittelun avuksi on kehitetty automaatiota toteuttamaan projektit helpommin ja nopeammin.

Automaatio on vielä suuren kehityksen alla ja sitä tutkitaan, voitaisiinko työkalujen kehittämiseen käyttää enemmän aikaa ja saataisiinko näin aikaa säästettyä tulevilla projekteilla. Ajallisten säästöjen avulla pystyttäisiin tekemään useampia projekteja samaan aikaan tai tehtyä projekti nopeammin valmiiksi. Näin pystyttäisiin siirtymään seuraavaan projektiin nopeammin. Suunnittelun automaation avulla saataisiin myös niin sanotusti ärsyttävät aikaa vievät vaiheet pois projekteista ja tämä näkyisi työntekijöiden tyytyväisyydessä. Samalla projektimuutoksiin pystyttäisiin automaation avulla reagoimaan nopeasti.

2 SUUNNITTELUHANKKEET

2.1 Tietomallinnus

Infra-alalla tietomallipohjainen suunnittelu on yleistynyt viime vuosina. Tietomallia on vaikea kuvailla yksiselitteisesti, mutta yleisesti voidaan sanoa, että tietomallilla tarkoitetaan rakennelman kolmiulotteista esittämistä ominaisuustietoineen digitaalisessa muodossa. Rakennusalan tietomallinnuksen standardeja kehitetään jatkuvasti kansallisesti ja kansainvälisesti. Nimikkeistöjä ja mallinnusvaatimuksia tarkennetaan sekä yhteensopivuutta parannetaan, jotta saadaan jatkuvasti parempia ja hyödyllisempiä tietomalleja. (Vänskä 2020.)

Tietomallinnuksesta käytetään infra-alalla termiä inframallintaminen, ja tietyn infrakohteen tietomallista termiä inframalli. Inframallintaminen pitää sisällään erilaiset paikkatietoaineistot (kaava-, ympäristötiedot ja niin edelleen), mitkä voidaan myös havainnollistaa 3D-malleissa. Mallinnus infra-alalla voidaan laajentaa yleisesti infran tiedonhallinnaksi. (Yleiset inframallivaatimukset 2021: 8.)

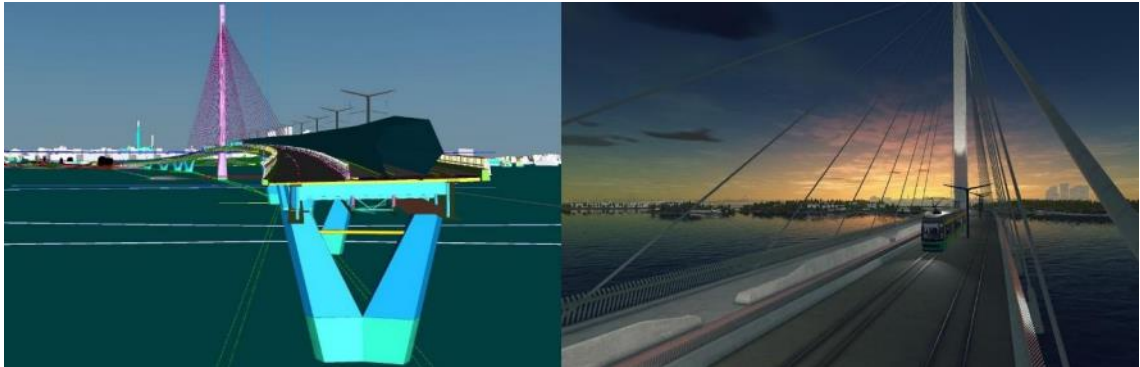
Inframallintamisella on tavoitteena hyödyntää inframalleja koko infrakohteen elinkaaren ajan, aina suunnittelun alusta ja lähtötietoaineiston keräämisestä jatkuen rakentamisen jälkeiseen käyttöön, kunnossapitoon ja purkamiseen.

Tietomallintamisesta voidaan todeta, että sen avulla saadaan hankkeen tiedonhallintaa optimoitua. Sillä saadaan korjattua katkonaista tiedonkulkua, jossa eri osapuolet käyttävät eri järjestelmiä, mitkä eivät keskustele keskenään. Tietomallintamisella saadaan näin ollen nopeutettua hankkeiden läpivientiä.

2.2 Tietomallinnuksen hyödyt yleisesti

Tietomallinnuksen avulla saavutetaan monia potentiaalisia hyötyjä muun muassa suunnitelmien yhteensovittamisessa, visuaalisuudessa, tietosisällössä ja törmäystarkasteluissa.

Suurimpia hyötyjä on saatu tietomallien visuaalisuudesta, esimerkkinä kuva 1. Tietomallien visuaalisuus auttaa rakennushankkeen kaikkia osapuolia jo suunnitteluvaiheessa hahmottamaan, miltä hankkeen lopullinen tuote tulee valmiina näyttämään. Näin ollen kaikki käyttäjät pystyvät helpommin vaikuttamaan jo projektin alkumetreistä lähtien ja parantamaan suunnitelmia.



