

Sami Köngäs

3D-mallin käyttö prosessijäähdytys-putkiurakassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari, LVI (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

04.11.2018

Tekijä Otsikko	Sami Köngäs 3D-mallin käyttö prosessijäähdytys-putkiurakassa
Sivumäärä Aika	25 sivua + 2 liitettä 4.11.2018
Tutkinto	rakennusmestari, LVI (AMK)
Tutkinto-ohjelma	rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine	LVI-tekniikka
Ohjaajat	Lehtori Aamos Lemström Lehtori Jyrki Viranko
<p>Tämän tutkielman tavoitteena on kertoa, miten 3D-mallin käyttö on yleistynyt työmaalla ja miten sen hyödyntäminen onnistuu teollisuusrakentamisessa. Työn alussa käsitellään tietokoneavusteisten malliohjelmistojen historiaa ja kehitystä. Tämän jälkeen työssä käydään läpi teoriaa prosessijäähdytyksestä.</p> <p>Työn tärkein osuus on referenssityömaa (Inex PTDC logistiikkakeskus) ja sen mukana tuomat haasteet. Lisäksi työssä on haastateltu työmaan johtoon osallistuvia henkilöitä ja tehty tutkimus työmaaohjelmien näkemyksistä 3D-mallin käytettävyyden ja osaamisen suhteen.</p> <p>Työn lopussa on pohdintaa miksi 3D-mallin läpimurto ei ole vielä tapahtunut ja mistä syistä tämä johtuu. Kyselytutkimuksen tulosten vahvistama hypoteesi koulutuksen riittämättömydestä on myös käsitelty työssä. Näihin ongelmiin on listattu ratkaisuja työn lopussa.</p>	
Avainsanat	3D-malli, LVI-suunnittelu, CAD, työmaaohjohto, prosessijäähdytys

Author Title	Sami Kögäs 3D-models usage on process cooling industrial construction site
Number of Pages Date	25 pages + 2 appendices 4 November 2018
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Program	Construction Site Management
Professional Major	HVAC Engineering
Instructors	Aamos Lemström, Lecturer Jyrki Viranko, Lecturer
<p>The purpose of this study is to describe how the use of 3D-models on construction sites have become more common and how to utilize them in industrial construction. The first part of the study goes through the history and development of computer-aided modelling software. This followed by a theoretical section of process cooling. The most crucial part of this study is a reference construction site (Inex PTDC logistics center) and the challenges brought up by it.</p> <p>In addition, people from site management have been interviewed for this study, surveying the site management's know-how and their views on the usability of 3D-models. The last part of this study discusses on why breakthrough of 3D modelling has not happened yet. The hypothesis of insufficient education, which was confirmed by the interview is also discussed. A list of possible solution to these problems is in the end of the study.</p>	
Keywords	3d-model, construction, bachelor of construction management

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kirjallisuusselvitys	3
2.1	Yleistä 3D-mallinnuksesta	3
2.1.1	Building Information Modelling	3
2.1.2	3D-mallinnuksen historia ja kehitys	4
2.1.3	Ohjelmistot ja niiden kehitys	7
2.1.4	3D-mallinnus talotekniikassa	12
2.2	Teollisuusrakentaminen	12
2.3	Kylmätekniikan perusteet	13
2.4	Periaate	13
2.5	Kylmäaineet	15
3	Tapaustutkimus – INEX	16
3.1	Hankeen aloitus	16
3.2	Työmaan eteneminen	16
3.3	Käyttöönotto ja työmaan valmistuminen	17
4	Tutkimusmenetelmät	17
4.1	Kirjallisuuskatsaus (Literature review)	17
4.2	Single-case study eli tapaustutkimus	18
4.3	Kyselytutkimus	18
4.3.1	Kyselytutkimuksen lähtökohdat	18
4.3.2	Yleistä tutkimuspopulaatiosta ja metodeista	19
4.3.3	Koulutus	20
4.3.4	3D-malli- ja mallinnusohjelmien käyttö	21
4.3.5	Johtopäätökset	22
5	Yhteenveto	23
	Lähteet	24
	Liitteet	

Liite 1. Kyselytutkimus

Liite 2. Aloittelijan opas

Lyhenteet ja termit

2D-malli	Tarkoittaa kahta ulottuvuutta työstettävästä kohteesta, korkeus ja leveys
3D-malli	Tietokoneavusteinen kolmiulotteinen malli työstettävästä kohteesta
BIM	Buildin information modelling eli tietomallinnus
CAD	Computer -aided Desing, tietokoneavusteinen suunnittelu
CNC	Computerised Numerical Control, tietokoneistettu numeerinen ohjaus
IBM	International Business Machines, teknologiayritys
IFC	Industry Foundation Classes, suunnitteluohjelmistojen tiedostomuoto
PTDC	Distribution Center – Päivittäistavara
SDCR	Structural Dynamics Corporation – Mekaaniseen tietokonesuunnitteluun erikoistunut yritys
SMC	Solibri Model Checker, tietomallien tarkastustyökalu
SMV	Solibri Model Viewer, SMC tiedostojen tarkasteluohjelma
SDCR	Structural Dynamics Research Corporation, mekaaniseen tietokoneavusteiseen suunnitteluun erikoistunut yritys
Tietomalli	Rakennusprosessin yhtenäinen kokonaisuus

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö käsittelee 3D-mallin käyttöä prosessijäähdytys-putkiurakassa. Aihe syntyi Porin teollisuusputken halutessa selvittää, voisiko 3D-mallia hyödyntää prosessijäähdytys putkiurakassa ja teollisuusrakentamisessa. Aiheeseen päätymistä helpotti myös se, että aihe kiinnostaa, ja huomasin itse, että 3D-malleja käytetään työmailla jokseenkin vähän ontuen joko koulutuksen puutteesta tai jostain muusta syystä.

Ensimmäisenä aloitin työni tutustumalla Solibi Model Viewer ohjelmaan ja teetin kyselyn kysely.net-sivustoa hyväksikäyttäen. Kyselyyn vastasi niin oman työmaani henkilöstöä kuin myös omaan verkostooni kuuluvia työmaan johtotehtävissä työskenteleviä rakennus- ja putkialan ammattilaisia. Tutustuin myös itse 3D-mallinnuksen käyttöön Inex Partnersin logistiikkakeskuksen työmaalla.

