



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Alexander Smesov

Tietomallintamisen kehittäminen korjausrakennesuunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

15.04.2021

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Alexander Smesov Tietomallintamisen kehittäminen korjausrakennesuunnittelussa 30 sivua + 1 liite 15.04.2021
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Tulosyksikön päällikkö Mikko Horko Rakennesuunnittelija Ove Buddas Tuntiopettaja Tomi Karppinen
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Sweco Finland Oy:n rakennetekniikan osastolle. Insinöörityön tavoitteena oli kehittää korjausrakennesuunnittelun tietomallintamiseen tarkoitetut piirustusasetukset sekä kartoittaa yrityksen muut korjausrakennusmallintamiseen liittyvät ongelmat. Näillä toimenpiteillä tavoiteltiin työprosessin nopeuttamista ja työn laadun varmistamista. Työssä keskityttiin Tekla-tietomallintamisohjelmistoon. Lisäksi työssä käytiin läpi korjausrakentamista ja sen tulevaisuutta, tietomallintamista, sen historiaa ja tulevaisuutta sekä rakennuspiirustuksia.</p> <p>Piirustusasetusten luontia varten tarvittavien tietojen ja tietomallintamiseen liittyvien ongelmien kartoittamiseksi luotiin kyselylomake, joka toteutettiin Google Forms-työkalun avulla. Kysely koostui yhteensä 34 kysymyksestä. Kysely on luettavissa kokonaisuudessaan liitteissä, liite 1. Kyselyn vastauksista kävi ilmi, että suurimmat ongelmat liittyivät piirustuksien tuottamiseen.</p> <p>Kyselytutkimuksen tulosten pohjalta pystyttiin luomaan halutut piirustusasetukset, jotka julkaistiin yrityksen omassa käyttöliittymässä. Asetuksia tullaan kehittämään myös opinnäytetyön valmistumisen jälkeenkin. Opinnäytetyöprosessin lopussa huomattiin, että kysely olisi voinut olla enemmän piirustuksiin suuntautuva. Näin olisi saatu muodostettua kattavampi ja yksityiskohtaisempi käsitys siitä, millaisia erilaisten piirustusten tulisi olla.</p>	
Avainsanat	Tietomallintaminen, korjausrakentaminen, korjausrakennesuunnittelu

Author Title Number of Pages Date	Alexander Smesov Development of Information Modeling in the Structural Design of Repair Construction 30 pages + 1 appendix 15.04.2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Structural Engineering
Instructors	Mikko Horko, Head of the Business Division Ove Buddas, Structural Designer Tomi Karppinen, Lecturer
<p>This thesis was done for Sweco Finland Ltd.'s structural engineering department. The aim of the thesis was to develop drawing settings for building information modelling in the structural design of repair construction and to map the company's other problems related to repair construction modelling. These measures were aimed to accelerate the work process and to ensure the quality of the work. The thesis focused on Tekla's modelling software. Besides, the thesis covered repair construction and its future, building information modelling, its history and future, and building drawings.</p> <p>A questionnaire was created using the Google Forms tool to obtain the data needed for creating drawing settings and building information modelling issues. The questionnaire consisted of a total of 34 questions. The questionnaire can be read in its entirety in Appendix 1 of the Appendices section. The Results of the questionnaire showed that most of the problems were related to drawing production.</p> <p>On the basis of the results of the questionnaire, it was possible to create the desired drawing settings which were published in the company's user interface. These settings will also be developed after the completion of the thesis. At the end of the thesis process, it was noticed that the survey could have been more drawing oriented. This would have provided a more comprehensive and detailed understanding of what the various drawings should look like.</p>	
Keywords	Building information modelling, repair construction, structural design of repair construction

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Korjausrakentaminen	2
2.1	Korjausrakentaminen Suomessa	2
2.2	Korjausrakentamisen tulevaisuus	3
3	Tietomallintaminen	4
3.1	Tietomallintamisen historia	5
3.2	Tietomallintaminen korjausrakentamisessa	6
4	Rakennepiirustukset	8
4.1	Piirustusten kehittyminen	9
4.2	AutoCad-ohjelmalla saatavat piirustukset	10
4.3	Nykytilanne	11
5	Korjausrakentamisen haasteet tietomallintamisessa	11
5.1	Haasteet	12
5.2	Kysely	13
5.3	Kyselyn tulokset ja johtopäätökset	15
6	Korjausrakennuspiirustusten uudet esitystavat	22
7	Yhteenveto	26
	Lähteet	28
	Liitteet	
	Liite 1. Kysely	

Lyhenteet

AutoCAD Autodesk computer-aided design

BIM Building information model

B-rep Boundary representation

CSG Constructive solid geometry

IFC Industry Foundation Classes

ROTI Rakennetun omaisuuden tila

1 Johdanto

Tämä työ on tehty yhteistyössä Sweco Finlandin korjaus- ja täydennysrakentamisen osaston kanssa. Sweco Finlandilla työskentelee yhteensä noin 2700 henkilöä. Sweco on kansainvälinen yritys, joka työllistää 17500 asiantuntijaa ja onkin Euroopan johtava suunnittelun ja konsultoinnin asiantuntijayritys [21]. Korjaus- ja täydennysrakentamisen osasto on puolestaan Swecon rakennetekniikan alaosasto. Sweco rakennetekniikka on Suomen ylivoimainen markkinajohtaja rakennesuunnittelussa. Se työllistää yli 800 rakennesuunnittelijaa maanlaajuisesti [22].

Idea tälle opinnäytetyölle syntyi vuonna 2020 Swecolla suoritetun kesätyöjakson aikana. Kesätyössäni työskentelin korjausrakentamisen mallintamisen ja piirustusten tuottamisen parissa. Tämän työn aikana kohtasin haasteita, joiden ratkaiseminen ei ollut täysin yksinkertaista. Samalla huomasin, että nämä haasteet koskevat vain korjauspuolen mallintamista ja vievät paljon aikaa. Tämä loi hyvän pohjan kehittää opinnäytetyöni aihetta, ja esimieheni kanssa päädyimme lopulta yhdessä otsikkoon ”Tietomallintamisen kehittäminen korjausrakennesuunnittelussa”.

Ohjaajiksi työhöni nimettiin korjaus- ja täydennysrakentamisen osastovastaava ja mallinnusohjelmiston kanssa pitkään työskennellyt rakennesuunnittelija. Heidän kanssaan pääsimme yhteisymmärrykseen siitä, mitä tämän opinnäytetyön päätavoitteiksi tulisi asettaa. Näitä ovat Swecon korjausmallintamistyöhön liittyvien haasteiden kartoittaminen ja korjausrakennepiirustusasetuksien luominen Tekla-mallinnusohjelmistoon. Haasteiden kartoittaminen suoritettiin kyselyn avulla. Työn teoriatausta päätettiin perustaa korjausrakentamisen, tietomallintamisen ja piirustusten varaan. Korjausrakentamisen käsitettä, sen Suomessa vallitsevaa tilannetta ja korjausrakentamisen tulevaisuutta on tarkoitus käydä läpi yleisellä tasolla. Lisäksi tietomallintamisen osalta tarkastellaan mitä tietomallintaminen on, tietomallintamisen historiaa ja tietomallintamista korjausrakentamisessa. Piirustusten osalta puolestaan tarkastellaan niiden kehitysvaiheita, AutoCAD-ohjelmiston vaikutuksia piirustustuotantoon sekä piirustustuotannon nykytilannetta.

Tämän opinnäytetyön toiseksi tavoitteeksi nimettiin siis korjausrakennepiirustusasetusten luominen Tekla-ympäristöön. Näiden piirustusasetusten avulla halutaan tehostaa ja sujuvoittaa jokaisen Swecolla korjausrakennusmallintamisen kanssa työskentelevän

arkipäiväistä työtä. Valmiit asetukset mahdollistavat työn sujumisen jouhevammin ja edistävät aiempaa laadukkaampien työskentelytulosten saavuttamista.

2 Korjausrakentaminen

Korjausrakentaminen on toimintaa, jolla pyritään ylläpitämään, kunnostamaan ja parantamaan rakennuksen kuntoa tai tämän rakennuksen osia. Korjausrakentamisesta käytetään myös esimerkiksi käsitteitä perusparantaminen, kunnostus ja ylläpitokorjaus. Perusparantaminen katsotaan kansantalouden tilinpidossa rakennuksen kiinteän pääoma-arvon nostamiseksi uuden veroiseksi. Kunnostus on perusparantamiseen verrattuna vähäisempi toimenpide. Kunnostusta ovat rakennuksen osien säännöllinen kunnossapito ja korjaaminen. Näitä toimenpiteitä voidaan kutsua myös vuosikorjauksiksi. Korjausrakentamiseen eivät kuulu laajennukset, sillä ne lasketaan uudisrakentamiseksi. [1.]

Myös täydennysrakentaminen on hyvä erottaa korjausrakentamisesta. Tällä käsitteellä tarkoitetaan uudisrakentamista olemassa olevan rakennuksen yhteyteen tai välittömään läheisyyteen [3]. On kuitenkin yleistä, että korjausrakennusurakan yhteydessä tehdään myös täydennysrakentamista.

2.1 Korjausrakentaminen Suomessa

Suomessa korjausrakentamisen osuus talonrakentamisesta on muita Pohjoismaita pienempi. Suomessa tämä osuus on alle 50 prosenttia, kun taas Ruotsissa se on noin 60 prosenttia ja Tanskassa noin 70 prosenttia. Korjausrakentamisen pienempi osuus muihin Pohjoismaihin verrattuna selittyy Suomen myöhäisemmällä kaupungistumisella. Myöhäisemmän kaupungistumisen seurauksena suomalainen rakennuskanta on iältään nuorta. Tästä syystä on Suomessa uudisrakentamisen tarve ollut pitkään suurempi Ruotsiin ja Tanskaan verrattuna. Rakennuskannan ikä onkin merkittävä korjausrakentamisen tarpeeseen vaikuttava tekijä. Myös ympäröivä kulttuuri ja yhteiskunnan tuet vaikuttavat korjausrakentamiseen. Ruotsissa ja Tanskassa ei esimerkiksi ole asunto-osakeyhtiöitä, vaan suuria kiinteistönomistajia, jotka pitävät tarkkaa huolta kiinteistöistään. [4].

Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2019 vähintään viisi henkilöä työllistävien talonrakennusalan yritysten rakennusurakoiden arvo oli yhteensä 21,4 miljardia euroa. Tästä 44 prosenttia eli 9,5 miljardia euroa oli korjausrakentamista. Yritystä, jonka urakat kohdistuvat rakennuksiin, kutsutaan tilastokeskuksen tilastoissa talonrakennusalan yritykseksi. Suurten, vähintään 60 työntekijää työllistävien, pääurakointiin keskittyvien yritysten rakennusurakoiden arvo oli 9,9 miljardia euroa. Tästä 32 prosenttia oli korjausrakentamista. Pienemmällä rakennustoimintaan keskittyvillä yrityksillä rakennusurakoiden arvo oli 11,5 miljardia euroa, ja tästä korjausrakentamista oli 55 prosenttia. Tilastokeskuksen tilastoihin ei otettu mukaan pieniä, alle viisi henkilöä työllistäviä yrityksiä, eikä perustusurakointiin keskittyviä yrityksiä. [2.]

Korjausrakentaminen on Suomessa ollut jo pitkään kasvussa. Nyt korjausvuorossa ovat 1960–1980-luvuilla rakennetut rakennukset. Tällä hetkellä heikoimmassa kunnossa ovat kuntien ikääntyneet palvelurakennukset, lähiökerrostalot sekä vanhat omakotija rivitalot. Näistä erityisesti koulut, päiväkodit ja kuntien toimitilat ovat heikossa kunnossa. Kiireellisiin urakoihin ohjataan ennakoivaa kunnossapidon rahaa, minkä vuoksi pieniä korjaustarpeita saatetaan laiminlyödä. Tämä voi helposti johtaa laajoihin korjaustarpeisiin [4]. Samalla kasvavat sekä korjausvelka että kosteus- ja homevaurioiden riskit. Käsitteellä korjausvelka tarkoitetaan rakennukseen kohdistettavia investointeja, jotta se pysyisi käytön kannalta hyvässä kunnossa [5].