KUVA 1. Inframallintamisen visuaalisuus (BuildingSMART Finland 2021)

Tietosisällöllä tarkoitetaan, miten tietomallista saadaan rakennusprojektin toteutukseen liittyvät materiaalit, määrät ja massat helposti listattua ja kustannusarvio laadittua. Tämän avulla tietomalli tarjoaa arvokkaita hyötyjä rakentamisen aikataulujen ja kustannusten hallintaan.

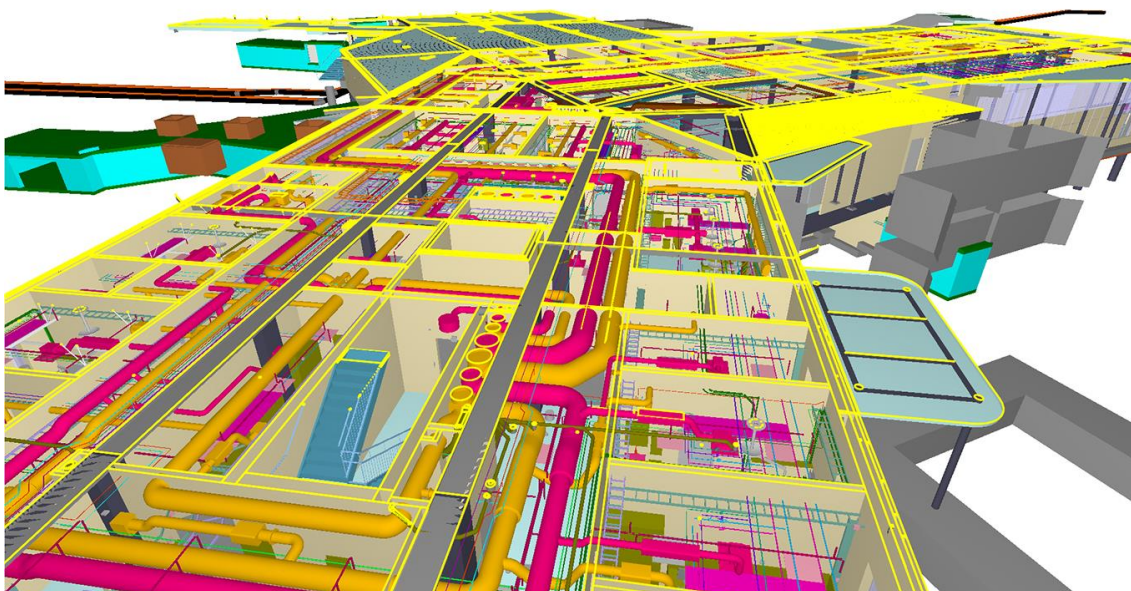
Törmäystarkasteluiden avulla saadaan kaikkien eri suunnittelijoiden suunnitelmat yhteen sovitettua yhtenäiseksi malliksi, jolloin niiden ristiriidat on helpompi huomata ja sovittaa yhteensopivaksi. Näin saadaan suunnitelmien epäkohdat korjattua helposti, nopeasti ja kustannustehokkaasti ennen rakennusvaihetta. (Pirttinen 2020.)

Rakennuttajat edellyttävät, että tietomallinnusta käytetään suunnittelussa ja toteutuksessa rakennushankkeen alkumetreiltä lähtien (Valtonen 2019). Tietomallin avulla hankkeesta saadaan yksityiskohtaista tietoa, joka edesauttaa päätöksenteossa ja jolla pystytään vähentämään muutoskustannuksia projektissa. Karkean kustannustiedon avulla pystytään arvioimaan kohteen taloudellista kannattavuutta.

2.3 Tietomallinnuksen haasteet

Tietomallinnus tuo monien hyötyjen lisäksi mukanaan erilaisia haasteita suunnittelussa. Suurimpina haasteina on huomattu tiedostojen suuret tiedostokoot, tietomallien laatuvaatimukset ja ylimääräisen työn määrä työskennellessä tietomalleilla.

Tietomallipohjaisessa suunnittelussa tiedostokoot kasvavat monesti hyvin suuriksi, niihin lisättyjen tietosisältöjen sekä mallien yhdistelmien vuoksi. Kuvasta 2 erottaa kuinka paljon dataa tietomallit voivat sisältää. Suuret tiedostokoot saattavat aiheuttaa hidastumisia tietokoneelle käsitellessään suuria tietomääriä.



KUVA 2. Tietomallin tietosisältö. Havainnekuvasssa tietomalli Vaasan keskussairaalarasta (Ramboll 2022)

Ongelmiksi aiheutuvat myös yhteensopivuusongelmat. Tiedonsiirto eri suunnittelijoiden ohjelmien välillä aiheuttaa välillä ongelmia ja näiden myötä lisätöitä. Luotu malli ei välttämättä toimi toisessa ohjelmassa sellaisenaan, vaan vaatii konvertointia. Haasteeksi on myös noussut suunnitelmien ja mallien laatuongelmat. Tietomallien periaatteena on vähentää työmaalla tehtävää suunnittelua, minkä vuoksi suunnitelmien tulee olla todella tarkkoja. Samalla tietomallipohjainen työskentely lisää suunnitteluun kuluvaan aikaan ja resurssiin, minkä vuoksi tietosisällöt tulee olla selkeästi määritelty jokaisen osapuolen osalta. (Korpelainen 2011.)