3D-malli tarkoittaa tietokoneen ruudulla kolmiulotteista kuvaa työstettävästä, joka tässä tapauksessa on prosessijäähdytysputkisto. 3D-malli toimii tuotteen tai teoksen hahmotamisen apuna ja sen tarkoituksena on tuoda kaikkien suunnittelijoiden suunnitelmat yhdeksi kolmiulotteiseksi malliksi. Tässä tutkimuksessa kartoitetaan 3D-mallin käyttöä työmaaolosuhteissa.

Tämä tutkimus vastaa kysymyksiin, onko 3D-mallin käytöstä hyötyä työmaalla, koe taanko se tarpeellisenä ja kokevatko työntekijät koulutuksen olevan riittävä 3D-mallin käyttöön. Tutkimuksen hypoteesina on, että 3D-mallin läpimurto ei ole vielä tapahtunut työmaa oloissa. Tutkimus rajautuu tietokoneavusteisen 3D-mallintamisen kehittymiseen (kirjallisuustutkimus), kyselytutkimukseen ja tapaustutkimukseen (Inex PTDC).

Työn tavoitteena on selvittää, voisiko 3D-mallia hyödyntää teollisuusalalla ja eritoten prosessijäähdytysputkisto-urakassa entisestään ja koota miten 3D-mallia voidaan hyödyntää tehokkaammin.

Opinnäytetyössä käsitellään ensimmäiseksi yleisesti 3D-mallinnusta ja historiaa, tarkemmin 3D-mallin historiaa LVI-alalla, sillä on hyvä tietää, mistä on tultu nykyhetkeen 3D-mallinnuksessa. Seuraavaksi käydään läpi teollisuusrakentamista ja eritoten tapaustutkimuskohdetta, pääpaino työssä on prosessijäähdytysputki-urakassa. Työn lopussa

käyn läpi ja analysoin kyselynetissä teettämäni kyselyn tulokset ja olen koonnut liitteeksi yksinkertaisen ensikertalaisen käyttöoppaan SMW:n käyttöön.

2 Kirjallisuusselvitys

Kirjallisuusselvitys luo taustaa tutkimukselle. On tärkeää ymmärtää, miten ja miksi 3D-malli on kehitetty, jotta sen vaikeuksia työmaalla kyetään tiedostamaan. Siinä missä 2D-mallin kaupallistuminen on ollut nopeaa, on 3D-malli jäänyt edelleen vain toimistoihin – ainakin osittain. Ohjelmistojen kehitys selittää siis osaltaan syitä siihen, että monet yritykset eivät vielä koe 3D-mallin käyttöä omakseen. Kirjallisuusselvityksessä käydään läpi myös teollisuusrakentamisen perusteita, eritoten kylmäjäähdytysprosessin osalta.

2.1 Yleistä 3D-mallinnuksesta

3D-mallinnus on kehittynyt viimeisten 30 vuoden aikana merkittävästi. Puhuttaessa 3D-mallinnuksesta tulee erottaa se 3D-mallista, joka on lopullinen 3D-mallinnuksen tuotos. Lisäksi 3D-mallinnus sekoitetaan tietomallinnukseen, joka on kuitenkin eri asia. Tietomalli on 3D-malleista muodostuva kokonaisuus, joka sisältää enemmän informaatiota kuin 3D-malli. Karkeana esimerkkinä 3D-mallissa näkyy kiviseinä, tietomallissa näkyy kiviseinä ja kyseisen kiviseinän tiedot. Tietoja voivat olla esimerkiksi eristemateriaalien tiedot ja seinän paksuus. (Hamil 2011.)

2.1.1 Building Information Modelling

Tietomallinnus eli BIM on rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Kolmiulotteisen tietomallin tarkoituksena on koota kaikki tarvittavat eri osa-alueiden tiedot yhteen nopeuttaakseen rakennusprosessia. Tietomallissa on siis koottu kaikki rakennusprosessin eri vaiheet yhdeksi kokonaisuudeksi. Rakennusprosessin eri vaiheita ovat esimerkiksi arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikka-suunnittelu. Tietomalliin voidaan myös sisällyttää rakennuksen huoltoon liittyvää informaatiota, jota pystytään käyttämään rakennuksen huoltoon liittyvissä asioissa. (Dispenza 2010.)



Kuva 1. Tuotemallitieto rakennusprosessissa pysyy mukana koko rakentamisen ajan jopa huoltotöihin saakka (Romo 2005)

Perinteiseen dokumenttipohjaiseen projektiin verrattuna dokumentit eivät ole hajallaan vaan koottuna yhdessä mallissa ja dokumentteja voidaan tulostaa ja hyödyntää yksitellen kutakin kerrallaan sitä tarvittaessa (kuva 1). Dokumentin sisältö voidaan sovittaa vastaamaan kunkin henkilön tarpeita. esimerkiksi työvaihekohtaiset piirustukset ja havainnekuvat on helppo riisua ylimääräisistä työvaiheista ja näin helpottaa kuvan lukemista. (Tietomallinnus 2018.)

2.1.2 3D-mallinnuksen historia ja kehitys

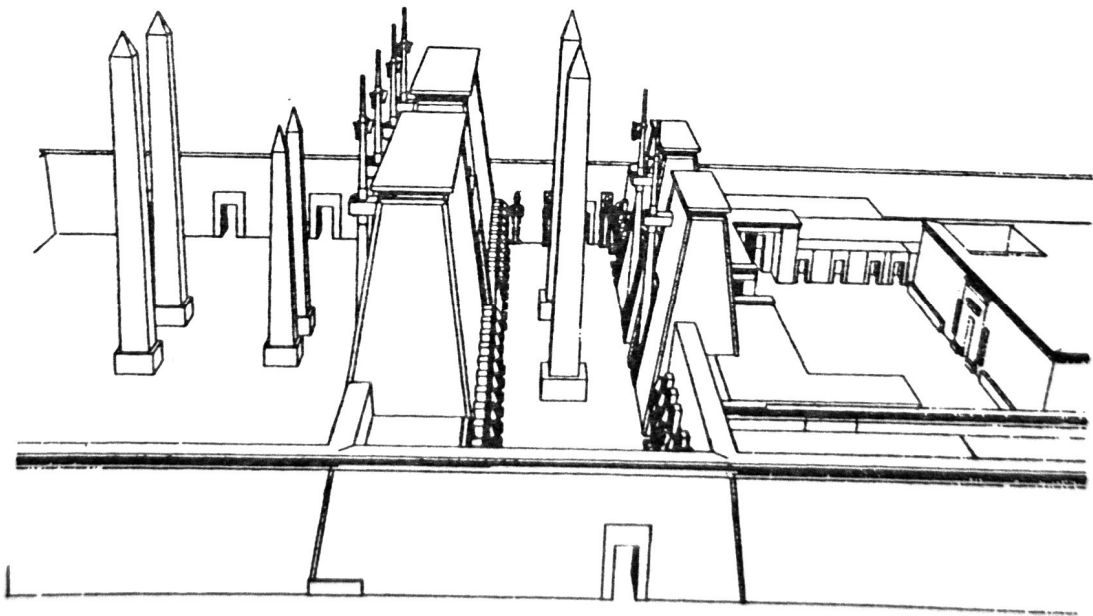
Pienoismallien käyttö on osa 3D-mallitekniikkaa, ja pienoismallit ovat olleet käytössä jo ajan laskumme alusta. Vanhimmat kolmiulotteiset mallit ovat ajalta 4600 e.Kr. Tiettävästi vanhin malli, jota on käytetty rakentamisessa, on 1500-luvulla Firenzen katedraalia rakennettaessa (kuva 2). (Astbury 2010.)