2.2 Korjausrakentamisen tulevaisuus

Rakennetun omaisuuden tila ROTI 2021 -raportin mukaan rakennuskannan korjausvelje eli korjausvelka ei ole pienentymässä tai on jopa kasvussa. Arvioiden mukaan asuinrakennuksiin kohdistuviin korjauksiin olisi sijoitettava keskimäärin 9,4 miljardia euroa vuosivälillä 2016-2025. Samojen arvioiden mukaan seuraavan 10 vuoden aikana tämä määrä kasvaa 10,5 miljardiin euroon. Kunnissa olevien palvelurakennusten tilanne ei ole edellä kuvattua parempi. Jos otetaan kaikki nykypäiväiset laatuvaatimukset ja toiminnalliset tarpeet huomioon, nousee laskennallinen perusparannustarve 16,5 miljardiin euroon. Raportin mukaan vesihuollon kokonaisinvestoinnit pitäisi nostaa 770 miljoonaan euroon, joka on melkein kaksinkertainen määrä tämän hetken investointeihin verrattuna. Samalla verkostojen saneerausinvestoinnit on nelinkertaistettava, jotta verkostojen toimintavarmuus voidaan turvata ja saada korjausvelka hallintaan [18].

Korjausvajeen olemassaolo kertoo, että korjausrakentamisen alalla on tarvetta suuremmille investoinneille. Se ei kuitenkaan tarkoita sitä, että tarvittava määrä investointeja olisi tulossa. Alalla on siis työtä ja tarvetta investoinneille, mutta näiden toteutuminen on kuntien ja taloyhtiöiden vastuulla. Korjausrakentaminen on kuitenkin ollut jo pitkään kasvussa, ja tämän kehityksen oletetaan jatkuvan. Tällä hetkellä vallitseva koronapandemia saattaa kuitenkin hidastaa ja paikoin pysäyttää kehityksen. Ei myöskään ole varmaa, millaisia pitkänajan vaikutuksia pandemia aiheuttaa.

3 Tietomallintaminen

Tietomallintamisen ja tietomallin käsitteet ovat molemmat peräisin englannin kielen sanoista building information model tai lyhyesti BIM. Tietomallintamisen avulla luodaan rakennushankkeesta digitaalinen 3D-malli, joka sisältää itsessään rakennuksen täydellisen geometrian. Geometrian lisäksi malli voi sisältää erilaisia teknisiä tietoja, kuten rakennuksen sähkö-, vesi- ja ilmajärjestelmät [6]. Näin on mahdollista tarkastella rakennusta ja sen toimivuutta jo ennen, kuin varsinainen rakennus on valmis tai edes rakenteilla. Näistä malleista voidaan ottaa erilaisia piirustus- ja plaanikuvia, mikä vähentää manuaalista piirtämistä huomattavasti. Malleilla voidaan myös tukea suunnittelua kaikissa sen vaiheissa, sillä erilaisten rakennusosien tarkastelu ja vaihtoehtojen läpikäynti ovat helppoa 3D-mallin avulla. Näin myös aikataulu- ja rakennusvaihesuunnittelu nopeutuvat huomattavasti [6]. Mallit eivät kuitenkaan ole ainoastaan suunnitteluvaiheen työkaluja, vaan niiden tarkoitus on olla mukana koko rakennushankkeen elinkaaren ajan. Mallin avulla pystytään suunnittelemaan rakennuksen mahdollisia muutoksia ja korjaustoimia helpommin, sillä tällöin niiden toteuttaminen ei vaadi yhtä paljon tutkimustyötä. Talonrakennushankkeiden lisäksi tietomallintamista hyödynnetään esimerkiksi infrarakentamisessa teiden ja alueiden suunnittelussa.

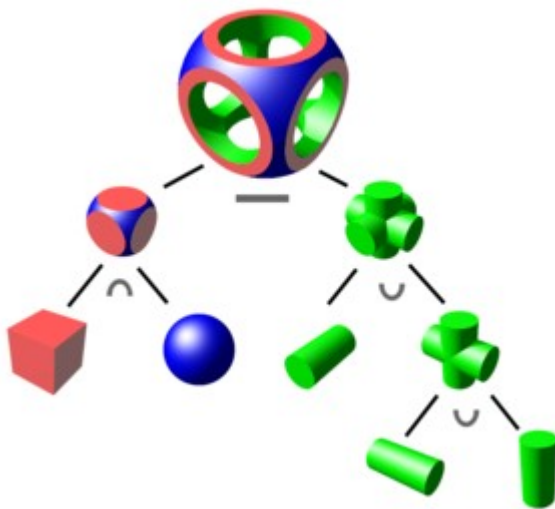
Kaikki mallintaminen ei kuitenkaan ole tietomallintamista. Tietomallinnusohjelmissa voi olla useita eri näkymiä työn alla olevasta mallista. Kun johonkin näkymään tehdään jokin muutos, päivittyy tämä muutos myös muihin näkymiin. Tällöin mallin kokonaisuus säilyy samana näkymästä riippumatta. Kaikki 3D-mallinnusohjelmat eivät kuitenkaan toimi samalla periaatteella, ja tästä syystä näiden mallinnusohjelmien mallit eivät ole tietomalleja. Tietomallinnusohjelmien malleissa osat voivat sisältää enemmän informaatiota kuin vain hankkeen geometrian. Näitä ovat objektin materiaalityöt, kuten

betoniseinässä olevan betonin määrä. Materiaalitietojen lisäksi tietomallien objektit voivat sisältää esimerkiksi betoniseinissä olevat aukot, raudoitukset tai teräsrakenteiden liitoksissa olevat pultit ja hitsit. Näitä tietoja voidaan suoraan hyödyntää määrälaskelmissa, ja näitä tietoja on vain tietomalleissa. [6]

3.1 Tietomallintamisen historia

Tietomallintamisen historia alkaa lähes yhtä aikaisin kuin tietokoneen vastaava. Vuonna 1962 amerikkalainen insinööri ja keksijä Douglas Engelbart kirjoitti julkaisussaan *Augmenting Human Intellect* siitä, miten tulevaisuuden arkkitehdit ja insinöörit luovat muotoja tietokoneen ruudulle. Varsinaisten tietomallinnusohjelmien kehitys kesti kuitenkin useita kymmeniä vuosia. Niiden kehitykseen on näinä vuosina osallistunut tekijöitä useista eri maanosista, esimerkiksi Yhdysvalloista, Länsi-Euroopasta, Japanista sekä Neuvostoliitosta. [7]

Ensimmäiset muotoja luovat ohjelmat kehiteltiin 1970- ja 1980-luvun vaihteessa, jolloin muotoja esitettiin CSG:n ja B-repin avulla. CSG tulee sanoista *constructive solid geometry*, mitkä vapaasti suomennettuna tarkoittaa rakenteellista kiinteää geometriaa [8]. CSG:tä hyödyntävät ohjelmat luovat monimutkaisiakin muotoja yhdistämällä toisiinsa tai poistamalla toisistaan erilaisia perusmuotoja. B-rep tulee puolestaan sanoista *boundary representation* eli rajaesitys. Tällöin muoto esitetään toisiinsa yhdistettyjen pinta-elementtien avulla, jotka muodostavat rajan sisä- ja ulkopuolisten pisteiden väliin [9].



Kuva 1. CSG toimintaperiaate.

Vuonna 1982 unkarilainen Gabor Bojar perusti yrityksen nimeltä Graphisoft. Kaksi vuotta myöhemmin vuonna 1984 julkaistiin Radar CH -ohjelma Apple Lisa -tietokoneille. Nykyään tämä ohjelma tunnetaan nimellä ArchiCad. Kyseinen mallinnus-ohjelma oli ensimmäinen, joka oli saatavilla myös henkilökohtaisille tietokoneille. ArchiCad -ohjelmistoa käytetään nykyään laajasti asuinrakennuksien mallintamiseen. 1990-luvun lopussa Irwin Jungreis ja Leonid Raiz perustivat oman yrityksen, ja alkoivat kehittää ohjelmistoa, joka pystyisi luomaan paljon monimutkaisempia malleja kuin ArchiCad. Vuonna 2000 yritys julkaisi ohjelmiston nimeltään Revit. Myöhemmin Revit mullisti mallintamisen maailman luomalla ohjelmiston, joka mahdollisti ajan lisäämisen tietomalliin. Tämä taas mahdollisti rakennusaikataulujen luomisen ja rakentamisen edistymisen simuloinnin. Yksi varhaisimmista tätä teknologiaa hyödyntävistä projekteista oli Freedom Tower Manhattanilla. Projekti toteutettiin useiden toisiinsa linkitettyjen mallien avulla, jotka oli sidottu aikatauluihin. Näin pystyttiin seuraamaan reaaliajassa kustannuksia ja materiaalien määriä. [7.]

Tietomallintamista on kehitetty myös Suomessa. Vaikka suomalaiset eivät ole olleet kansainvälisesti ensimmäisten joukossa kehittämässä tietomallintamista, on suomalaisen ohjelmaan pohjautuva Tekla Structures nykyään laajalti käytössä ympäri maailmaa. Tämän ohjelmiston kehittäneen yrityksen historian voidaan katsoa alkaneen vuonna 1966, kun Teknillinen laskenta Oy perustettiin Helsingissä. 1970-luvun aikana yrityksen liiketoiminta siirtyi rakennetekniikkaan, infrastruktuuriin ja maansiirtoon. Tänä aikana aloitettiin kehittämään FEM-laskentaa sekä graafisen tulostuksen ohjelmia. Yrityksen nimi muuttui Tekla Oy:ksi vuonna 1980. Ensimmäinen tiesuunnitteluohjelma julkaistiin vuonna 1990 nimellä Xroad. Tätä puolestaan seurasi pian kaupunkisuunnitteluun tarkoitettu ohjelmisto Xcity. Myöhemmin julkaistiin muitakin X-sarjan ohjelmia erilaisiin suunnittelutarpeisiin. Menestyksekkäimmäksi näistä nousi tuolloin teräsrakennesuunnitteluohjelma Xsteel. Vuonna 2004 julkaistiin Tekla Structures, joka pohjautuu Xsteel-ohjelmaan [10]. Nykyään tämän ohjelman uusimmat versiot ovat laajasti käytettyjä ympäri maailmaa mitä erilaisimmissa hankkeissa. Vuonna 2011 Trimble-konserni osti Tekla Oy:n

3.2 Tietomallintaminen korjausrakentamisessa

Korjausrakentamisen suurin haaste on riskienhallinta. Lähtötietojen tarkkuus on yksi tärkeimpiä tekijöitä korjaustöiden suunnittelussa ja samalla riskienhallinnassa. Virheel-

liset lähtötiedot aiheuttavat aikataulujen viivästymistä, kustannusten lisääntymistä ja laadun kärsimistä. Näistä syistä lähtötietojen suhteen on oltava erityisen tarkka. Riskienhallinnan tehokkaana työkaluna pidetäänkin tietomallintamista. Vaikka se alussa saattaa lisätä suunnittelun työmäärää, tulevat sen hyödyt selkeästi esiin hankkeen edetessä. Esimerkkinä tästä on mahdollisuus sovittaa ja verrata eri osapuolien suunnitelmia olemassa olevaan rakennukseen. Näitä ovat esimerkiksi rakenne-, arkkitehti- ja talotekniikkasuunnitelmat. Tietomalli mahdollistaa haastavienkin rakenteiden havainnollistamisen sekä projektiryhmän jäsenille että tilaajille. Suomessa osa suunnitteluvaiheessa mallinnetuista rakennuksista on tullut jo peruskorjausikään. Näiden kohteiden korjaussuunnittelu onkin huomattavasti jouhevampaa, sillä malleja päivitetään nykyhetkeen, ja niiden pohjalta voidaan luoda uusia suunnitelmia. [11.]