3 AUTOMAATIO

3.1 Automaatio suunnittelussa

Automaatiota tutkiessa törmää termiin ”Computational design”, mikä tarkoittaa käytännössä keinoja, joilla suunnittelua tehostetaan tietokoneiden avulla. Useista ratkaisuista kootaan parhaiten toimiva kokonaisuus ja ihminen säilyy tässä yhtälössä päätöksentekijänä, joka sanoo mitä tavoitellaan. (Kortelainen 2021.)

Automaation hyödyissä ei ole mitään epäselvää. Sen avulla saadaan suunnittelijalle käytännössä supervoimat saada parempia ja ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja. Tietokoneen laskentatehoilla pystytään optimoimaan sekunnissa tuhansia vaihtoehtoja, kun taas ihminen pystyy vertailemaan ehkä kymmentä muuttujaa.

Suunnittelutehtävistä riippumatta automaatiolla tehostetaan tiedonkäsittelyä, kuten tietokantojen ja tietomallien luomista. Isot paperiarkistot ei ole ongelma, koska tietokone tekee digitointityötä virheettää, väsymättä ja automaattisesti. Automaatio on vielä kuitenkin suunnittelussa alkuvaiheessa ja sille luodaan uusia työkaluja auttamaan suunnittelijoita eri prosessivaiheissa. (Kortelainen 2021.)

3.2 Automaation hyödyt ja mahdollisuudet

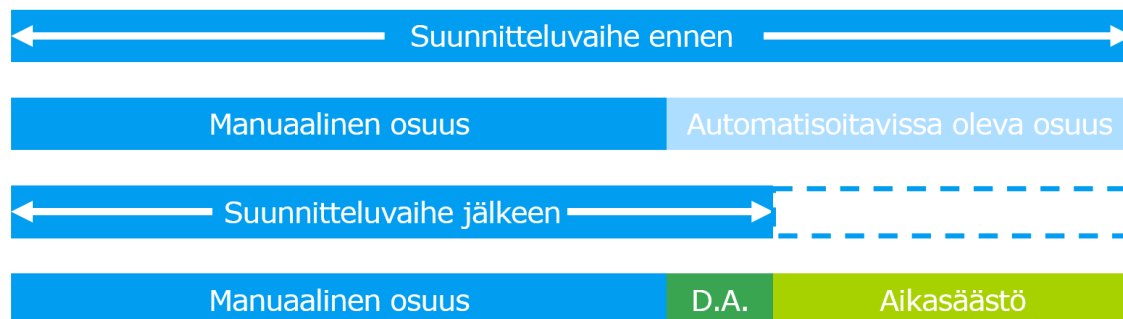
Tietokoneavusteisella suunnittelulla saadaan erityisesti hyötyjä projektien kustannuksissa, kun aktiivinen työn määrä vähenee tietyissä tehtävissä ja aikaa pystytään käyttämään paremmin toisiin tehtäviin tai parantamaan tarkkuutta kyseisissä tehtävissä (Agelopoulos 2022). Ihmiseltä kuluisi paljon aikaa erilaisissa ongelmissa ja kun tämä ongelma annetaan tietokoneelle, niin ratkaisu ongelmaan löydetään hetkessä.

Muita hyötyjä automaatio tuo muun muassa työntekijöiden työtyytyväisyydessä, kun aikaa vievät suunnitteluprosessit saadaan automaation avulla nopeasti käsiteltyä. Muun muassa kaivokortit, erilaiset tulostukset ja määrä- ja kustannuslaskennat.

Etuina on myös erilaiset tietoon perustuvat päätökset. Tietokoneohjelmilla pystytään tekemään vaivattomasti analyysit, simuloinnit ja optimoinnit sekä niiden perusteella saadaan ratkaisut reaaliajassa päätöksenteon tueksi.

3.3 Esimerkki automaation hyödyistä

Esimerkkinä hyödyistä on kuvio 1, missä on esitettyä kuvitteellinen suunnitteluvaihe ja miten automaatio hyödyttäisi siinä. Kuvioista 1 nähdään, jos noin 40 % saataisiin automatisoitua, niin suunnitteluvaiheesta saataisiin noin 30 % aikasäästöä.