Kuva 2. Firenzen katedraalin pienoismalli (Astbury 2010)

Vielä 1970-luvulla lähes kaikki mallit piirrettiin konttorilla käsin lyijykynällä ja viivoittimella. Jo siihen aikaan oli satunnaisia 2D-malliohjelmia, jotka kuitenkin olivat kalliita ja alkeellisia, minkä syynä oli sen aikaisen elektroniikan kehittymättömyys. Silloin ajatusmaailma oli korvata 2D-kuva paperilta tietokoneen näytölle. Vuonna 1977 perustettu Dassault Systemes yhtiö alkoi kehittämään täysin tietokoneavusteista 3D-suunnittelua. (Pletinckx 2014.)

Tietokoneistettua 3D-mallinnusta on alettu käyttämään 1980-luvulla. Yksi ensimmäisistä 3D-malliohjelmien käyttäjistä oli Robert Vargineux, joka työskenteli arkeologina Egyptissä 1985. Hän käytti 3D-mallinnusta tehdäkseen virtuaalisen mallin Amon-Re-temppelistä Karnakissa perustuen arkeologisiin etsintöihin (kuva 3). (Pletinckx 2014.)



Kuva 3. Amon-Re-temppelin suunnittelu (Pletinckx 2014)

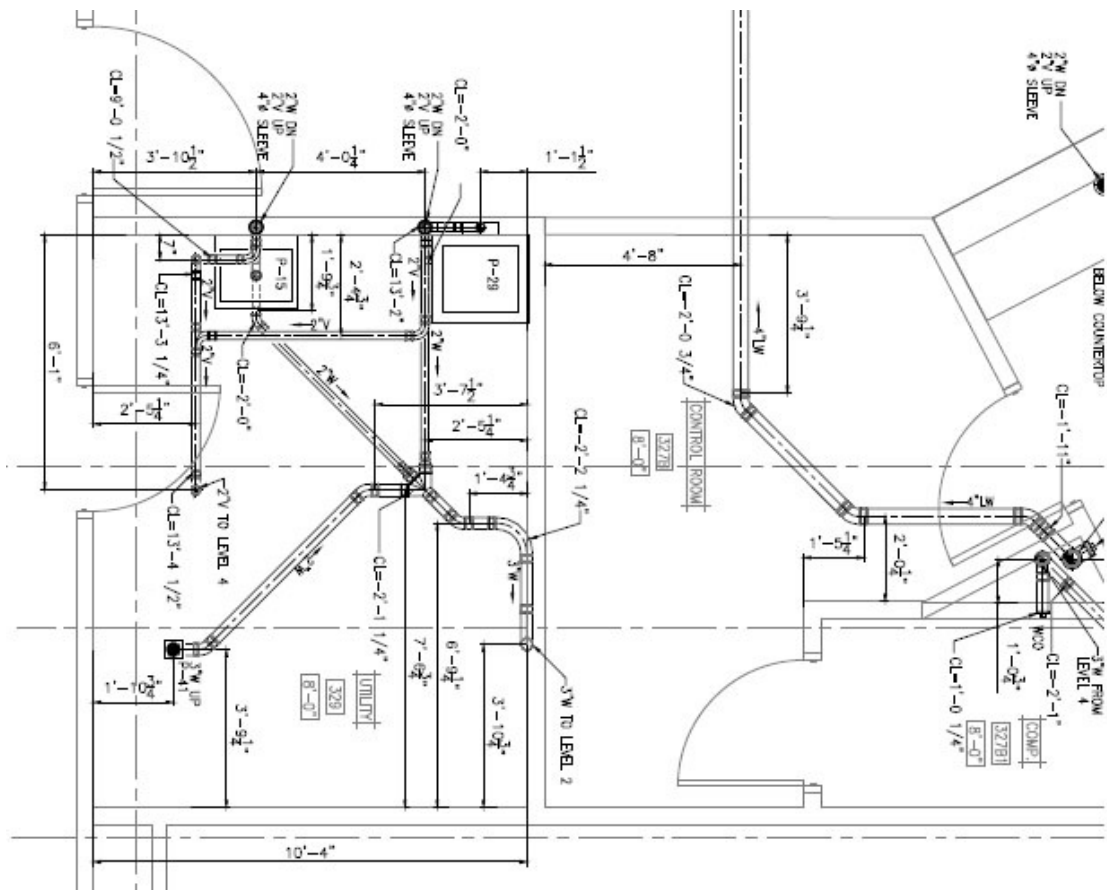
Ensimmäistä kertaa tietokoneavusteista ohjelmaa käytettiin vuonna 1992 Clunyn kirkon rakentamisessa Ranskassa. Tämän jälkeen 3D-mallinnus on ottanut isoja harppauksia aina nykypäivään asti (kuva 4). (Pletinckx 2014.)