Tietomallin tarkkuus ja sen hyöty ovat siis riippuvaisia tarkoista lähtötiedoista. Pelkät alkuperäiset piirustukset eivät ole aina riittävän tarkkoja, sillä työmaan toteutumat voivat poiketa näistä paljonkin. Lisäksi mittaviivat saattavat puuttua alkuperäispiirustuksista kokonaan, eivätkä piirustukset ole välttämättä mittakaavassa. Vanhojen piirustusten arkistoinnissa on voitu käyttää myös mikrofilmiä, jolloin näiden mittakaava on voinut vääristyä. Pahimmassa tapauksessa piirustukset ovat lähes lukukelvottomat.

Inventointimalli on hyvä apu hankkeen tietomallintamiseen. Inventointimalli mallinnetaan käyttäen yleisiä tietomallivaatimuksia sekä arkkitehtisuunnittelun mallintamisperiaatteita. Lähtötietoina käytetään tällöin olemassa olevasta rakennuksesta tehtyjä mitaustuloksia [11]. Tällaisia mittauksia ovat esimerkiksi laseretäisyysmittaus, fotogrammetria, takymetrimittaus ja laserkeilausmittaus. Näistä epätarkin on laseretäisyysmittaus. Tällöin mittaaja mittaa itse rakennusosien väliset etäisyydet joko käsikäyttöisellä mittarilla tai pelkällä rullamitalla kirjaten tulokset samalla ylös. Näillä mitoilla ei ole koordinaatteja, ja niiden tarkkuus riippuu mittaajan taidoista. Fotogrammetria on laseretäisyysmittausta tarkempi tapa, jossa kohteesta otetaan useampi valokuva eri katselukulmista. Näiden kuvien avulla tuotetaan kolmiulotteinen mitta-aineisto [23]. Fotogrammetrialla päästään alle 10 cm tarkkuuteen [24].

Takymetrimittaus on edellä mainittuja tarkempi mittaustapa. Tässä mittauksessa mittaaja osoittaa muutamia pisteitä, viivoja ja symboleita, jotka sidotaan koordinaatistoon. Tapa soveltuu erityisen hyvin geometrisesti yksinkertaisiin rakenteisiin. Mittaustavoista tarkin on laserkeilausmittaus. Laserkeilausmittauksessa mittauslaitteiston avulla tehdään mittaukset kaikilta näkyviltä pinnoilta joko koko rakennuksesta tai sen osasta [11].

Laserkeilauslaitteiston toimintaperiaate perustuu keilaimen lähettämiin lasersäteisiin, jotka kimpoavat mitattavasta pinnasta. Laite mittaa säteessä tapahtuvat muutokset kimpoamisen jälkeen ja luo tämän perusteella kimpoamispisteelle koordinaatit. Kohteesta riippuen pisteitä voi olla jopa miljardeja. Tuloksena on pistepilvi, joka muodostaa 3D-mallin [12].

Vaikka laserkeilaus onkin tarkin olemassa oleva rakennuksen mittaustapa, ei sekään ole aina riittävän hyvä rakennesuunnitelmien näkökulmasta. Laserkeilausmittaus tapahtuu olemassa olevasta pinnasta, jolloin varsinainen kantava rakenne voi jäädä paksujenkin pintamateriaalien taakse piiloon. Tästä voi seurata vanhojen rakennepiirustusten ja inventointimallin välisiä eroja, jotka hankaloittavat rakennemallintamista. Laserkeilaus voidaan tehdä kevytpurun jälkeen, jolloin saadaan tarkempi kuva kantavista rakenteista. Toisaalta se voidaan tehdä kahteen kertaan, ennen purkoa ja tämän jälkeen. Edellä mainitusta syistä johtuen joskus on tarpeen käydä kohteessa tarkistamassa ristiriitainen rakenne. Epätarkkuuksista johtuvista ongelmista riippumatta on tietomallintaminen korjausrakennesuunnittelussa jatkuvassa kasvussa ja vakiintumassa oleva toimintatapa. Tietomallintamisella tuetaan hankkeen elinkaarta ja helpotetaan tulevaisuuden korjaushankkeiden suunnittelua.

4 Rakennepiirustukset

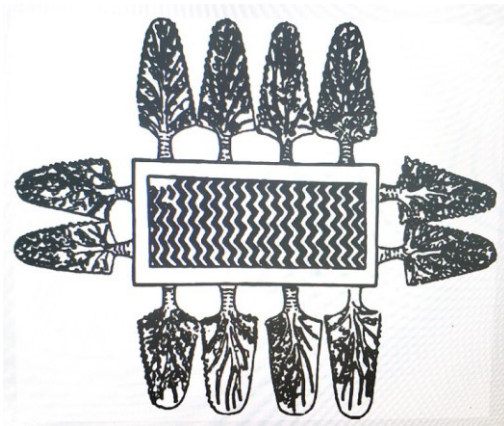
Piirustus on asiakirja, joka sisältää yhden piirroksen tai useampia piirroksia, jotka ovat allekirjoituksella ja päiväyksellä asetettu voimaan. Tämän lisäksi piirustuksissa on nimiö. Käytön kannalta kaikki tarpeelliset tiedot tulee olla piirustuksissa. Piirustuksilla on kuitenkin erilaisia tarkoituksia. Jos tarkoituksena on kuvata kohdetta tai sen osaa tarkasti, esitetään piirustuksessa kaikki rajat, reunat ja ääriviivat niin tarkasti kuin piirustuksen käyttötarkoitus vaatii. Jos tarkoituksena on tietyn kohteen tai osan ominaisuuksien kuvaaminen, käytetään yksinkertaistettua esitystapaa. [13.]

Tarkoituksilla tässä yhteydessä tarkoitetaan esimerkiksi rakenne- tai arkkitehtipiirustuksia. Rakennepiirustuksissa ja rakennelaskelmissa on otettava huomioon hankkeen laajuus ja laatu. Hankkeen laajuudesta riippuen rakennepiirustuksiin sisältyvät tiedot suunnittelussa käytetyistä kuormituksista, kantavien rakenteiden lujuudesta ja niiden vakaudesta sekä rakenteiden mitoista. Näiden lisäksi piirustuksista on käytävä ilmi tieto rakenteiden eristyskyvystä eri tekijöihin nähden. Näitä ovat lämpö-, kosteus-, vesi-,

vedenpaine-, ääni- ja värinäeristykset. Korjausrakentamisessa piirustuksiin merkitään myös tiedot purettavista ja käyttöön jäävistä rakenteista sekä niiden toiminnasta [14]. Arkkitehtipiirustuksissa taas ei edellä mainittuja asioita vaadita. Nämä toki voivat sisältyä myös arkkitehtipiirustuksiin, joskin arkkitehtipiirustukset keskittyvät pääasiallisesti rakenteiden ulkomuotojen ja ulkonäön esittelyyn.

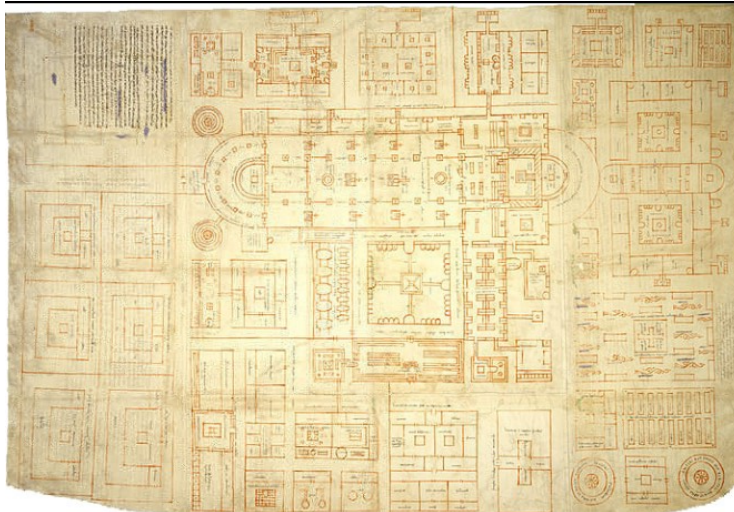
4.1 Piirustusten kehittyminen

Erilaisia rakennuspiirustuksia ja -esityksiä löytyi jo muinaisesta Egyptistä. Nämä piirustukset eivät olleet aivan samanlaisia, millaisina olemme rakennuspiirustukset tottuneet nykyaikana käsittämään. Niiden tarkoitus on kuitenkin pysynyt samana vuosituhansien läpi. Muinaisessa Egyptissä jokin alue tai rakennus esitettiin erilaisten kirjoitusalustojen ja -välineiden avulla. Esimerkkinä tästä on kuvassa 2 esiintyvä muinaisegyptiläinen piirustus vesialueelta, jota ympäröivät palmupuut. Piirustus on piirretty kahdesta katse-lusuunnasta, ylhäältä ja edestä. [15.]



Kuva 2. Muinaisegyptiläinen piirustus vesialueelta. [15]

Meille nykyihmisillekin tutunnäköisiä piirustuksia on alettu tekemään jo varhain. Vanhimmat tällaiset on tehty noin vuonna 800. Kuvassa 3 esitetään tästä esimerkkinä Sankt Gallenin luostarin pohjapiirros. Piirroksessa erottuvat selkeästi rakennuksen eri osat ja huoneet sekä kantavien rakenteiden paksuudet. Piirroksessa on suorat viivat ja kulmat. Kaaret on piirretty harpin tai muun vastaavan apuvälineen avulla.



Kuva 3. Sankt Gallenin luostarin pohjapiirros. [16]

Ajan myötä piirustustekniikat kehittyivät ja piirustuksista tuli tarkempia. Piirustuspöydät tulivat käyttöön ja viivoittimien avulla piirustuksiin voitiin merkitä myös mittoja. 1960- ja 1970-lukujen aikana rakennusteollisuus julkaisi useamman julkaisun, joiden avulla ohjattiin piirustusten ulkomuotoa, mittakaavoja, esitystapoja ja paperikokoja. Tästä eteenpäin piirustukset ovat olleet standardisoituja, jotta jokainen alalla työskentelevä osaisi tulkita niitä.

4.2 AutoCad-ohjelmalla saatavat piirustukset

Vuonna 1982 julkaistiin Autodeskin AutoCAD-ohjelman ensimmäinen versio. AutoCAD tulee sanoista Autodesk Computer Aided Design. Computer Aided Design puolestaan tarkoittaa tietokoneavusteista suunnittelua. AutoCAD ei ollut ainoa ohjelma, joka kykeni tekemään piirustuksia tuohon aikaan, mutta se oli ensimmäinen ohjelma, joka oli saatavilla myös henkilökohtaiselle tietokoneelle. Neljässä vuodessa AutoCAD-ohjelmasta tuli maailman käytetyin suunnitteluohjelma. Sama ohjelma on edelleenkin kyseisen listan kärjessä. Ohjelmistoa käytetään 2D- ja 3D-piirustusten tekemiseen. Ohjelmiston piirustustarkkuus, piirustusvirheiden vähentyminen ja työprosessin nopeutuminen syrjäyttivät piirustuspöydät ja kulmaviivoittimet. Ohjelman avulla onkin mahdollista luoda valmiita piirustus pohjia, toistaa vaikeita kuviota sekä tehdä automaattisia mittauksia ja laskelmia. AutoCAD muutti näin insinööritoimistojen työskentelytapoja pysyvästi [17].

4.3 Nykytilanne

AutoCAD-ohjelmiston kilpailijaksi on viime vuosikymmenen aikana noussut tietomallintaminen. Tietomallintaminen on yleistynyt jo pitkään, ja tämän kehityksen uskotaan jatkuvan tulevaisuudessakin. Mallintamisen lisäksi mallinnusohjelmistojen avulla voidaan luoda malleista piirustuksia. Näitä piirustuksia voidaan ottaa mallintajan määräämästä tasosta, leikkauksesta, detaljista tai osasta. Piirustuksiin on mahdollista luoda asetuksia, joiden avulla materiaalimerkinnot tulevat niihin automaattisesti. Nämä piirustukset myös päivittyvät mallin muuttuessa, ja samalla muut osapuolet voivat tarkastella piirustuksia mallin kautta. Tämän vuoksi AutoCADin käyttö on vähentynyt etenkin uudisrakentamisen puolella. Korjausrakentamisen osalta tilanne on kuitenkin toisenlainen, sillä mallinnusohjelmissa ei ole vielä tarpeeksi asetuksia luomaan korjaushankkeiden piirustuksia. Esimerkiksi detaljisuunnittelussa käytetään tavallisia piirustuksia, sillä täydentäviä rakenteita, kuten veden- ja lämmöneristyksiä sekä esimerkiksi pellityksiä ei yleensä mallinneta tarkasti. Tämän lisäksi korjaussuunnittelussa käytetään yleensä kokeneempia suunnittelijoita, jotka tuntevat rakennushistorian jo paremmin. Heillä ei kuitenkaan välttämättä ole paljoakaan mallinnuskokemusta.