KUVIO 1. Esimerkki kuvio suunnitteluvaiheesta

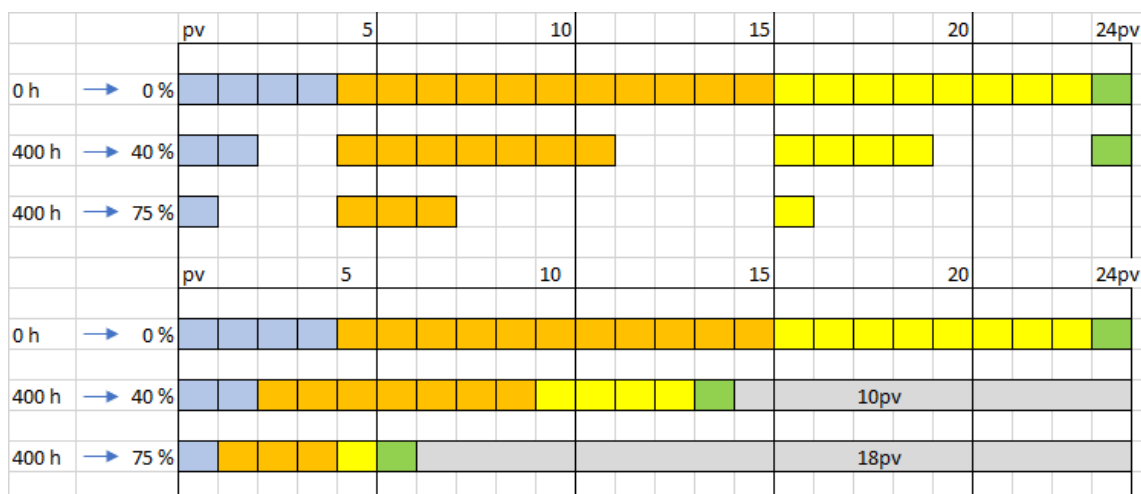
Samaa esimerkkiä noudattaen automaation hyödyistä on kuvitteellinen katu- ja ympäristösuunnittelun projekti, missä on vertailtu, minkälaisia ajan säästöjä automaatiolla saataisiin parhaassa mahdollisessa tapauksessa. Taulukko 1 sisältää projektin eri suunnitteluprosesseja, mitkä ovat lähtötiedot, suunnittelu ja mallinnus, mittausaineisto, luovutusaineisto ja kuinka monta päivää näissä prosesseissa kestää. Taulukossa on prosentteina, kuinka iso määrä työvaiheista on tehty automaatiolla.

TAULUKKO 1. Esimerkki projekti katu- ja ympäristösuunnittelusta

Automaation määrä:	0 %	40 %	75 %
Lähtötiedot	4	2,3	0,6
Suunnittelu ja mallinnus	11	6,6	2,4
Mittausaineisto	8	4	1
Luovutusaineisto	1	0,5	0,1

Taulukossa 2 on esitettyä ylempänä rinnakkaismalli ja alempana jonomalli samasta katu- ja ympäristösuunnittelun projektista. Taulukossa on myös esitettyä, jos automaation suunnitteluun käytettäisiin 400 tuntia, saataisiin 40 % työvaiheista tehtyä automaation avulla. Jos automaation suunnitteluun käytettäisiin toiset 400 tuntia, saataisiin 75 % tehtyä automaation avulla.

TAULUKKO 2. Rinnakkaismalli ja jonomalli



Esimerkistä saa hyvän kuvan automaation hyödyistä ajallisesti. Rinnakkaismallin avulla työvaiheet saataisiin tehtyä nopeammin, mutta kokonaisaika ei muuttuisi. Tämän avulla pystyttäisiin tekemään useita hankkeita rinnakkain, mutta se toisi haasteita resurssisuunnittelulle. Jonomallin avulla työvaiheet saataisiin tehtyä tehokkaammin ja nopeammin. Tämän avulla pystyttäisiin tekemään useita hankkeita peräkkäin.

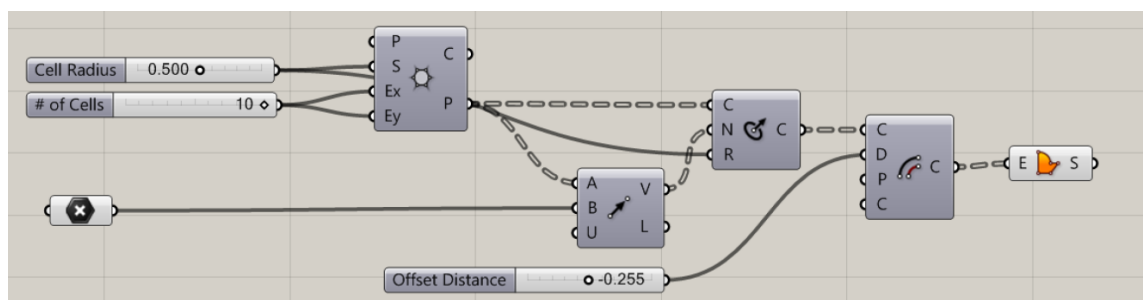
3.4 Automaation kehittäminen

Tällä hetkellä tarkasteluiden alla on vielä se, kannattaako kaikkiin suunnitteluprosesseihin valmistaa työkaluja auttamaan suunnittelussa. Aikaisemmista taulukoista (taulukko 1 ja 2) nähdään automaatioon käytettävän ajan hyöty suunnittelussa. Automaation kehittämiseen käytettävän ajan avulla saataisiin hurjia säästöjä ajallisesti ja samalla pystyttäisiin keskittymään useampaan projektiin.

Suunnittelun avuksi erilaisten automaatioon liittyvien ohjelmien tekeminen niin, että ne toimivat eri projekteissa, on aikaa vievää. Mutta jos nämä ohjelmat kehitettäisiin standardoidusti ja ammattilaisten toimesta, niitä voitaisiin käyttää helposti tulevaisuudessa projekteissa. Näiden ohjelmien kehityksen jälkeen saataisiin tulevaisuudessa projekteissa isoja hyötyjä ajallisesti ja rahallisesti.