Kuva 3. Clunyn kirkon rakentaminen Ranskassa (Pletinckx 2014)

2.1.3 Ohjelmistot ja niiden kehitys

Koska 3D-mallinnus on vielä verraten uusi, on hyvä aloittaa tietokoneavusteisten suunnitteluohjelmien läpi käynti 2D-mallinnuksesta, jonka historia ulottuu lähes 60-vuoden päähän. Ensimmäiset mallinnusohjelmistot ja koneet tulivat tunnetuiksi toisen maailmansodan aikana, jolloin aloitettiin ensimmäiset tutkimukset ja kehitykset tietokonevälikkeissä suunnittelussa (kuva 5). Kuitenkin varsinaisen CAD-ohjelmiston kehittäjinä voidaan pitää Patrick Hanratty ja Ivan Sutherlandia. (Cohn 2010)



Kuva 4. 2D-malli (Plumbing system 2018)

2.1.3.1 CADin kehitys

CAD-ohjelmiston hallinta ja osaaminen ovat ensisijaisen tärkeitä hallittaessa 3D-mallinnusta. CAD kehitettiin jo 1957, jolloin niin kutsutun PRONTO-ohjelmiston (Program for numerical tooling operations) kehitti Hanratty, joka oli ensimmäinen kaupallinen CNC-

ohjelmoija. Viisi vuotta myöhemmin hän teki väitöskirjan aiheena “Sketchpad, A Man-Machine Graphical Communication System” työn (vapaa suomennos Sketchpad, tietokoneen ja piirtäjän välinen kommunikaatio-ohjelmisto). (Cohn 2010.)

1960-luvulla kehitys kiihtyi, ja ensimmäiset kokonaan digitaaliset ohjelmistot kehitettiin. Oli alkanut CAD-aika, ja ensimmäiset ohjelmistot kuten SDRC, Evans & Sutherland, Applicon, Computervision ynnä muut kehitettiin. Näiden perässä siirryttiin 1970-luvulla kehittämään 3D-mallinnusta. Suurin virstanpylväs lienee Ken Versprillen työ, jonka tuloksena saavutettiin ensimmäiset 3D-mallit. Mallinnusten kaupallistuminen alkoi kuitenkin vasta 1980-luvulla, kun ensimmäinen IBM PC-välitteinen ohjelma kehitettiin vuonna 1981, josta muutama vuotta myöhemmin 1983 Autocad siirtyi käyttöön myös kuluttajalle. CAD-ajan vallankumous oli alkanut. (Cohn 2010.)

Vuonna 1982 AutoCADin julkaisu oli merkittävä virstanpylväs CADn kehityksessä. AutoCADin kehittäjien tavoitteena oli tarjota 80 % sen aikaisten CAD-ohjelmistojen toiminnoista 20 %:lla niiden hinnasta. Tuosta pisteestä eteenpäin entistä kehittyneemmät suunnittelu- ja konepiirustusohjelmat alkoivat olla kohtuu hintaisia, mutta ohjelmistot olivat edelleen pääasiallisesti 2D-ohjelmistoja. (Cohn 2010.)

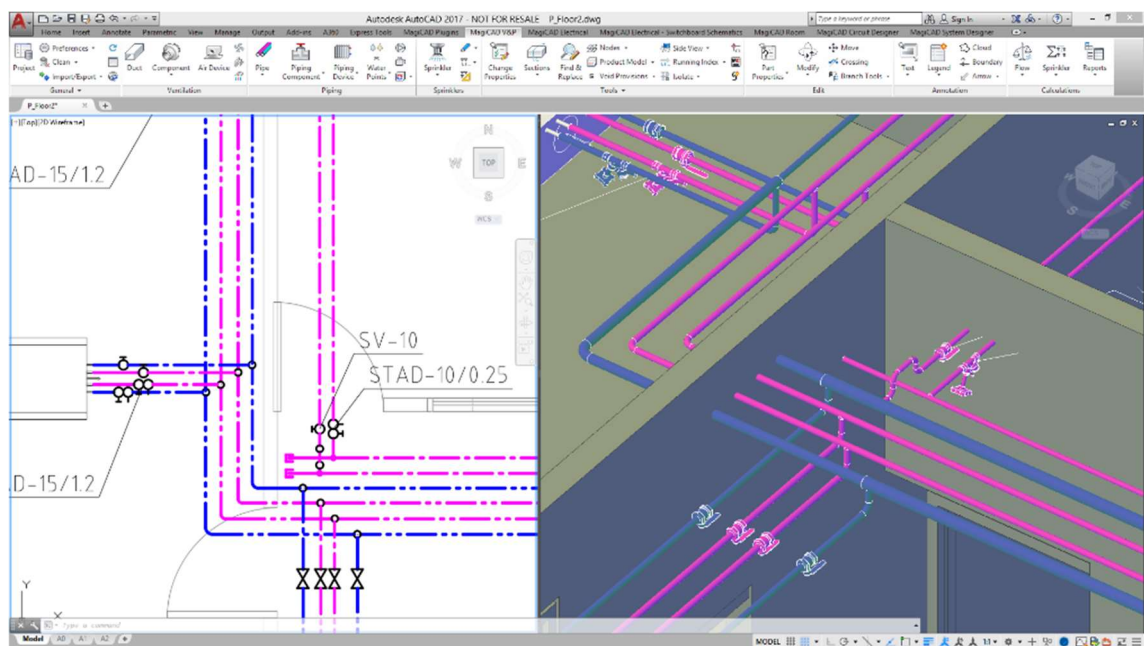
Tähän tuli muutos vuonna 1987, kun avaruusgeometriaan ja ominaisuuspohjaiseen parametriseseen mallinnukseen perustuva, osien ja kokoonpanojen suunnitteluun tarkoitettu CAD-ohjelmisto Pro/ENGINEERIN julkaistiin. Ohjelmisto toimi UNIX-työasemilla. Sen jälkeen 1980-luvun lopulla julkaistiin useita 3D-mallinnusmoottoreita, joista merkittävimmät olivat ACIS ja Parasolid, jotka muodostivat perustan muille historiarakenteeseen pohjautuville parametrisille CAD-ohjelmistoille. (Cohn 2010.)

1990-luvulle tultaessa PC kykeni jo suoriutumaan 3D CADn vaativimmista laskutoimituksista. Vuonna 1995 Desktop Engineering -lehden ensimmäinen numero julkaistiin, ja SolidWorks oli Windowsin ensimmäinen merkittävä mallinnusohjelma. Tämän perässä seurasivat Solid Edge, Inventor ja monia muita ohjelmistoja. Uusyrietykset ostivat 1990-luvulla useita 1960-luvun alkuperäisiä CAD-kehittäjiä ja alan teollisuus alkoi muodostua neljän pääyrietyksen ympärille – Autodesk, Dassault, Systèmes, PTC ja UGS (nykyisin Siemens PLM). (Cohn 2010.)