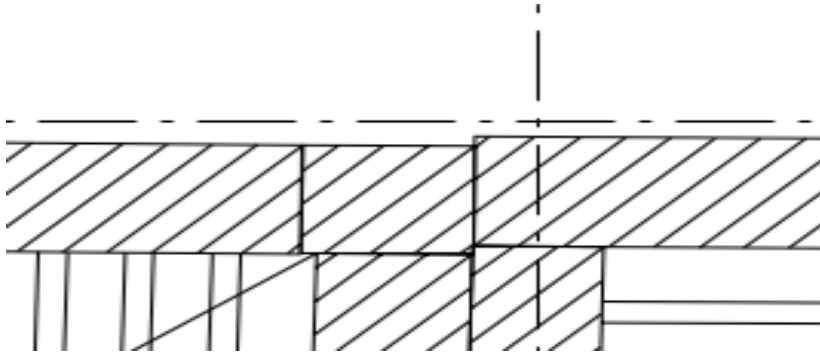
5 Korjausrakentamisen haasteet tietomallintamisessa

Tietomallintaminen on kehittynyt nopeaa vauhtia viimeisen 10 vuoden aikana. Sen myötä työmaiden ja rakennushankkeiden toimintaperiaatteet ovat muuttuneet, ja tämä muutos tulee jatkumaan myös tulevaisuudessa. Tietomallintamisen kehityksestä aiheutuva muutos tapahtuu kuitenkin vain uudisrakentamisen puolella, koska kuten jo aikaisemmin olen todennut, on tietomallintaminen tällä hetkellä suurimmaksi osaksi uudisrakentamisen työkalu. Tietomallintaminen on kuitenkin yleistymässä myös korjausrakentamisen puolella nopeaa vauhtia. Tästä syystä onkin tullut tarve kehittää myös korjausrakentamiseen soveltuvia mallintamisasetuksia, ja näin ollen tarve tälle opinnäytetyölle. Tässä työssä keskitytään Tekla Structures nimisen ohjelman toimintaan ja sen asetusten kehittämiseen. Asetuksia tehdään tämän opinnäytetyön myötä Swecon omaan käyttöliittymään. Henkilökohtaiset havainnot on tehty ohjelman vuonna 2019 julkaistulla versiolla. Uudet piirustusasetukset on luotu puolestaan vuonna 2020 julkaistulla versiolla.

5.1 Haasteet

Luvussa 3.2 käsiteltiin tietomallintamista korjausrakentamisen näkökulmasta. Rakennesuunnittelu on tärkeä osa korjausrakentamista, ja tästä syystä sillä on iso rooli korjaussuunnittelussa. Kuten aiemmin on todettu, tällä hetkellä tarkin tapa tuoda vanhat rakennukset tietokonemalleiksi on laserkeilaus ja tämän avulla saatavat pistepilvimallit. Pistepilvet tai näiden avulla arkkitehtien luomat inventointimallit eivät kuitenkaan aina ole tarpeeksi tarkkoja korjausrakennesuunnittelun kannalta. Koska kyseiset mallit luodaan olemassa olevasta pinnasta, ei näiden pintojen alla olevien, rakennesuunnittelun kannalta oleellisten kantavien rakenteiden sijaintia tiedetä tarkasti. Tietenkin on mahdollista päätellä rakenteen sijainti, jos rakenteesta on olemassa selostus. Nämä selostukset eivät kuitenkaan välttämättä pidä paikkansa, sillä toteutuma voi poiketa selostuksesta. Inventointimallien ja pistepilvien lisäksi rakennetta mallintava suunnittelija käyttää hyödykseen vanhoja rakennepiirustuksia. Voisi olettaa, että näiden piirustusten olemassa ollessa olisi mallinnustyökin helppoa. Näin ei kuitenkaan välttämättä ole, sillä piirustuksista voi puuttua mittatietoja, ne voivat olla puutteellisia rakenteiden kannalta ja lisäksi työmaa toteutuma voi poiketa niistä. On myös mahdollista, että piirustuksiin pohjautuvan mallin ja inventointimallin keskinäinen vertailu osoittaa toisen mallin olevan vinossa toiseen nähden. Yleensä eron taustalla on sellainen suunnitelmasta poikkeaminen rakennusvaiheessa, jota ei ole korjattu piirustuksiin.

Yhteensovittaminen muiden suunnittelijoiden kanssa on rakennemallin yksi monista tarkoituksista. Toisena voidaan pitää piirustusten tuottamista. Tekla-ohjelman avulla on mahdollista luoda piirustuksia tasoista, leikkauksista tai rakennuksen osista. Nämä piirustuksen ovat kuitenkin usein viimeistelyn tai korjaamisen tarpeessa, sillä kaikki piirustusasetukset on tarkoitettu uudisrakentamiseen. Tästä hyvänä esimerkkinä on kuva 4.



Kuva 4. Vanhan rakennuksen väärin piirtynyt seinä.

Kuvassa neljä vanhan rakennuksen seinän pätkä on piirtynyt väärin. Mallin tiiliseinät on tuotu inventointimallin avulla. Mallissa seinät ovat erikokoisina kappaleina, mutta piirustuksissa näin ei kuuluisi olla. Piirustuksessa tiiliseinän tulisi olla jatkuva, koska se on muurattu jatkuva rakenne. Puutteellisten asetusten takia on piirustusta ja mallia säädettävä, jotta piirustuksista saadaan hyvänlaatuisia. Toisaalta tähän säätämistyöhön kuluu ylimääräistä aikaa. Toinen samankaltainen ongelma on olemassa olevan ja uuden rakenteen esittäminen samassa piirustuksessa. Kun uuden ja olemassa olevan rakenteen materiaali on sama, piirtää ohjelma nämä materiaalit samalla piirrosmerkillä. Tällaisessa piirustuksessa on vaikeaa erottaa vanhaa ja uutta rakennetta toisistaan, jolloin työmaalla voi tulla virheitä ja väärinkäsityksiä.

Edellä mainittuja ongelmia kohtasin itse esimerkiksi kesätyöni aikana. Näiden ongelmien selvitystyö nostikin pintaan idean tälle opinnäytetyölle. Opinnäytetyön tarkoituksena on siis kartoittaa muiden Swecolla työskentelevien korjausrakennemallintajien kohtaamia ongelmia ja kehittää näihin ongelmiin ratkaisuja. Samalla on tarkoitus selvittää Swecon oman teknologiaryhmän toiminnan tehokkuus, sillä ryhmän tarkoitus on kehittää ja auttaa mallinnustyössä. Edellä mainittuja asioita päätettiin tutkia verkkokyselyn avulla. Verkkototeutukseen päädyttiin, koska vallitseva koronatilanne on aiheuttanut monille työntekijöille tavallista enemmän verkkopalavereja. Tästä syystä kyselyä ei toteutettu haastatteluina.

5.2 Kysely

Kysely toteutettiin Google Driven Forms -työkalulla. Tämän työkalun avulla on mahdollista luoda erilaisia kyselyjä, joihin vastataan oman erillisen linkin kautta. Kyselyssä oli seitsemäntoista pääkysymystä ja yhteensä kolmekymmentäneljä kysymystä. Tämä

johtui siitä, että osaan kysymyksistä avautui jatkokysymyksiä annettujen vastauksien perusteella. Kysymykset olivat vastauskentällisiä kyllä tai ei valintakysymyksiä. Yksi kysymyksistä oli monivalintakysymys. Kysely on liitetty tämän työn loppuun liitteenä yksi.

Kyselyn alussa selvitettiin vastaajien työnimikkeet ja heidän työkokemusvuotensa Tekla Structures -ohjelman parissa. Näiden kysymysten avulla pyrittiin rakentamaan käsitystä vastaajien taustoista. Tämän jälkeen vastaajilta kysyttiin, ovatko nämä kohdanneet ongelmia korjausrakennusmallintamisessa. Mikäli vastaaja vastasi tähän kysymykseen kyllä, seurasi tähän liittyviä jatkokysymyksiä. Jatkokysymyksissä kysyttiin, millainen ongelma oli, onko ongelmaan saatu ratkaisua ja mikäli oli, niin millainen tämä ratkaisu oli. Seuraavaksi kysyttiin, onko vastaaja työssään hyödyntänyt muiden osapuolien tekemiä malleja tai pistepilviä, ja onko hän kohdannut näiden kanssa ongelmia. Samaan tapaan, kun edellisen kysymyksen kanssa, tästäkin seurasi joukko samanlaisia jatkokysymyksiä, mikäli vastaaja oli kohdannut ongelmia. Myös seuraava kysymys oli rakenteeltaan samanlainen ja sisälsi vastauksesta riippuen jatkokysymyksiä. Kysymyksessä oltiin kiinnostuneita siitä, onko vastaaja kohdannut ongelmia mallien muuntamisessa tiedostomuodosta toiseen, esimerkiksi IFC-muotoon. Tämän jälkeen selvitettiin vielä sitä, mitä tietoja vastaajat haluaisivat siirtyvän tiedostomuunnoksen yhteydessä.

Tästä seuranneet kysymykset liittyivät Tekla -ohjelmasta saataviin piirustuksiin ja näiden asetuksiin. Näistä ensimmäisessä kysyttiin, onko vastaajan työskentelytiimillä olemassa korjausrakennepiirustuksiin tarkoitettuja Tekla-ohjelman piirustusasetuksia. Jos vastaaja vastasi kyllä, seurasi jatkokysymys siitä, onko näitä asetuksia pyritty vieämään Swecon käyttöliittymään. Mikäli vastaajalla ei ollut omia piirustusasetuksia kysyttiin häneltä, millä asetuksilla hän on tehnyt korjausrakennepiirustuksia. Tämän jälkeen kysyttiin, onko vastaaja kohdannut ongelmia näiden piirustuksien luomisessa. Jos vastaus oli kyllä, seurasi siitä jatkokysymyksiä. Jatkokysymyksissä kysyttiin, millaisia ongelmia mallintajat olivat työssään kohdanneet, onko nämä ongelmat saatu ratkaistua, onko vastaaja itse kehittänyt ongelmaan jonkinlaisen ratkaisun, onko ongelmasta ilmoitettu mallinnusteknologiatiimille ja onko tiimillä ollut tarjota ratkaisua ongelmaan. Jos ongelmaan oli ratkaisu, pyydettiin tätä ratkaisua kuvailemaan ja lisäksi kysyttiin, onko tätä ratkaisua pyritty jakamaan muiden mallintajien kanssa. Viimeisessä seitsemässä kysymyksessä kysyttiin vastaajien mielipidettä siitä, miten uudet ja nykyiset rakenteet sekä materiaalit pitäisi erottaa toisistaan korjausrakennepiirustuksissa. Näitä olivat

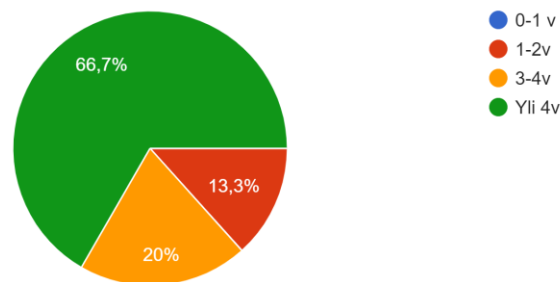
esimerkiksi uuden ja nykyisen pilarin esitystavat, ja uuden ja nykyisen betonimateriaalin esitystavat.