3.5 Automaatio nyt ja tulevaisuudessa

Suunnittelun automaatiota auttamaan on luotu eri ohjelmia, kuten Dynamo ja Grasshopper. Näillä ohjelmilla voidaan tehdä visuaalisia ja algoritmisia suunnitelmia sekä mallinnusta. Ohjelmilla pystytään myös automatisoimaan toistuvat tehtävät ja täten säästämään aikaa tai saamaan monia eri kustannustehokkaita vaihtoehtoja. Ohjelmat käyttävät moduuleita (kuvio 2), mitkä ovat tehtäväsarjoja isossa koodipätkässä.



KUVIO 2. Moduuli Grasshopper-ohjelmassa (Mode lab)

Ohjelmia kehitetään jatkuvasti, ja kun ohjelmista tulee alan standardi, niin niitä voidaan käyttää projekteissa apuna antamassa esimerkiksi kustannustehokkaita

vaihtoehtoja projektissa. Automaation avulla pystytään myös löytämään ratkaisuja monimutkaisiin suunnitteluongelmiin ja samalla saataisiin esimerkiksi vaihtoehtoja materiaalien käytön vähentämiseen ja kestävän kehityksen parantamiseen.

Tällä hetkellä automaatio ei ole vielä alan standardi, mutta tulevaisuudessa siitä tulee varmasti tärkeä osa projektien toteutusta. Työtavat tulevat mahdollisesti muuttumaan radikaalisti, koska automaation avulla saadaan suuria hyötyjä projekteissa.

4 TULOKSET

Tässä luvussa esitellään minkälaisia ajallisia ja rahallisia säästöjä, automaatiota hyödyntämällä olisi saatu projekteissa, mitkä sijoittuivat vuosille 2016–2021. Menetelmissä on hyödynnetty yritykseltä saatua projektinhallintajärjestelmään kertynyttä dataa. Datan analysointiin on käytetty Microsoft Excel -ohjelmistoa. Tarkemmassa tarkastelussa on kaksi eri infrasuunnitteluprojektia, joita kutsutaan nimillä A ja B. Lisäksi tietoa on kerätty kolmesta muusta infrasuunnitteluprojektista.

4.1 Tutkittava aineisto

Analyyseissä käytettiin yrityksen toimittamaa Excel-aineistoa, joka sisältää 418 erityyppisen tiesuunnitteluprojektin tuntikirjaukset. Projektit sijoittuvat vuosille 2016–2021, milloin automaatiota ei juuri ole käytetty. Projekteista on merkattu kaikki eri vaiheet aineistoon esiselvityksistä rakennussuunnitteluun ja työmaapalveluun asti. Projektien kesto vaihtelee lyhyistä, parin päivän ajalle kohdistuneista kirjauksista useita vuosia kestäneisiin projekteihin. Tutkittavana olevat projektit vaihtelevat puolesta vuodesta kahteen vuoteen.

Aineisto ei sisältänyt projekteissa käytettyjä tuntihintoja. Analyyseissä on käytetty kustannustenarviointeihin SKOL ry:n 2012 julkaistun tuntihintaseurannan lukuja, mitkä on päivitetty vastaamaan vuoden 2021 kustannustasoa. Aineistossa oli aluksi 131 802 riviä projektien jäsenten tekemiä tuntikirjauksia. Näistä kirjauksista poistettiin tuntimäärien osalta 10 510 tyhjää kirjausta ja SKOL-luokan osalta 54 tyhjänä olevaa kirjausta. Lopullisessa aineistossa oli siis 418 projektia ja 121 346 riviä tuntikirjauksia.

Tutkittavaa aineistoa valmisteltiin tunnistamaan asiasanojen avulla tuntikirjauksista erilaisia työvaiheita. Nämä työvaiheet ovat geometria, johtosiirto, kuivatus, kustannus, liittymä, massat, määrät, pituusleikkaus, poikkileikkaus, rakenteet, rummut, siltapaikka-asiakirjat, taiteviivat, tasaus, tulostus, työnaikaiset järjestelyt, väylämalli, rumpu, putki, vesihuolto, reunakivi, projektinhallinta ja muut. Nämä tehtiin helpottamaan aineiston analysointia automaation hyötyjen kannalta.

4.2 Projekti A

Suunnittelutyö aloitettiin loppuvuodesta 2019 ja saatiin valmiiksi kesällä 2020. Tunteja projektille A oli kirjattu 237,5 ja keskimääräisillä tuntihinnoilla suunnittelukustannuksia oli muodostunut noin 18 000 €. Hanke sisälsi kaksi katua, joita oli yhteensä noin 300 m. Lisäksi projekti sisälsi kuivatussuunnittelua, valaistussuunnittelua, maastonmittausta, pohjatutkimuksia ja näiden liittymistä jo valmiina oleviin katuihin. Tuntikirjaukset projektissa jakautuivat viiteen eri SKOL-luokkaan. Huomattavasti isoin määrä tuntikirjauksista kuului SKOL-luokalle 5, joka sisälsi noin 70,1 % kirjauksista. Toiseksi suurin oli SKOL-luokka 3 16,6 % ja kolmanneksi suurin oli SKOL-luokka 4 8,4 % osuudella. Loput kirjaukset jakautuvat SKOL-luokille 1 ja 2.