2.1.3.2 MagiCad

MagiCad on yksi maailman johtavia 3D-ohjelmia LVIS-alan töiden suunnitteluun. MagiCadilla voi suunnitella käyttäen yli miljoonaa BIM-objektia, jotka on mallinnettu eri firmojen LVIS-asiantuntijapohjalta. BIM-objektit sisältävät tekniset tiedot ja tarkat mitat suunnittelua varten. Esimerkiksi Grohen allashanasta on tarkat mitat ja virtaamat. MagiCadilla voi tehdä kaikki talotekniikkaan liittyvät suunnittelut, ja se kattaa muun muassa ilmastointi-, lämmitys-, jäähdytys-, sprinkleri-, vesi-, viemärointi-, ja sähköjärjestelmät. (MagiCAD 2018.)

MagiCad tarvitsee toimiakseen AutoCad-, tai Revit MEP -ohjelmiston. MagiCadilla pystyy suunnittelemaan 2D- tai 3D-näkymässä, sekä molemmissa yhtäaikaan (kuva 6). Ohjelmisto luo automaattisesti kolmiulotteisen mallin, joka sisältää mitoitus- ja tasapainotoinnot eri LVI-laitteille. Näiden lisäksi ääni- ja lämpöhäviöiden mitoitus onnistuvat tällä ohjelmalla. (MagiCAD 2018.)

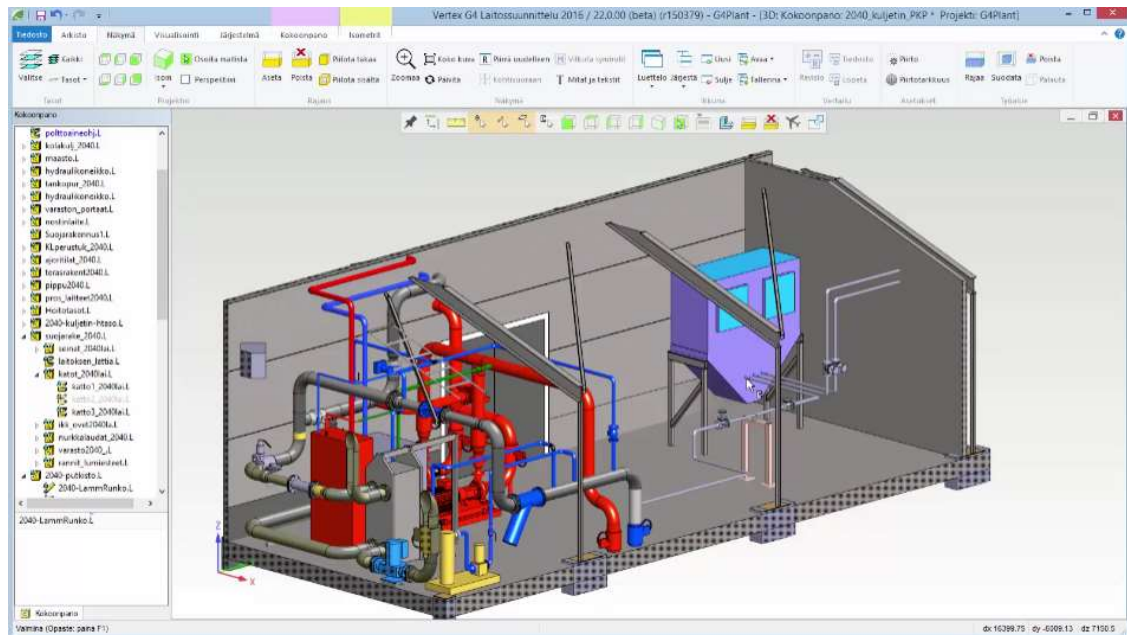


Kuva 6. AutoCad 2D- ja 3D-näkymässä (Advanced modelling tools 2017)

2.1.3.3 Vertex

Vertex on suomalaisen vuonna 1977 perustetun Vertex Systems OY:n suunnitteluohjelmistosarja. Vertex BD on tietomalliohjelmistosarja, joka soveltuu keskikokoisista suuriin rakennusprojekteihin. Tällä ohjelmistolla voi tarkastella samanaikaisesti 2D- ja 3D-

näkymiä, mikä nopeuttaa työskentelyä monessa työvaiheessa. Malli täydentyy suunnitteluprosessin edetessä aina lopullisiin valmistumis- ja lupapiirustuksiin sakka. Rakennushankkeen kaikki oleellinen tieto sisältyy 3D-tietomalliohjelmaan. Suomalaisuutensa ansiosta Vertex tarjoaa kaikki suomalaiset piirrosmerkinnät, standardit ja suomenkieliset ohjelmat. Vertex G4 on suunnittelu ohjelmisto, joka soveltuu prosessi- ja teollisuusputkistojen suunnitteluun (kuva 7). (Rakennussuunnittelu 2018.)



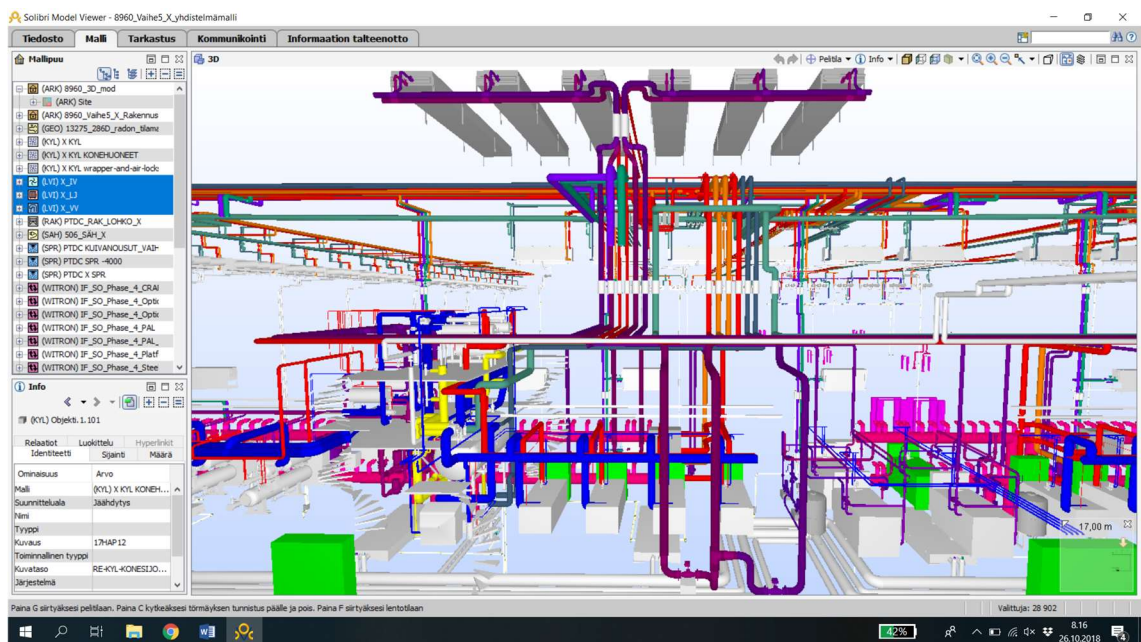
Kuva 5. Vertex G4-ohjelman 3D-näkymä laitosputkistosta (Vertex 2016)