5.3 Kyselyn tulokset ja johtopäätökset

Kysely lähetettiin 23 henkilölle ja siihen vastasi 15 henkilöä. Kyselyyn valittiin vastaajiksi sopivia henkilöitä opinnäytetyön ohjaajien avustuksella. Kyselyyn vastanneet työskentelevät Swecon toimistoilla ympäri Suomea, ja ovat työssään tekemisissä korjausrakentamisen mallintamisen kanssa. Kyselyssä ei kerätty vastaajien henkilötietoja, mutta yksittäisen vastaajan kaikki vastaukset pystyttiin erottelemaan kaikkien annettujen vastausten joukosta. Vastaajista yhdeksän oli rakennesuunnittelijoita ja viisi erilaisissa esimiestehtävissä toimivia henkilöitä. Yksi vastaajista kertoi olevansa kesätyöntekijä.

Kauanko olet työskennellyt Tekla Structures -ohjelman parissa?

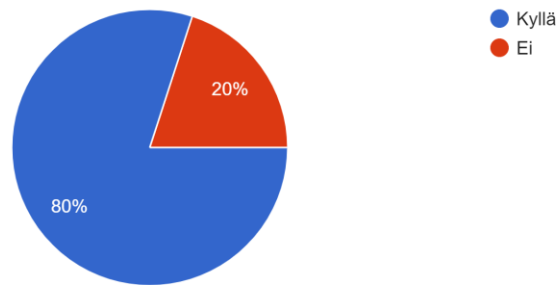
15 vastausta



Kuva 5. Vastaajien Tekla -ohjelman kokemusvuodet.

Kuvan 5 kaaviossa esitetään vastaajien työkokemusvuodet Tekla Structures -ohjelman parissa. Vastauskaaviosta nähdään, että jokainen vastaaja on työskennellyt ohjelman parissa vähintään vuoden ja suurin osa yli neljä vuotta. Tämä osoittaa sen, että vastaajilla oli kyselyn toteuttamishetkellä suhteellisen paljon kokemusta kyseisestä ohjelmasta ja mallintamisesta kokonaisuudessaan. Tästä puolestaan voidaan päätellä, että vastaajat ovat olleet Swecolla töissä ainakin muutaman vuoden ajan ja täten tuntevat Swecon toimintatavat.

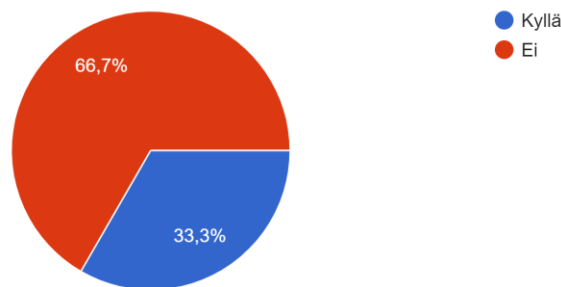
Oletko kohdannut ongelmia korjausrakennusmallintamisessa?
15 vastausta



Kuva 6. Ongelmia kohdanneiden vastaajien määrä

Taustakysymysten jälkeen vastaajilta kysyttiin, ovatko nämä kohdanneet ongelmia korjausrakennusmallintamisessa. Kuvan 6 kaavio siis osoittaa, että vastaajat ovat kohdanneet työssään ongelmia. Tämä puolestaan korostaa kyseisen kyselyn ja opinnäytetyön tarpeellisuutta. Samalla tämä myös osoittaa tarpeen, että korjausmallintamista tulee kehittää. Mikäli vastaaja kertoi kyselyssä kohdanneensa mallintamiseen liittyviä ongelmia, pyydettiin vastaajaa kuvailemaan kohtaamaansa ongelmaa. Suurimmat ongelmat olivat kyselyn perusteella piirustuksiin liittyviä ongelmia. Näitä olivat muun muassa korjauspiirustusasetusten puuttuminen, erilaisten seinämateriaalien esittäminen yhtenäisesti sekä vanhan ja uuden rakenteen toisistaan erottaminen. Edellä mainittujen lisäksi vastaajilla oli ollut haasteita mallintaa yleisesti käytettyjä korjausrakennusratkaisuja. Tällaisia ovat esimerkiksi liukulaakereiden mallinnus ja uusien aukkojen vahvistaminen. Mallin ja tämän osien tarkka mallintaminen koettiin myös haastavaksi vanhojen suunnitelmien ja työmaamittauksien perusteella. Puutteita todettiin lisäksi jälkikiinnitettävien ankkureiden mallinnuksessa.

Oletko saanut ongelmaan ratkaisua?
12 vastausta



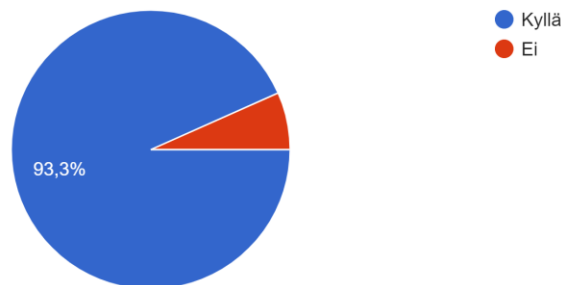
Kuva 7. Ongelmaansa ratkaisun saaneiden määrä

Kyselyssä vastaajilta kysyttiin, olivatko he saaneet ratkaisuja kohtaamiinsa ongelmiin tai olivatko he kyenneet ratkaisemaan ongelman itse. Vastauksia tähän kysymykseen esitetään kuvan 7 kaaviossa. Kahdestatoista vastaajasta vain neljä sai ongelmansa ratkaistua. On siis selvää, että kyseistä mallintamisen aluetta pitää kehittää. Tässä kohtaan kyselyä ei kuitenkaan kysyty, onko ongelmaa pyritty ratkaisemaan mallinnusteknologian tiimin kanssa, tai onko heille ylipäätään ilmoitettu ongelmasta. Ne ongelmat, jotka vastaajat saivat itsenäisesti ratkaistua, ratkaistiin tekemällä omia tai soveltamalla muita asetuksia. Tämä luo laatueroja mallien ja piirustusten välille, eikä ole myöskään kustannustehokasta.

Seuraavaksi tarkasteltiin lisäksi sitä, ovatko vastaajat työssään hyödyntäneet muiden osapuolien luomia malleja ja pistepilviä, sekä ovatko he kohdanneet näiden hyödyntämisessä ongelmia. Näiden vastaukset käyvät ilmi kuvista 8 ja 9.

Oletko hyödyntänyt muiden osapuolien luomia malleja tai pistepilviä korjausrakennusmallintamistyössäsi?

15 vastausta

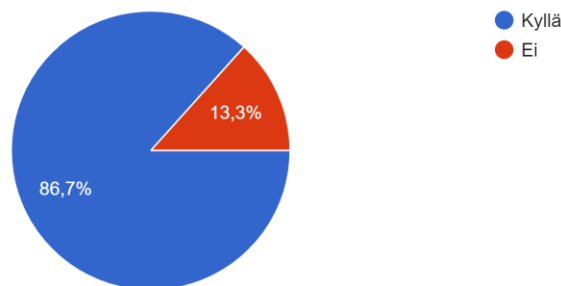


Kuva 8. Muiden malleja ja pistepilviä hyödyntävien määrä

Kuvan 8 kaaviosta käykin ilmi, että lähes jokainen on korjausrakentamisen mallintamistyössään käyttänyt jonkun muun osapuolen luomaa mallia tai pistepilveä. On siis selvää, että korjausrakennusmallintamisessa tehdään paljon yhteistyötä ja työnsovitusta muiden osapuolien kanssa.

Oletko kohdannut ongelmia muiden osapuolien luomien mallien tai pistepilvien hyödyntämisessä?

15 vastausta

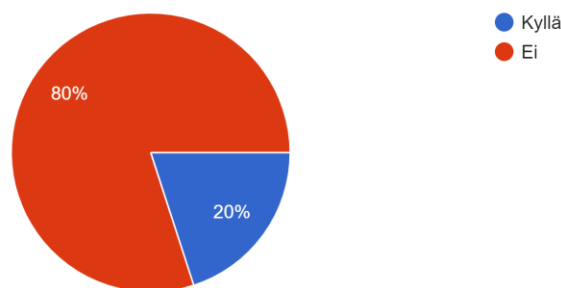


Kuva 9. Ongelmia kohdanneiden määrä muiden mallien ja pistepilvien kanssa

Kuvasta 9 kuitenkin nähdään, että vaikka muiden osapuolien kanssa tehdäänkin paljon yhteistyötä, ei se ole aina mutkatonta. Vastaajat kertoivat, että muiden tuottamien mallien kanssa voi olla muun muassa seuraavia ongelmia: mallien tarkkuustasot saattavat olla puutteelliset, mallien koordinaatit eivät täsmää, malleissa voi olla ylimääräisiä asioita, jonka takia niiden käsittely on hidasta tai mallit on keilattu olemassa olevasta rakenteesta, jolloin pintarakenteet mallinnetaan osaksi kantavaa rakennetta. Edellä

mainitut ongelmat luovat haasteita korjausrakennusmallintamiseen ja hidastavat prosessia. Vastaajilta kysyttiin myös, miten kyseisiä ongelmia voisi ratkaista. Heidän mukaansa sopivia ratkaisuja ovat yhteensovituspalaverit, rakenneavaukset sekä mallien suodatusmahdollisuudet. Pistepilvien kanssa vastaajilla on ollut saman kaltaisia ongelmia kuin muiden osapuolien mallien kanssa. Näitä ovat pistepilvien heikko tarkkuus-taso, isot pistepilvitiedostot, joissa on paljon ylimääräistä tietoa, ja koordinaatitot, jotka eivät täsmää keskenään. Näiden ongelmien ratkaisuksi vastaajat esittivät parempaa kommunikointia projektin eri osapuolien välillä, sekä mahdollisuutta rakennesuunnittelijalle antaa ohjeita rakenteiden keilaamiseen ja pistepilvien tulkitsemiseen.

Oletko kohdannut ongelmia korjausrakennusmallin muuntamisessa toiseen tiedostomuotoon?
15 vastausta



Kuva 10. Tiedostomuunnoksessa ongelmia kohdanneiden määrä

Kyselyssä kysyttiin, ovatko vastaajat kohdanneet ongelmia Tekla-mallin viemisessä toiseen tiedostomuotoon, esimerkiksi IFC-muotoon. Kuvan 10 kaavion avulla voidaan päätellä, että vain kolme vastaajaa vastasi tähän kysymykseen kyllä. Nämä kolme vastaajaa kohtasivat ongelmia rakenteiden nimeämisessä ja rakenteiden muotojen pienissä muutoksissa. Lisäksi vastaajat kohtasivat näiden rakenteiden luokitteluongelmia. Luokittelulla tarkoitetaan tässä esimerkiksi laattaa ja palkkia. Tiedostomuunnoksen yhteydessä nämä voivat mennä sekaisin, jolloin esimerkiksi palkki luokitellaan laataksi ja toisinpäin. Ratkaisuihin näihin ongelmiin voisivat vastaajien mukaan olla muunnosasetuksien tarkastaminen, IFC-mallin tarkastelu sekä alkuperäiseen malliin tehtävät muokkaukset. Vastaajilta kysyttiin myös heidän mielipidettään siitä, mitä tietoja muunnoksen yhteydessä tulisi siirtyä. Heidän mukaansa muunnoksen yhteydessä tulisi siirtyä ainakin rakenteet, rakenneosat, rakennetyypit ja rakennusmateriaalit. Muunnoksessa olisi myös hyvä esittää rakenteiden aikakausi. Aikakaudella tarkoitetaan tässä yh-

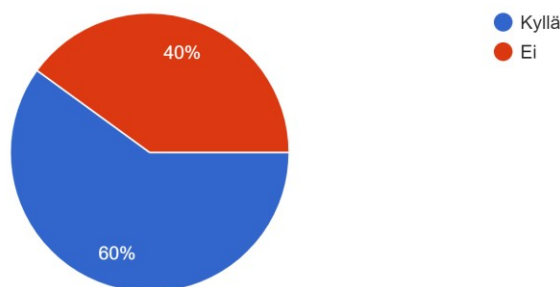
teydessä sitä, onko rakenne alkuperäinen, aikaisemman korjauksen jäljiltä vai uusi rakenne.