Projektissa A asiasanamenetelmällä saadut työvaiheet jakautuivat taulukon 3 mukaisesti. Suurimpana määränä projektissa on muut kohta 83,5 tuntia, mikä sisältää tyhjiä tuntikirjauksia ja kirjauksia mistä automaation hyötyjä ei pystytty arvioimaan. Toiseksi suurimpana määränä on poikkileikkaus 42,5 tuntia ja kolmantena tasaus 26 tuntia.

TAULUKKO 3. Tuntikirjaukset työvaiheittain projektissa A

Työvaiheet	Tunnit	Tunnit (%)
Muut	83,5	35,16 %
Poikkileikkaus	42,5	17,89 %
Tasaus	26	10,95 %
Pituusleikkaus	14	5,89 %
Projektinhallinta	12	5,05 %
Tulostus	11	4,63 %
Massat	9	3,79 %
Kuivatus	9	3,79 %
Rakenteet	8,5	3,58 %
Kustannus	8,5	3,58 %
Geometria	5,5	2,32 %
Liittymä	5	2,11 %
Määrät	3	1,26 %
Yhteensä	237,5	100,00 %

Automaation hyötyjen kannalta työvaiheita tutkittiin manuaalisesti, tarkastamalla mitä tuntikirjauksia eri työvaiheisiin oli merkattu. Tuntikirjauksien manuaalisella

tutkimisella pystyttiin selvittämään minkälaisia hyötyjä nykyisillä automaation työkaluilla olisi saavutettu projektissa. Tuntikirjauksista paljastui, että automaation hyötyjä pystyttiin arvioimaan kuivatuksessa, massoissa, poikkileikkauksissa ja tulostuksessa. Kaikissa työvaiheissa ei automaatiota olisi tuntikirjauksien perusteella pystynyt hyödyntämään. Automaation hyötyjen avulla projektissa olisi säästetty arviolta 36,55 tuntia, eli noin 15 % koko projektista. Säästöt, mitä automaation avulla olisi saavutettu, näkyvät taulukossa 4. Taulukko sisältää työvaiheiden tunnit, automaation hyötyprosentin ja lopulliset tunnit automaation hyötyjen jälkeen.

TAULUKKO 4. Automaation avulla säästetty aika projektissa A

Työvaiheet	Tunnit	Automaation hyöty (%)	Tunnit automaation hyötyjen jälkeen
Muut	83,5	0,00 %	83,5
Poikkileikkaus	42,5	60,00 %	17
Tasaus	26	0,00 %	26
Pituusleikkaus	14	0,00 %	14
Projektinhallinta	12	0,00 %	12
Tulostus	11	35,00 %	7,15
Massat	9	50,00 %	4,5
Kuivatus	9	30,00 %	6,3
Rakenteet	8,5	0,00 %	8,5
Kustannus	8,5	0,00 %	8,5
Geometria	5,5	0,00 %	5,5
Liittymä	5	0,00 %	5
Määrät	3	0,00 %	3
Yhteensä	237,5		200,95

Automaation hyötyjen tutkimisen jälkeen pystyttiin tarkastelemaan kustannussäästöjä SKOL-luokille merkittyjen hintojen mukaisesti. Työvaiheita missä automaation hyötyjä pystyttiin arvioimaan, oli tunnit merkattu samalle SKOL-luokalle 3 ja 5. Täten kustannussäästöt pystyttiin laskemaan säästetyistä tunneista ja projektissa olisi saatu säästettyä noin 2640 €. Projekti olisi automaation hyötyjen avulla saatu 237,5 tunnista 200,95 tuntiin ja projektin hinta olisi laskenut 18 055 eurosta 15 417 euroon.

4.3 Projekti B

Suunnittelutyö aloitettiin loppuvuodesta 2018 ja saatiin valmiiksi alkuvuodesta 2020. Tunteja projektille B oli kirjattu yhteensä 931,7 ja keskimääräisillä tuntihinnoilla suunnittelukustannuksia oli muodostunut noin 72 700 €. Projektiin kuului peruskorjausrakennussuunnitelmien luominen. Projektiin kuului 10 katua, joiden yhteispituus oli noin 2 600 metriä. Projektiin kuului myös kuivatuksen uusiminen. Tuntikirjaukset jakautuivat projekteissa viiteen eri SKOL-luokkaan. Eniten kirjauksia oli SKOL-luokalla 5, joka sisälsi 56,85 % kirjauksista. Toisena oli SKOL-luokka 3 34,35 % ja kolmanneksi suurin oli SKOL-luokka 4 8 % osuudella. Loput 0,8 % olivat SKOL-luokat 1 ja 2.

Projektissa B asiasanamenetelmän avulla saadut työvaiheet jakautuvat taulukon 5 mukaisesti. Suurimpana määränä tuntikirjauksissa on muut kohta 409,2 tuntia. Toiseksi suurimpana on poikkileikkaus 139,5 tuntia ja kolmanneksi suurimpana on pituusleikkaus 83 tuntia.