2.1.3.4 Solibri Model Checker

SMC on työkalu, jolla voidaan tarkistaa tietomallin oikeellisuus, laatu ja turvallisuus. SMC:llä laadun ja tiedon tarkastusprosessi on helppoa, sillä se käy läpi koko tietomallin tuoden esiin mahdolliset virheet ja heikkoudet. Tämä on paljon nopeampaa kuin esimerkiksi normaali dokumenttien ristiintarkastus ja raportointi. Ongelmatilanteissa se tuo esiin ristiriitaiset komponentit ja varmistaa, että malli noudattaa rakennusmääräyksiä ja yrityksen omia laatuvaatimuksia. Tulokset tallentuvat SMC-tiedostoksi, josta tallennetut tiedot ovat kaikkien osapuolten katseltavissa ilmaisella Solibri Model Viewer -katseluohjelmalla (kuvat 8 ja 9). (Aloittajan opas 2016.)



Kuva 6. SMWn 3D-ohjelmistosta kuvakaappaus. Kyseessä inexin logistiikkakeskuksen julkisivu. (Kuva Sami Köngäs)



Kuva 7. SMWn 3D-ohjelmasta sama kohta kuin kuvassa 8, mutta muut objektit on piilotettu, paitsi prosessijäähdytysputkisto ja konehuoneet. (Kuva Sami Köngäs)

2.1.4 3D-mallinnus talotekniikassa

Isoissa ja monimutkaisissa rakennusprojekteissa, kuten PTDC-logistiikkakeskuksessa tai sairaaloissa, risteilee kymmeniä talotekniikkaan liittyviä putkilinjoja, kanavia ja laitteita. Pahimmassa tilanteessa kanavat, putket ja laitteet menevät päällekkäin ja risteilevät keskenään. Tällaisten tilanteiden suunnittelu 2D-mallinnuksella on hyvin haastavaa, koska kuvasta tulee hyvin monimutkainen ja ongelmatilanteita ratkotaan monesti työmaan edetessä, kun suunnittelussa ei ole osattu ottaa kaikkia asioita huomioon. Tällainen rakentaminen on haastavaa ja aikaakuluttavaa, jolloin myös rahaa kuluu suunniteltua enemmän. (Bim 2018.)

Talotekniikka ja niihin liittyvät ratkaisut luovat haasteensa työmaalla. Tällainen tekninen toteutus korostuu entuudestaan teollisuus- ja erilaisissa prosessiputkia sisältävissä järjestelmissä, jossa risteäviä laitteita ja putkistoja on useassa eri tasossa. Käytettäessä 3D-mallinnusta taloteknisiä ratkaisuja ei tarvitse selvittää työmaalla rakentaessa, vaan 3D-mallinnuksesta nähdään muun muassa työjärjestys. Usean putkiston kohteissa voidaan rakennusaikataulussa ottaa huomioon asennusjärjestys, jolloin päällekkäisyyksiltä tai tilanteilta, jossa alla olevat putket on jo asennettu, voidaan välttyä sekä kyetään huomioimaan ajoissa tarvittavat tilavaraukset ja läpivientiaukot. Kolmiulotteisella törmäystarkastelulla voidaan tarkistaa helposti, etteivät putket, kanavat, rakenteet tai laitteet törmää toisiinsa. Tämä ominaisuus on isoissa ja monimutkaisissa kohteissa tärkeä. Sitä hyödyntämällä riittävällä osaamisella ja ammattitaidolla työmaalla työskentely nopeutuu ja helpottuu. (Bim 2018.)

Mallinnuksen edetessä tietomallit tarkentuvat ja havainnollistaminen monipuolistuu. Tietomallista voidaan ottaa määräluetteloita ja niitä yhdistelemällä voidaan tarkastella päällekkäisyyksiä. Päällekkäisyyksien tarkastelussa tietomallit ovat ylivoimaisia perinteiseen 2D-mallinnukseen verrattuna. (Hunt 2015)

2.2 Teollisuusrakentaminen

Prosessijäähdytysputki-urakka liittyy teollisuusrakentamiseen. Tästä syystä on hyvä ymmärtää teollisuusrakentamisen perusteet sekä tunnistaa eroavaisuudet asuinrakentamiseen. Teollisuusrakentamista koskevat eri laatuvaatimukset ja -säädökset. Jo yksistään työmaajohtoa koskevat vaatimukset on säädetty erikseen teollisuusrakentamiseen.

Rakentamismääräys, rakennusasetus ja rakennuslaki säätelevät Suomessa rakentamista. Lisäksi ympäristölaki sekä kunnalliset säädökset tulee ottaa huomioon teollisuusrakentamisessa. Teollisuusrakentamiseen liittyy yleensä myös kemikaaleja ja kaasuja, jotka asettavat teollisuusrakentamiselle omia tiukempia vaatimuksia