Kyselyn loppuosan kysymykset liittyivät Tekla-ohjelmasta saataviin piirustuksiin. Ensimmäisessä tällaisessa kysyttiin, onko vastaajien työskentelyryhmillä omat korjausrakennepiirustusasetukset Tekla-ohjelmassa. Kaikki vastaajat vastasivat tähän kysymykseen ei. Kuten jo aikaisemmin tässä kyselyssä on todettu, piirustuksien kanssa on esiintynyt joitain ongelmia. Piirustusasetuksien puuttuminen onkin hyvä peruste tälle opinnäytetyölle. Samalla vastaajilta kysyttiin, onko näitä omia asetuksia pyritty viemään Swecon Tekla-ympäristöön, mutta koska työryhmät eivät olleet luoneet omia piirustusasetuksia, ei niiden siirtäminen Teklaan olisi ollut edes mahdollista.

Vastaajilta kysyttiin lisäksi, millä asetuksilla nämä ovat tehneet korjausrakennemallin piirustuksia. Piirustuksia on tehty vastaajien mukaan muokkaamalla uudisrakentamiseen tarkoitettuja asetuksia ja luomalla projektikohtaisia omia asetuksia. Kyselyn seuraavassa kysymyksessä kysyttiin ovatko vastaajat kohdanneet ongelmia piirustusten luomisessa. Alla olevan kuvan 11 kaaviosta voidaan nähdä, että vastaajista yli puolet on kohdannut jonkinlaisia ongelmia. Vastaajat kertoivat ongelmien liittyvän muun muassa vanhan ja uuden rakenteen erotteluun toisistaan, objektien ja partmarkkien sekavahkoihin esitystapoihin, paikallavalun esittämisessä mahdollisesti näkyviin ylimääräisiin viivoihin, tasokuvien koron epäyhtenäisiin esitystapoihin, piirustusten ulkoasun eroamiseen CAD-piirustusten ulkoasusta sekä hankaluuteen esittää korjauspuolella yleisesti käytettäviä ratkaisuja piirustuksissa. Vastaajilta kysyttiin myös, ovatko nämä kehittäneet itse ratkaisuja kohtaamiinsa ongelmiin. Viisi vastaajaa kertoi tehneensä näin. Ratkaisuksi esitettiin esimerkiksi karkean mallin tekemistä Teklassa, jonka jälkeen piirustukset otettiin ulos Teklasta, ja niiden muokkaamista jatkettiin AutoCADissa. Ratkaisuksi esitettiin myös projektikohtaisten asetusten tekemistä sekä ainemerkintöjen ja partmarkkien muokkaamista käsin.

Oletko kohdannut ongelmia korjausrakennemallin piirustusten luomisessa?

15 vastausta



Kuva 11. Piirustusten luomisessa ongelmia kohdanneiden määrä

Kyselyssä kysyttiin myös, ovatko vastaajat ilmoittaneet ongelmansa mallinnusteknologiatiimille. Vain neljä vastaaja kertoi ilmoittaneensa ongelmastaan. Ne vastaajat, jotka raportoivat ongelmastaan eteenpäin, saivat myös tiimiltä apua sen ratkaisuun. Mallinnusteknologiatiimin tarkoituksena on kehittää Swecon mallinnusteknologiaa ja auttaa tarvittaessa mallinnukseen liittyvissä ongelmatilanteissa. Tästä herääkin kysymys, ovatko mallintajat olleet tietoisia mahdollisuudestaan ilmoittaa ongelmistaan ja pyytää apua, jotta niihin voitaisiin kehittää ratkaisuja? Pitäisikö mallinnusteknologiatiimin lähestyminen tehdä helpommaksi mallintajien näkökulmasta? On kuitenkin mahdollista, että ongelman ollessa pieni ja työkiireen suuri, ongelma ratkottu itse, eikä käytetty aikaa ongelman eteenpäin viemiseen.

Viimeiset seitsemän kysymystä olivat keskenään samankaltaisia. Niissä kysyttiin, miten vastaajien mielestä tulisi erottaa vanha ja uusi rakenne tai materiaali toisistaan. Materiaaleja olivat tässä kontekstissa betoni, tiili, puu ja teräs. Rakenteista kysyttiin ylipääntään rakenteita sekä palkkia ja pilaria. Edellä mainittujen rakenteiden kohdalla vastaajien mielipiteet jakautuivat. Osan mielestä nämä rakenteet tulisi erottaa toisistaan viivapaksuuksien ja materiamerkintöjen avulla. Osa puolestaan ehdotti, että nykyiset rakenteet esitettäisiin harmaalla viivalla ja uudet mustalla sekä merkittäisiin lisäksi partmarkit hakasulkeisiin. Edellä mainittujen ohella ehdotettiin myös vanhan tavan esitystapaa, jossa alempi ja oikeanpuoleinen rakenteen viiva ovat paksumpia. Tämän lisäksi ehdotettiin RT-15-10849 muutos- ja korjausrakentamisen piirustukset-kortin mukaista toteutusta.

Betonimateriaalin kohdalla vastaajat ehdottivat ratkaisuksi esimerkiksi vanhan betonin merkitsemistä rasterimateriaalimerkinnän ja uuden betonin merkitsemistä harmaan värin avulla. Toiseksi ehdotettiin käytettäväksi vanhan betonin kohdalla niin kutsuttuja mikkihiirenkorvia ja uuden kohdalla betonimustausta. Kolmannen ehdotuksen mukaan vanhan betonin kohdalla ei käytettäisi lainkaan materiaalimerkintää ja uusi merkittäisiin puolestaan harmaalla täytöllä. Muiden materiaalin eli tiilen, puun ja teräksen kohdalla ehdottivat vastaajat vanhan materiaalin merkitsemistä harmaalla materiaalimerkinnällä ja uuden mustalla. Lisäksi merkintää voitaisiin selkiyttää käyttämällä erilaisia viivapak-suuksia sekä hyödyntämällä niiden läpinäkyvyyttä. Näistä vastauksista voidaan päätel-lä, että yhtenäinen toimintatapa on tarpeen, sillä muuten yrityksen sisällä luodaan erinäköisiä piirustuksia, vaikka tavoitteena on kuitenkin yhtenäiset piirustukset.

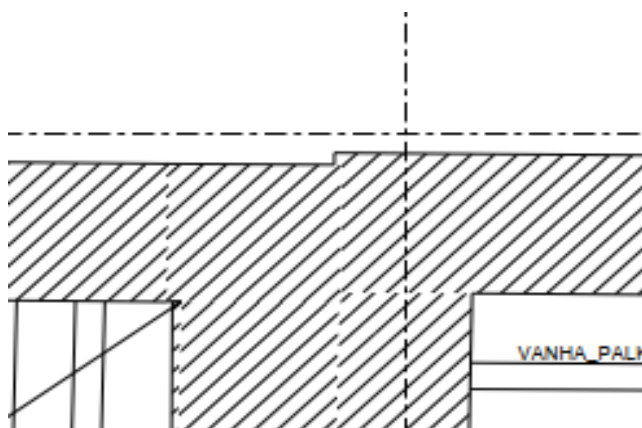
Eräänä tutkimustuloksen luotettavuuden ilmaisimena voidaan pitää kyselytutkimuksen vastausprosenttia. Vastausprosentti kertoo, kuinka moni kyselyyn valituista henkilöistä täytti ja lähetti lomakkeen. Nykyisten kyselytutkimuksien vastausprosentit ovat noin alle 50 %:n suuruisia [19]. Tässä työssä toteutettu kyselytutkimus lähetettiin 23 henkilölle ja siihen vastasi 15 henkilöä. Tästä saadaan vastaus prosentiksi $(15/23) * 100\% = 65,2\%$. Edellä mainitun perusteella voidaan päätellä, että toteutetun kyselytutkimuksen vas-taukset ovat varteenotettavia ja päteviä.

6 Korjausrakennuspiirustusten uudet esitystavat

Tässä opinnäytetyössä päätettiin keskittyä korjausrakennepiirustusasetusten luomi-seen Tekla-ympäristössä. Tätä työtä varten teetetty kysely osoitti, että vastaajilla on eniten haasteita juuri piirustusten kanssa. Haasteista suurimmat ovat korjauspuolen piirustusasetusten puuttuminen, erilaisten osien ja seinämateriaalien esitystapoihin liittyvät haasteet, sekä vanhan ja uuden rakenteen erottaminen toisistaan.

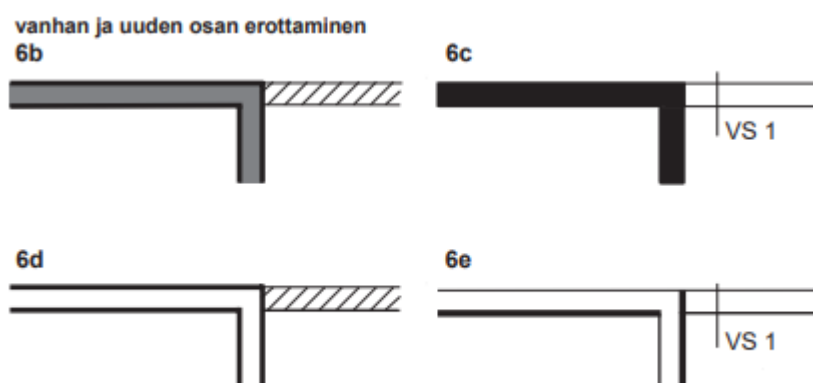
Seinämateriaaleihin liittyvistä haasteista on esimerkkinä aikaisemmin mainittu kuva neljä. Kuvan neljä ongelma ratkaistiin luomalla betonin materiaalikirjastoon uusi mate-riaali, jolle muokattiin tiilen materiaalimerkintä. Kyseinen materiaali nimettiin tiileksi. Tämän jälkeen jokainen objekti liitettiin samaan valuyksikköön. Valuyksikkö tulee eng-lanninkielen sanoista cast unit, sillä Tekla-ohjelmisto on englanninkielinen. Valuyksikkö on Tekla-ohjelmistossa oleva ominaisuus, jolla osoitetaan ohjelmalle, mitkä osat vale-taan yhdessä valussa. Tässä tilanteessa kyseisiä tiiliseiniä ei valettu, sillä ne ovat jo

olemassa, mutta edellä mainitut toimet saivat seinän näyttämään yhtenäiseltä piirustuksessa. Tämä on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Vanhan rakennuksen seinä.

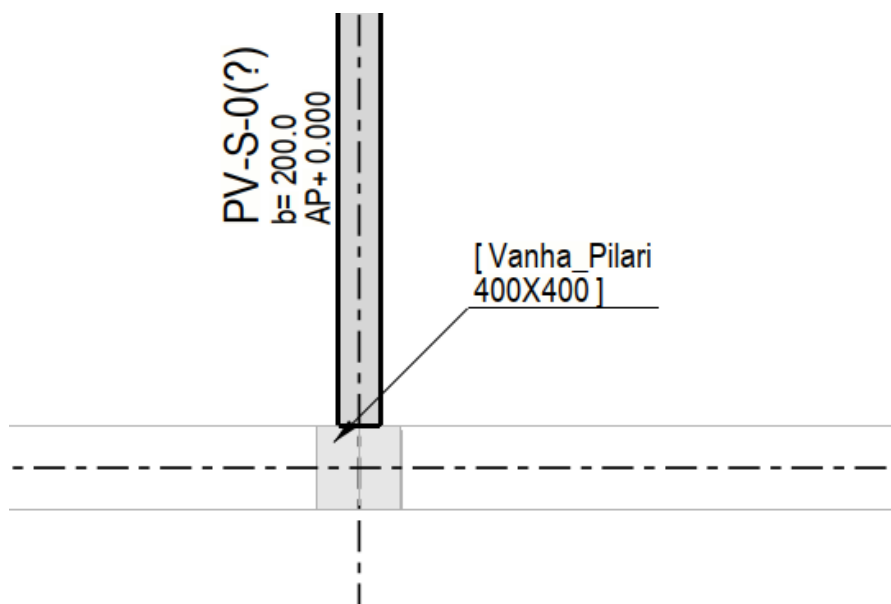
Kyselytutkimuksen vastaukset osoittivat, että mielipiteet vanhan ja uuden rakenteen erottamisesta jakoutuivat. Suurin osa vastaajista kannatti vanhaa merkintätapaa tai RT-15-10849-kortin mukaista merkintätapaa. Vanhalla merkintätavalla tarkoitetaan tässä kontekstissa AutoCAD-maailmasta tuttua tapaa, jossa piirustuksen jokaisen vanhan osan alempi ja oikeanpuolimmainen viiva on paksumpi. Tätä havainnollistetaan kuvan 13 kohdassa 6e. AutoCAD on siis piirustuksen tekemiseen suunnattu ohjelmisto. Tekla on puolestaan suunnattu lähinnä uudispuolen mallintamiseen, eikä sillä myöten kyetä luomaan yhtä vaikeita piirustusasetuksia muokkaamatta ensin ohjelman koodausta. Tässä opinnäytetyössä haluttiin kuitenkin keskittyä tekemään asetuksia Swecon oman käyttöliittymän tasolla, eikä täten muokata ohjelman omaa ohjelmistokoodia.