TAULUKKO 5. Tuntikirjaukset työvaiheittain projektissa B

Työvaiheet	Tunnit	Tunnit (%)
Muut	409,1667	43,92 %
Poikkileikkaus	139,5	14,97 %
Pituusleikkaus	83	8,91 %
Geometria	56,5	6,06 %
Projektinhallinta	43,5	4,67 %
Tasaus	40,5	4,35 %
Liittymä	40	4,29 %
Määrät	38	4,08 %
Tulostus	28,5	3,06 %
Kuivatus	23,5	2,52 %
Rakenteet	18	1,94 %
Väylämalli	9,5	1,02 %
Massat	2	0,21 %
Yhteensä	931,6667	100,00 %

Tuntikirjaukset tarkastettiin manuaalisesti työvaiheittain ja tämän avulla todettiin, että pieniä hyötyjä saatiin kuudessa eri työvaiheessa. Työvaiheet missä automaation hyötyjä pystyttiin arvioimaan, olivat geometria, kuivatus, liittymä, määrä,

tasaus ja tulostus. Automaation avulla projektissa olisi saavutettu noin 29,5 tunnin ajansäästö, eli noin 3 % koko projektista. Tulos on huomattavasti pienempi kuin projekti A:ssa. Tuloksien tarkkuutta ei pystytty kunnolla arvioimaan kaikista kohdista tuntikirjauksien epäselvyyksien vuoksi. Hyödyt mitä automaatiolla olisi saavutettu näkyvät tarkemmin taulukossa 6. Taulukko sisältää työvaiheiden tunnit, automaation hyötyprosentin ja lopulliset tunnit automaation hyötyjen jälkeen.

TAULUKKO 6. Automaation avulla säästetty aika projektissa B

Työvaiheet	Tunnit (h)	Automaation hyöty (%)	Tunnit automaation hyötyjen jälkeen
Muut	409,1667	0,00 %	409,1667
Poikkileikkaus	139,5	0,00 %	139,5
Pituusleikkaus	83	0,00 %	83
Geometria	56,5	10,00 %	50,85
Projektinhallinta	43,5	0,00 %	43,5
Tasaus	40,5	5,00 %	38,475
Liittymä	40	25,00 %	30
Määrät	38	18,00 %	31,16
Tulostus	28,5	5,00 %	27,075
Kuivatus	23,5	15,00 %	19,975
Rakenteet	18	0,00 %	18
Väylämalli	9,5	0,00 %	9,5
Massat	2	0,00 %	2
Yhteensä	931,6667		902,2017

Automaation hyötyjen jälkeen tutkittiin kustannussäästöjä projektille B SKOL-luokille merkityillä hinnoilla. Työvaiheet missä automaation hyötyjä pystyttiin arvioimaan, oli merkattu SKOL-luokalle 5. Projektissa olisi automaation hyötyjen avulla säästetty noin 2 100 €. Projekti B olisi siis automaation hyötyjen avulla saatu 931,7 tunnista 902,2 tuntiin ja projektin hinta olisi laskenut 72 676 eurosta 70 571 euroon.

4.4 Kolme infrasuunnitteluprojektia

Tarkasteltavana oli myös kolme infrasuunnitteluprojektia, joita tutkittiin tarkemmin. Näissä projekteissa tehtiin manuaalisia tarkastuksia asiasanahakumenetelmän lisäksi. Projekteista on tehty tarkempi työvaiheittain tehty analyysi, mutta niitä ei ole lisätty niiden epävarmuuksien takia. Tarkemmat tiedot projekteista nä-

kyvät taulukossa 7, missä on projektien 1, 2 ja 3 kirjatut tuntimäärät ja automaation avulla saatujen hyötyjen jälkeen olevat tunnit. Näiden lisäksi taulukko 7 sisältää prosenttimäärän kuinka iso hyöty koko projektissa automaation avulla olisi säästetty.

TAULUKKO 7. Projektien 1, 2 ja 3 tuntikirjaukset ja automaation hyöty

Projektit	Tunnit	Tunnit automaation hyötyjen jälkeen	Hyöty %
Projekti 1	3122,83	3063,4	2 %
Projekti 2	388,5	368,85	5 %
Projekti 3	638	625	2 %

Tuntikirjauksista paljastui paljon ongelmia. Eri työvaiheille merkityissä tuntikirjauksista ei pystynyt arvioimaan automaation hyötyjä, niiden epäselvyyksien vuoksi. Tuntikirjauksissa oli kerrottu mitä oli tehty, mutta tarkempi selitys puuttui ja näin arviointia oli vaikea tehdä. Kaikissa kolmessa projekteissa suurimmat hyödyt automaatiolla saavutettiin määrälaskennassa, mikä oli noin 20 %. Hyötyprosentti projekteissa jäi kovin pieneksi tuntikirjauksien epäselvyyksien takia.

4.5 Mahdolliset ongelmat

Aineistoon liittyy ongelmia minkä takia koko aineiston analyysia oli mahdoton suorittaa. Aineistossa oli noin 26 % kaikista tuntikirjauksista tyhjiä, mistä ei olisi pystytty arvioimaan automaation hyötyjä. Lisäksi itsetehdyn asiasanahakumenetelmän toimivuus ei välttämättä osaa tunnistaa oikein kaikkia tuntikirjauksia. Excelillä suoritettu asiasanahakumenetelmä ei myöskään osaa tunnistaa työntekijöiden mahdollisesti käytettyjä lyhenteitä tai kirjoitusvirheitä.