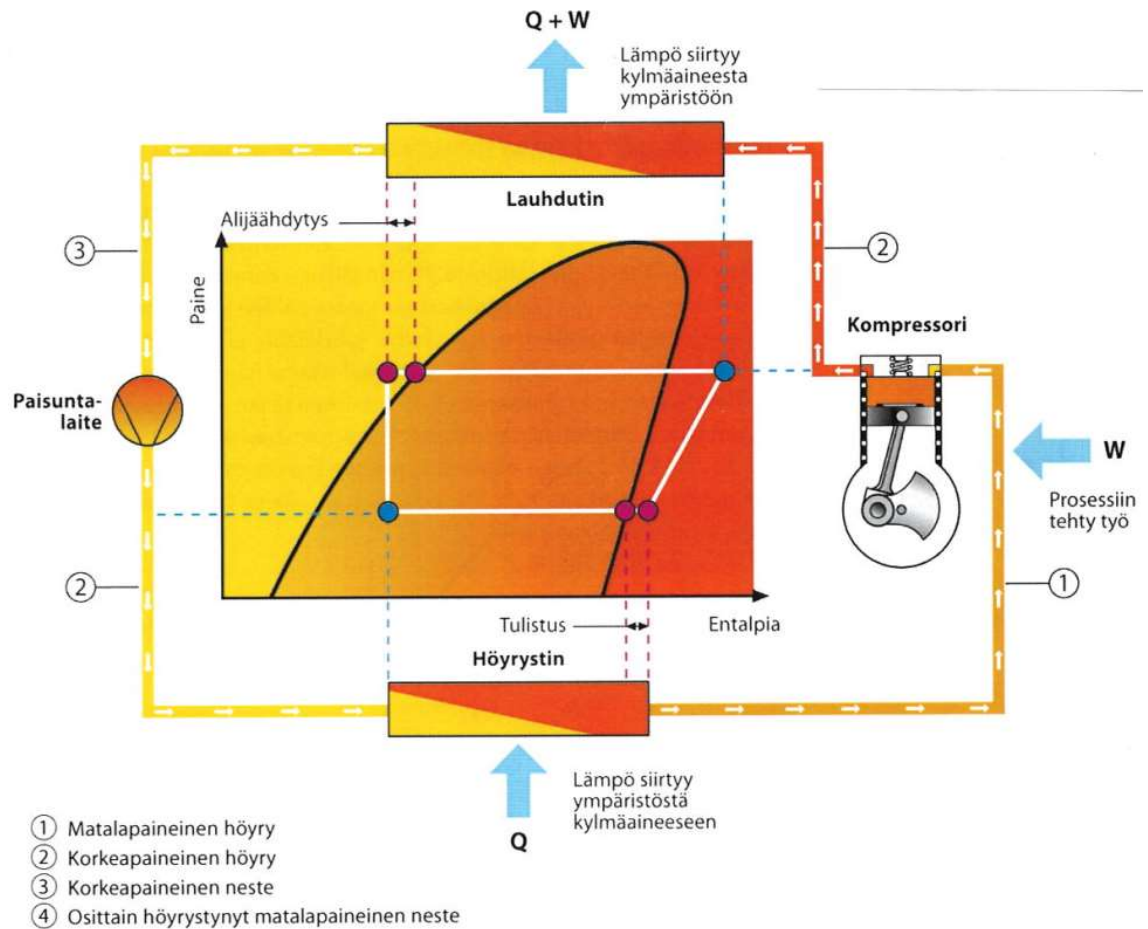
Prosessiteollisuudessa jalostettava raaka-aine siirtyy kemiallisesti ja fysikaalisesti vaiheesta toiseen. Prosessiteollisuutta ovat mm. öljynjalostamot, terästeollisuus selluloosa- ja paperitehtaat.

2.3 Kylmätekniikan perusteet

Koska opinnäytetyön tekemisen taustalla on prosessijäädytys, selvennetään tässä luvussa kylmätekniikan perusteita. Vaikka kylmätekniikka kuulostaa kaukaiselta asialta, on se mukana jokapäiväisessä arkielämässä kuluttajan tätä tiedostamatta. Tämän työn taustalla oleva Inexin logistiikkakeskuksen työmaa on osa tällaista kiertoa, jossa ruokatarvikkeet tulevat ja jatkavat matkaa yrittäjien kautta kuluttajalle. Tämä logistiikkakeskus on käytännössä jättimäinen jääkaappipakastin.

2.4 Periaate

Kylmäteknisessä kiertoprosessissa siirretään prosessiin tehdyn työn avulla lämpöä matalammasta lämpötilasta korkeampaan. Työaineena toimii kylmäaine, jota höyrystetään ja lauhdutetaan eri painetasoilla kiertoprosessissa, johon koko prosessi perustuu. Kuvassa 10 on esitetty kylmätekniikan kiertoprosessin periaate ja se, missä olomuodoissa kylmäaine eri vaiheissa esiintyy. (Kaappola, Hirvelä, Jokela, & Kianta 2014, 17.)



Kuva 8. Kylmäteknisen kiertoprosessin periaate sekä kylmäaineen olomuodot eri vaiheissa (Kaappola, Hirvelä, Jokela, Kianta 2014, 17.)

Höyrystyminen tapahtuu, kun matalapaineinen ja matalalämpötilainen kylmäaine alkaa sitoa lämpöä ympäristöstä ja höyrystyy. Höyrystynyt kylmäaine imetään kompressoriin, jossa sitä puristetaan korkeassa lämpötilassa, kunnes aine tulistuu. Tällöin sen lämpötila alkaa nousta merkittävästi, jolloin aine johdetaan lauhduttimeen. Lauhduttimessa tämä korkeapaineinen ja korkealämpötilainen aine tiivistetään jälleen nesteeksi ja ympäristöön vapautuu lämpöä. Kylmäaine jatkaa tästä paisuntalaitteelle, jossa nestemäisen kylmäaineen paine ja lämpötila laskevat lähtöarvioihin. Tämän jälkeen kiertoprosessi alkaa alusta. Huomattavaa on, että osa nesteestä höyrystyy jo ennen höyrystintä. (Kaappola, Hirvelä, Jokela, Kianta 2014, 17.)

2.5 Kylmäaineet

Kylmäaineet ovat nesteytettyjä kaasuja, joita käytetään väliaineina lämmönsiirrossa kylmälaitoksissa. Niiden käyttö perustuu kylmäaineiden kykyyn muuttua nestemäisestä olo muodosta kaasuksi ja samalla luovuttaa lämpöä ympäristöön. Tämä ominaisuus takaa sen, että jo pienellä massavirralla voidaan saavuttaa suuria lämpökuormia, jolloin kylmäaineen teho on suuri. Kylmäaineen ominaisuudet tulevat esille siihen vaikuttavien lämpötilojen ja paineenvaihteluiden myötä. Taulukossa 1 on esitetty hyvät kylmäaineen ominaisuudet. (Kaappola, Hirvelä, Jokela, Kianta 2014, 31.)

Taulukko 1 Hyvän kylmäaineen ominaisuudet (Kaappola, Hirvelä, Jokela, Kianta 2014, 31.)