Kuva 13. RT-15-10849 mukainen ehdotus vanhan ja uuden osan erottamiseen. [20]

RT-kortin mukainen toteutustapa on myös haastava, sillä tämä ei esitä yhtä tiettyä tapaa, vaan ehdottaa neljää erilaista. Tämä on myös osoitettu kuvassa 13. Ne vastaajat, jotka ehdottivat kyseisen kortin mukaista toteutustapaa eivät tarkentaneet vastaustaan siitä, mikä kortissa ehdotetuista tavoista olisi paras.

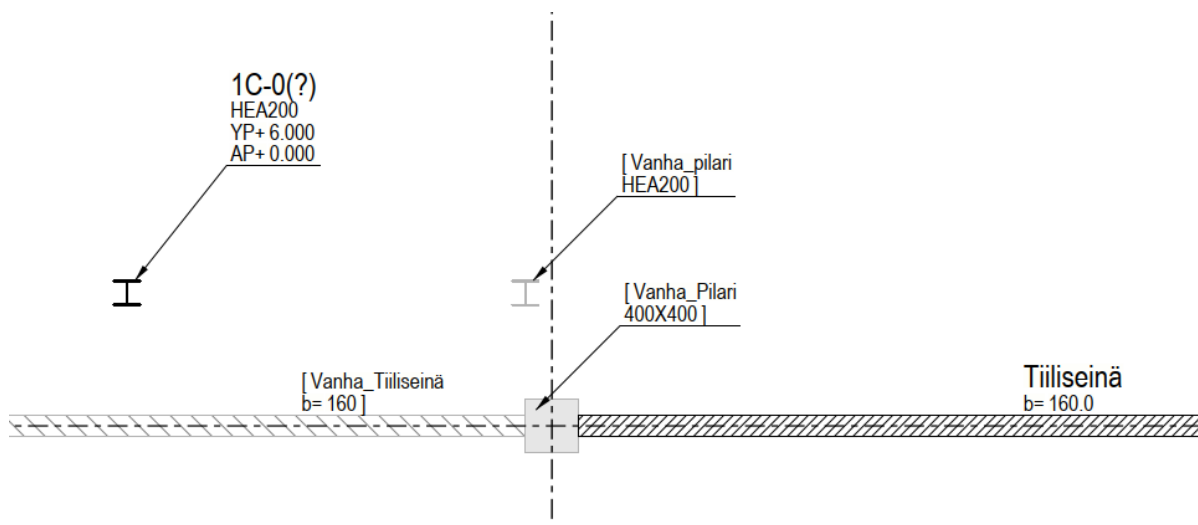
Koska selkeää RT-kortin tapaa ei ehdotettu, eikä vanhan merkintätavan mukainen toteutus ole mahdollinen, päätimme Swecon ohjaajien kanssa luoda edellä mainituista välimuodon. Vanhan merkintätavan mukaista tapaa ei Tekla-ohjelmistossa ole tois- taiseksi mahdollista toteuttaa, koska piirtyvän objektin yksittäistä viivaa ei ole mahdol- lista muokata. On vain mahdollista määrätä, millä värillä ja viivapaksuudella koko ob- jekti piirretään. Korjauspuolen piirustusasetuksissa päätettiin erottaa vanha ja uusi rakenne piirtämällä vanhojen rakenteiden ääriviivat paljon haaleammalla sävyllä kuin uusien. Tämä on esitetty kuvassa 14. Selkeyden vuoksi päätettiin betonin materiaali- merkinnäksi sekä vanhalle että uudelle rakenteelle betonimustaus, joskin vanhan ra- kenteen kohdalla tämä betonimustaus on hieman haaleampi. Betonimustaus tarkoittaa piirustuksissa osan täyttöä harmaalla värillä. Tämä myös näkyy kuvassa 14.



Kuva 14. Vanhan ja uuden betonirakenteen ero, sekä betonimustaus.

Myös teräksen kohdalla vanha rakenne piirtyy uusien asetusten myötä haaleammalla sävyllä. Lisäksi vanhan tiilen materiaalimerkintä poikkeaa hieman uuden tiilen merkin- nästä. Vanhan tiilen merkinnän viivat ovat kallistuneet eri suuntaan, ja ovat väljemmät

ja haaleammat uuden tiilen merkintään verrattuna. Nämä muutokset on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Vanhan ja uuden teräksen sekä tiilen erot.

Jotta piirustukset saatiin näyttämään kuvien 14 ja 15 mukaisilta, tuli Teklan materiaali-kirjastoihin luoda uudet materiaalit. Näin tehtiin sekä betonille, teräkselle että tiilelle, jotta näiden materiaalimerkinnot piirtyisivät oikein. Tämän lisäksi luotiin piirustus pohja, joka piirtää tiettyjen objektien class-asetusten perusteella piirustuksiin eri värisiä viivoja. Näiden viivojen värien perusteella Teklan ohjelmisto tulostaa viivat harmaan erisävyisinä, mikä saa aikaan kuvissa 14 ja 15 näkyvät erot. Edellä mainitut objektien class-asetukset ovat yrityksen määrittämiä rakennusosan numeroita. Näitä ovat esimerkiksi vanha pilari ja tämän numero voi olla mikä tahansa nollan ja 999 välillä. Samojen class-asetusten perusteella ohjelma osaa kirjoittaa vanhojen rakenteiden osamerkinnot hakasulkeisiin. Osamerkintöjen hakasulkeet eivät kuitenkaan ole ainoita class-asetusten ominaisuuksia. Näiden asetusten avulla voidaan osamerkinnot muokata näyttämään tiettyä tietoa tietystä osasta. Esimerkiksi pilarista saadaan näkyviin sen koko sekä numero, kun taas palkista saadaan näkyviin edellä mainittujen lisäksi sen korkotaso. Edellä mainitun perusteella onkin tärkeää jo mallinnusvaiheessa osoittaa vanhoille rakenteille oikeat materiaalit ja class-numerot, jotta nämä piirtyvät oikein ja osamerkinnot ovat oikein.

Kyseinen piirustus pohja tehtiin Swecon mittapiirustus pohjaa hyväksi käyttäen ja nämä asetukset tallennetaan Swecon omaan Tekla-ympäristöön, jossa ne ovat nyt kaikkien saatavilla. Opinnäytetyön aikana piirustus pohjaan luotiin yleisimmät materiaalit ja osa-

merkinnät. Piirustus pohjaa onkin tarkoitus kehittää jatkossakin esimerkiksi lisäämällä omia asetuksia myös leikkauspiirustuksille.

7 Yhteenveto

Tämä opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää tietomallintamista korjausrakennesuunnittelussa. Opinnäytetyön päätavoitteeksi muodostui Swecon korjausrakennusmallintamisen haasteiden kartoittaminen ja korjausrakennepiirustusasetusten luominen Tekla-ohjelmistoon. Uudet asetukset luotiin suoraan Swecon omaan Tekla-ympäristöön, jotta ohjelmiston omaa koodia ei tarvitsisi muokata. Teklan käyttöön liittyvät haasteet kartoitettiin verkkokyselynä, joka toteutettiin Google Forms-työkalun avulla. Opinnäytetyön teoriataustan muodostivat Suomen korjausrakentamisen nykytilanne ja sen tulevaisuus, tietomallintaminen, tietomallintamisen historia ja tulevaisuus sekä piirustuksien kehittyminen ja AutoCAD-ohjelmiston vaikutus näihin.

Kyselyssä oli yhteensä 34 kysymystä, ja siihen vastasi 15 henkilöä. Kyselyn pääteemoina olivat haasteet korjausrakentamisenmallintamisessa ylipäätään, haasteet pistepilvi- ja inventointimallien kanssa sekä haasteet piirustuksien tuottamisessa. Vastaajilta kysyttiin myös heidän mielipiteitään piirustuksien eri osien esittämisen oikeellisuuteen liittyvissä asioissa. Samalla kysyttiin, ovatko vastaajat yrittäneet pyytää apua Swecon mallinnusteknologiatiimiltä, tai ovatko vastaajat kehittäneet itse ratkaisuja kohtaamiinsa haasteisiin.

Kyselyn tuloksista kävi ilmi, että suurimmat haasteet liittyivät piirustusten tuottamiseen. Samalla muita pienempiä haasteita tuli esille muun muassa korjausrakentamisessa yleisesti käytettävien ratkaisujen kanssa sekä pistepilvi- ja inventointimallien kanssa. Vastauksista kävi myös ilmi, että mallinnusteknologiatiimin apua ei välttämättä aina osattu kysyä. Piirustuksien osien oikeelliseen esittämiseen tuli paljon perusteltuja mielipiteitä, joiden pohjalta uudet piirustusasetukset luotiin.

Kyselytulosten pohjalta saatiin muodostettua käsitys siitä, millaisia asetuksia ja näiden asetusten avulla saatavia piirustuksia tulisi tehdä. Piirustusasetukset luotiin tekemällä uusia materiaaleja Tekla-ohjelmiston materiaalikirjastoon sekä muokkaamalla Swecon olemassa olevia piirustusasetuspohjia aiempaa sopivammiksi. Tulokseksi saatiin piirus-

tuksia, jotka vastasivat tämän opinnäytetyön tavoitteita. Uudet asetukset tullaan vie-
mään kaikille mallintajille saataviksi Swecon Tekla-ympäristöön.

Opinnäytetyöprosessin loppuvaiheessa havaittiin, että kyselyä olisi voinut muokata
enemmän piirustuksia käsitteleväksi, sillä esimerkiksi leikkauspiirustuksien esitystavat
jäivät vielä tarkistamatta. Tämän opinnäytetyön kontekstissa ei siis käynyt lainkaan ilmi,
kuinka viivat, piirustusmerkinnät sekä erilaisten objektien osamerkinnät tulisi leikkaus-
piirustuksissa esittää. Leikkauspiirustusten omia piirustusasetuksia voidaan kuitenkin
kehittää jatkossakin, ja se voisi itsessään olla uusi aihe toiselle opinnäytetyölle.

Edellä kuvatun perusteella opinnäytetyölleni asetetut tavoitteet onnistuttiin saavutta-
maan. Korjauspuolen mallintamisongelmat kartoitettiin ja uudet piirustusasetukset luo-
ttiin halutulla tavalla. Näitä asetuksia tullaan jatkossa käyttämään jokaisessa Swecon
korjausrakennusmallintamiseen keskittyvässä työryhmässä. Asetukset tulevat nopeut-
tamaan monen mallintajan työtä. Opinnäytetyön aikana suoritettua kyselytutkimusta
voidaan jatkossakin hyödyntää tietomallintamisen haasteiden kehittämiseen tai saman-
kaltaisessa opinnäytetyössä lähdemateriaalina.