Valittuja projekteja pystyttiin kuitenkin tarkastelemaan manuaalisesti, ja täten kirjoitusvirheet ja lyhenteet eivät estäneet tuntikirjausten tarkastelua. Ongelmaksi kumminkin muodostui tuntikirjauksien tyhjät ja epäselvät kohdat.

Tutkituissa projekteissa automaation avulla saatiin lopulta noin 2–15 % hyöty. Automaatioon on luotu monenlaisia työkaluja auttamaan ja niitä on yli 30 kappa-

letta. Manuaalisen tarkastelun avulla pystyimme arvioimaan noin 10 eri automaatio työkalun käyttöä ja täten noin 20 työkalua jäi kokonaan pois tutkimuksista. Näitä loppuja työkaluja olisi pystytty todennäköisesti käyttämään projekteissa, mutta niitä ei pystytty arvioimaan tuntikirjauksista.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön aihe valikoitui omasta mielenkiinnosta infrasuunnittelua kohtaan ja on mielenkiintoista tietää miten se mahdollisesti tulee muuttumaan tulevaisuudessa. Automaatio suunnittelussa oli itselle uusi asia ja siihen tuli opinnäytetyön aikana paljon tutustuttua.

Aiheena suunnittelun automaatiosta ei internetissä ole paljoa tietoa, ja tämä tuotti paljon vaikeuksia kerätessä tietoa automaatiosta. Automaatio on vasta tulossa enemmän suunnitteluprojekteihin ja tämän takia moni yritys haluaa pitää erilaiset informaatiot tähän liittyen piilossa muilta yrityksiltä.

Tuloksissa käytettyä dataa tarkasteltaessa huomaa eri projektien tuntikirjauksissa yhtäläisyyksiä. Mitä suurempi projekti, niin sitä enemmän muut osio tarkasteltavissa työvaiheissa kasvoi. Tämä johtuu mahdollisesti siitä, kun isommissa projekteissa tehdään paljon asioita ja täten tuntikirjaukset hoidetaan nopeasti pois alta. Muut osio sisälsi tyhjiä tuntikirjauksia ja tuntikirjauksia mitä asiasanahalla ei pystytty hyödyntämään, mikä vaikuttaa alentavasti aineiston luotettavuuteen. Vaikka automaation avulla ei aina saataisikaan suuria hyötyjä, uskon että sen avulla saataisiin lisättyä työntekijöiden tyytyväisyyttä poistamalla toistuvat, aikaa vievät työvaiheet.

Uskoisin, että automaatiosta tarvitsisi tehdä vielä lisätutkimusta ja ottaa tarkasteluun projekti, missä on erittäin tarkasti merkattu tuntikirjaukset. Näiden avulla saataisiin luotettavampia tuloksia ja pystyttäisiin tarkemmin panostamaan tutkimukseen sen hyödyistä eri työvaiheissa.

Automaatio ei ole vielä alalla standardina, mutta uskon, että siitä tulee tulevaisuudessa tärkeä osa projektien toteutusta.

LÄHTEET

Agelopoulos, T. 2022. Design automation is the necessary future for civil infrastructure. Civil + Structural Engineer.

<https://cseengineermag.com/design-automation-is-the-necessary-future-for-civil-infrastructure/>

BuildingSMART Finland. 2021. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2021.

https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2021/10/Yleiset_inframallivaatimukset.pdf

Korpela, J. 2011. Tietomallintamisen hyödyt ja haasteet rakennushankkeen eri osapuolten näkökulmasta. Aalto-yliopisto. Luettu 14.3.2022.

<https://docplayer.fi/2556079-Tietomallintamisen-hyodyt-ja-haasteet-rakennushankkeen-eri-osapuolten-nakokulmasta.html>

Kortelainen, P. 2022. Mitä on Computational Design, ja mitä hyödyt siihen tilaajana?

<https://fi.ramboll.com/media/artikkelit/rakentaminen-ja-kiinteistot/computational-design>

Pirttinen, V. 2020. Tietomallit tuovat digitaalisuutta rakentamiseen. Lumenlehti 2/20. Lapin ammattikorkeakoulu.

<https://blogi.eoppimispalvelut.fi/lumenlehti/2020/04/15/tietomallit-tuovat-digitaalisuutta-rakentamiseen/>

Praneet, M. 2021. Unconventional ways you can use Grasshopper as a prototyping tool. Shapediver.

<https://www.shapediver.com/blog/unconventional-ways-you-can-use-grasshopper-as-a-prototyping-tool>

Valtonen, R. 2019. Tietomallinnusta kannattaa käyttää rakennushankkeen alusta loppuun. A-insinöörit.

<https://www.ains.fi/asiantuntija-artikkelit/5-syyta-kayttaa-tietomallinnusta-rakennushankkeessa>

Vänskä, I. 2020. Tietomallinnus maisemasuunnittelussa. Sitowise Oy. Luettu 13.3.2022.

<https://www.sitowise.com/fi/uutiset/tietomallinnus-maisemasuunnittelussa>