Lähteet

1. Korjausrakentaminen. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <<https://www.stat.fi/meta/kas/korjausrakentam.html#tab1>>. Luettu 8.12.2020.
2. Rakennusyritysten rakennuksiin kohdistuvien korjausrakoiden arvo oli 3,5 miljardia euroa vuonna 2019. 2020. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <http://www.stat.fi/til/kora/2019/03/kora_2019_03_2020-12-10_tie_001.fi.html>. 10.12.2020. Luettu 18.01.2021.
3. Täydennysrakentaminen. 2019. Verkkoaineisto. Sanastot. <<https://sanastot.suomi.fi/concepts/fafe61f1-b9e5-455b-8d1f-bc09d19e5583/concept/53da6d86-630b-485b-a9d3-5b26eeb8fed3?q=t%C3%A4ydennysra>>. Päivitetty 24.01.2019. Luettu 19.01.2021.
4. Korjaustarpeet ja kustannukset, perustietoja. Verkkoaineisto. Rakennusteollisuus. <<https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Korjausrakentaminen1/Rakennuskanta/>>. Luettu 20.01.2021.
5. Korjausvelka. Verkkoaineisto. Rakennusteollisuus. <<https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Korjausrakentaminen1/Korjausvelka/>>. Luettu 03.02.2021.
6. Mitä on BIM?. Verkkoaineisto. Tekla. <<https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/mit%C3%A4-bim>>. Luettu 08.02.2021.
7. A Brief History of BIM. 2012. Verkkoaineisto. Archdaily. <<https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>>. 07.12.2012. Luettu 10.02.2021.
8. Constructive solid geometry. Verkkoaineisto. Constructive Solid Geometry <<https://pages.mtu.edu/~shene/COURSES/cs3621/NOTES/model/csg.html>>. Luettu 17.02.2021.
9. Boundary representation. Verkkoaineisto. Boundary representation. <<https://pages.mtu.edu/~shene/COURSES/cs3621/NOTES/model/b-rep.html>>. Luettu 17.02.2021.
10. About. Verkkoaineisto. Tekla. <<https://www.tekla.com/about/about>>. Luettu 17.02.2021.
11. Rajala, Marko. 2017. Tietomallintaminen korjausrakentamisessa, Rakentajan kalenteri 2017. Verkkoaineisto. Rakennustieto. <https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/rakentajain_kalenteri/S1zXl21aF/Rajala_tietomallintaminen.pdf>. Luettu 26.02.2021.

12. Joala, Vahur. 2006. Laserkeilauksen perusteita ja mittauksen suunnittelu. Verkkoaineisto. Vahur Joala. <<https://drive.google.com/file/d/0B3MfAq-wXowIN2Q4MzJIYjktZTA5Ni00ZGMvLTlkOWUtNTQzMdlwZTI3NDVm/view>>. 30.11.2006. Luettu 26.02.2021.
13. ESITYSTAPAOHJEET Rakennepiirustukset. 1997. RT 15-10635. Rakennustieto. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2015-10635>>. Luettu 28.02.2021.
14. Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 216/2015. 2015. Rakentamismääräyskokoelma. <[Ympäristöministeriön asetus rakentamista... 216/2015 - Ajantasainen lainsäädäntö - FINLEX ®](#)>. 12.3.2015. Luettu 02.03.2021.
15. Чертеж (Piirustus). Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://ru.wikipedia.org/wiki/Чертеж>>. Päivitetty 26.02.2021. Luettu 02.03.2021.
16. Tekninen piirtäminen. Verkkoaineisto. Wikipedia. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Tekninen_piirt%C3%A4minen>. Päivitetty 28.03.2017. Luettu 02.03.2021.
17. A Brief History of AutoCAD. 2014. Verkkoaineisto. Scan2CAD. <<https://www.scan2cad.com/tips/autocad-brief-history/>>. 05.01.2014 Luettu 03.03.2021.
18. Rakennetun omaisuuden tila 2021, korjausvaje kasvaa kaikilla osa-alueilla. ROTI 2021 raportti. Suomen Rakennusinsinöörien liitto. <https://www.ril.fi/media/2021/vaikuttaminen/roti2021_low.pdf>. 18.02.2021. Luettu 03.03.2021.
19. Vehkalahti, Kimmo. 2014. Kyselytutkimuksen mittarit ja menetelmät. Verkkoaineisto. Helsingin yliopisto. <<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/305021/Kyselytutkimuksen-mittarit-ja-menetelmat-2019-Vehkalahti.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Vuoden 2019 pdf julkaisu. Luettu 17.03.2021.
20. Muutos- ja korjausrakentamisen piirustukset. 2005. RT 15-10849. Rakennustieto. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2015-10849?external_system=Juha&page=1>. Luettu 22.03.2021.
21. Tietoa Swecosta. Verkkoaineisto. Sweco. <<https://www.sweco.fi/tietoa-swecosta/>>. Luettu 25.03.2021.
22. Sweco Rakennetekniikka. Verkkoaineisto. Sweco. <<https://www.sweco.fi/palvelumme/Rakennetekniikka/>>. Luettu 25.03.2021.

23. Fotogrammetria. Verkkoaineisto. Tietoa. <<https://tietoa.fi/palvelut/luotettavat-lahtotiedot/fotogrammetria/>>. Luettu 14.04.2021.
24. Fotogrammetria. Verkkoaineisto. 3D Talo. <<https://3dtalo.fi/fotogrammetria/>>. Luettu 14.04.2021.

Kysely

12.3.2021

Tietomallintamisen kehittäminen korjausrakennesuunnittelussa

Tietomallintamisen kehittäminen korjausrakennesuunnittelussa

*Pakollinen

1. Työasemasi *

Esim. Rakennesuunnittelija, Projektipäällikkö

2. Kauanko olet työskennellyt Tekla Structures -ohjelman parissa? *

Merkitse vain yksi soikio.

0-1 v

1-2v

3-4v

Yli 4v

3. Oletko kohdannut ongelmia korjausrakennesuunnittelussa? *

Merkitse vain yksi soikio.

Kyllä *Siirry kysymykseen 4*

Ei *Siirry kysymykseen 7*

4. Millainen ongelma oli? *

https://docs.google.com/forms/d/1bRE4IHVOeuovyYR-ybcdkoD0cd_YBx1-23LleM_PjIU/edit

1/9

12.3.2021

Tietomallintamisen kehittäminen korjausrakennesuunnittelussa

5. Oletko saanut ongelmaan ratkaisua? *

Merkitse vain yksi soikio.

- Kyllä Siirry kysymykseen 6
 Ei Siirry kysymykseen 7

6. Miten ongelman ratkaistiin? *

7. Oletko hyödyntänyt muiden osapuolien luomia malleja tai pistepilviä korjausrakennusmallintamistyössäsi? *

Merkitse vain yksi soikio.

- Kyllä
 Ei

8. Oletko kohdannut ongelmia muiden osapuolien luomien mallien tai pistepilvien hyödyntämisessä? *

Merkitse vain yksi soikio.

- Kyllä Siirry kysymykseen 9
 Ei Siirry kysymykseen 13

https://docs.google.com/forms/d/1bRE4IHVOeuovyYR-ybdkoD0cd_YBx1-23LleM_PjIU/edit

2/9

12.3.2021

Tietomallintamisen kehittäminen korjausrakennesuunnittelussa

9. Millaisia ongelmia olet kohdannut muiden osapuolien mallien hyödyntämisessä? *

10. Onko ongelma ratkaistu? *

Kuvaile ratkaisua

11. Millaisia ongelmia olet kohdannut pistepilvien hyödyntämisessä? *

12. Onko ongelma ratkaistu? *

Kuvaile ratkaisua

https://docs.google.com/forms/d/1bRE4IHVOeuovyYR-ybdkoD0cd_YBx1-23LleM_PjIU/edit

3/9

12.3.2021

Tietomallintamisen kehittäminen korjausrakennesuunnittelussa

13. Oletko kohdannut ongelmia korjausrakennusmallin muuntamisessa toiseen tiedostomuotoon? *

esim. IFC

Merkitse vain yksi soikio.

Kyllä *Siirry kysymykseen 14*

Ei *Siirry kysymykseen 16*

14. Millainen ongelma oli? *

15. Oletko saanut ongelmaan ratkaisua? *

Kuvaile ratkaisua

16. Millaista tietoa haluaisit siirtyvän korjausrakennemallista tiedostomuunnoksen yhteydessä? *

esim. kun muuttaa IFC muotoon

Nimetön osio

https://docs.google.com/forms/d/1bRE4IHVOeuovyYR-ybdckoD0cd_YBx1-23LleM_PjIU/edit

4/9

12.3.2021

Tietomallintamisen kehittäminen korjausrakennesuunnittelussa

17. Onko työskentelytiimissäsi käytössä omat korjausrakennepiirustusasetukset Teklassa? *

Merkitse vain yksi soikio.

- Kyllä Siirry kysymykseen 18
 Ei Siirry kysymykseen 19

18. Onko näitä asetuksia pyritty viemään Swecon Tekla-ympäristöön? *

Tai esim. mallinnusteknologian ryhmälle

Merkitse vain yksi soikio.

- Kyllä Siirry kysymykseen 20
 Ei Siirry kysymykseen 20

Siirry kysymykseen 20

19. Millä asetuksilla olet tehnyt korjausrakennemallin piirustuksia? *

20. Oletko kohdannut ongelmia korjausrakennemallin piirustusten luomisessa? *

Merkitse vain yksi soikio.

- Kyllä Siirry kysymykseen 21
 Ei

https://docs.google.com/forms/d/1bRE4IHVOeuovyYR-ybdkoD0cd_YBx1-23LleM_PjIU/edit

5/9

12.3.2021

Tietomallintamisen kehittäminen korjausrakennesuunnittelussa

21. Millainen ongelma oli? *

22. Oletko saanut kohtaamaasi ongelmaan ratkaisua? *

Merkitse vain yksi soikio.

Kyllä

Ei

23. Oletko ilmoittanut ongelmastasi mallinnusteknologian tiimille? *

Merkitse vain yksi soikio.

Kyllä

Ei

24. Löytyikö tiimillä ratkaisu ongelmaasi? *

Merkitse vain yksi soikio.

Kyllä

Ei

25. Oletko kehittänyt itse ratkaisun edellä mainittuun tai muuhun korjausrakennemallintamiseen liittyvään ongelmaan? *

Merkitse vain yksi soikio.

Kyllä *Siirry kysymykseen 26*

Ei

https://docs.google.com/forms/d/1bRE4IHVOeuovyYR-ybdkoD0cd_YBx1-23LleM_PjIU/edit

6/9

12.3.2021

Tietomallintamisen kehittäminen korjausrakennesuunnittelussa

26. Kuvaile kehittämäsi ratkaisu. *

27. Oletko kertonut kehitysideasi eteenpäin? *

Merkitse vain yksi soikio.

Kyllä

Ei

Nimetön osio

28. Millä tavalla mielestäsi pitäisi erottaa nykyinen ja uusi rakenne Teklasta saatavissa piirustuksissa? *

29. Millä tavalla mielestäsi pitäisi erottaa nykyinen ja uusi palkki Teklasta saatavissa piirustuksissa? *

https://docs.google.com/forms/d/1bRE4IHVOeuovyYR-ybdkoD0cd_YBx1-23LleM_PjiU/edit

7/9

12.3.2021

Tietomallintamisen kehittäminen korjausrakennesuunnittelussa

30. Millä tavalla mielestäsi pitäisi erottaa nykyinen ja uusi pilari Teklasta saatavissa piirustuksissa? *

31. Millä tavalla mielestäsi pitäisi erottaa nykyinen ja uusi betoni materiaali Teklasta saatavissa piirustuksissa? *

32. Millä tavalla mielestäsi pitäisi erottaa nykyinen ja uusi tiili materiaali Teklasta saatavissa piirustuksissa? *

33. Millä tavalla mielestäsi pitäisi erottaa nykyinen ja uusi puu materiaali Teklasta saatavissa piirustuksissa? *

https://docs.google.com/forms/d/1bRE4IHVOeuovyYR-ybdkoD0cd_YBx1-23LleM_PjiU/edit

8/9

12.3.2021

Tietomallintamisen kehittäminen korjausrakennesuunnittelussa

34. Millä tavalla mielestäsi pitäisi erottaa nykyinen ja uusi teräs materiaali Teklasta saatavissa piirustuksissa? *

Kiitos vastauksistasi! Mikäli heräsi kysyttävää tai lisättävää ota yhteyttä!

Alexander Smesov

alexander.smesov@sweco.fi

Google ei ole luonut tai hyväksynyt tätä sisältöä.

Google Forms

https://docs.google.com/forms/d/1bRE4IHVOeuovyYR-ybdkoD0cd_YBx1-23LleM_PjIU/edit

9/9