Ominaisuus	Saavutettava hyöty
suuri höyrystymislämpö	pieni massavirta pieni kompressorin koko pieni putkikoko
pieni kompressorin painesuhde (korkea-paine / matalapaine)	pieni puristustyö, vähäinen tulistuminen puristuksessa
pieni viskositeetti	painehäviöt venttiileissä ja putkistoissa pienet
hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet	pieni lämmönsiirtopinta-alan tarve
suuri tilavuustuotto	kompressorin pieni koko
höyrystymispaine yli 1 bar	mahdolliset vuodot tapahtuvat putkistosta ulospäin estäen ilman ja kosteuden pääsyn kylmälaitokseen

3 Tapaustutkimus – INEX

Tutkimusta tehdessäni olin töissä rakentamassa Inex Partnersin PTDC-logistiikkakeskusta. Työ toteutettiin Lemminkäinen talo Oyn ja Skanska Oyn työyhteenniittymän alaisuudessa. Logistiikkakeskuksen pinta-alaksi valmistui noin 195 000 m². Olin työmaalla aliurakoitsijan työnjohdon apulaisena.

Hanke osallistui Tekla Global BIM Awards 2015 -tietomallikilpailuun ja se valittiin parhaaksi liikerakennushankkeeksi ja voitti kilpailun. Kilpailuun osallistui 51 alueellisten kilpailuiden parasta projektia. Tuomariston mukaan valtavassa 28 jalkapallokentän kokoisessa Sipoon hankkeessa hyödynnettiin mallinnettuja tietoja määrätietoisesti ja hyvässä yhteistyössä hankeosapuolten välillä. (PTDC-logistiikkakeskus 2015.)

3.1 Hankeen aloitus

Hankkeen kohde sijaitsee Sipoon Basturkärissä, johon S-ryhmä rakensi uuden keskusvarastonsa. Pääurakoitsijana toimi Lemminkäinen Talo Oyn ja Skanska Oy:n muodostama työyhteenniittymä Freeway. Oma tehtäväni oli toimia prosessijäähdytysurakoitsijan johdon apulaisena. Kyseinen urakka oli alkanut kohteessa toukokuussa 2014, mutta itse tulin mukaan 2016. 3D-mallia oli aliurakoitsijan toimesta käytetty jo valmistuspiirustusten laatimiseen, ja sitä kautta itsekkin tutustuin asennettaviin kohteisiin. Käytin 3D-ohjelmistoa myös työsuunnittelun apuvälineenä. 3D-ohjelmiston avulla pystyi selvittämään esimerkiksi haalausreittejä ja nostokorkeuksia. 3D-ohjelmistoa käytettiin myös kommunikointiin tilaajan ja muiden urakoitsijoiden kanssa.

3.2 Työmaan eteneminen

Työmaa eteni pääosin suunnitelmien mukaisesti. Pällekkäisiä työvaiheita ja toisesta urakoitsijasta johtuvia etenemisesteitä pyrittiin välttämään maanantaisin järjestetyissä työmaakokouksissa, jossa aiemman viikon, kyseisen viikon ja tulevien viikkojen työt käytiin läpi 3D-mallin avustuksella. 3D-mallin käytön ansiosta jokaisen urakoitsijan asennuskohtaiset työalueet oli selkeästi määritetty ja viestintä yksinkertaista. Työyhteenniittymä Freeway vastasi työmaakokouksista, ja liittymällä oli erikseen työnsuunnittelija, joka

vastasi eri urakoitsijoiden töiden vaiheistamisesta ja osittamisesta yhdessä urakoitsijoiden kanssa.

Työmaaturvallisuus tapahtui organisaation kautta, joka teetti päivittäisiä kierroksia työmaalla ja laati niistä raportin päivittäin. Havainnot käsiteltiin aina työmaakokouksen yhteydessä. Havainnot saattoivat olla huomautuksia, havaintoja ja hyviä käytäntöjä. Urakoitsijana voitimme myös muutaman kerran työmaan parhaan työturvallisuusurakoitsijan palkinnon.

3.3 Käyttöönotto ja työmaan valmistuminen

Työmaa käsitti mekaaniset asennukset, minkä vuoksi käyttöönotto ei kuulunut yrityksen, jossa työskentelin, laajuuteen. Työmaan valmistumisessa kuitenkin tehtiin ns. VIPU-lista (viimeiset puutteet). Tilaaja laati nämä listat 3D-mallin ja työmaakierrosten avulla varmistakseen, että urakka on toteutunut sovitussa laajuudessa ja takuu-aika voi alkaa.

4 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen pohjana on kolme erilaista metodologiaa. Kirjallisuuskatsaus (luku 4.1) käsittää teoreettisen osuuden tutkimuksen aihealueista eli 3D-mallista ja teollisuusrakentamisesta. Tämä on ollut omiaan taustoittamaan tapaustutkimusta, joka nojaa teollisuusrakentamisprojektiin, Inexin jakelukeskukseen, Sipoossa. Työn ensimmäisiä asioita oli kuitenkin toteuttaa tutkimuskysely, jotta 3D-mallin käytöstä työmaalla yleisesti saataisiin laajempi kuva, eikä tutkimus nojaisi vain tutkimuksen omaan työmaakohteeseen.

4.1 Kirjallisuuskatsaus (Literature review)

Kirjallisuuskatsaukset ovat usein käytettyinä kaikissa akateemisissa tutkimuksissa, koska tutkimuksessa tulee aina esitellä jo olemassa olevaa tietoa. Kirjallisuuskatsauksessa käydään läpi aiheen jo olemassa olevan tieto, haetaan tukea jo olemassa oleviin hypoteeseihin sekä pyritään löytämään syitä oman tutkimuksemme ilmiöihin, eli tässä tapauksessa 3D-mallin suhteelliseen hitaaseen siirtymiseen yleisimpänä mallina. (Paré & Kitsiou 2017.)

4.2 Single-case study eli tapaustutkimus

Tapaustutkimusten käyttöä on sovellettu usein teknillisellä, juridisella ja poliittisella saralla. Sen hyötyinä ovat tehokas tutkimustyö, tosielämän havainnot sekä tietojen kerääminen työnantajan tiettyä ongelmaa silmällä pitäen. (Crowe ym. 2011.) Tästä syystä Siipoon hanke oli tutkimushankkeen aloittajan, Porin Teollisuusputken, mielestä kannattava.

Tapaustutkimuksen hyötyjä ovat varsinkin syväanalyttinen lähestyminen juuri tiettyyn ongelmaan, monialainen lähestyminen tosielämän työhön sekä saada tietoa työn varsinaisesta toimivuudesta. Tapaustutkimuksesta voidaan ajatella jäävän itselle siis oppimisen prosessi tapauksesta sekä oppimisen tuotteistaminen. Parhaassa tapauksessa tapaustutkimus muodostaa tilaajalle kokonaan uuden tavan tuotteistaa omaa jo olemassa olevaa osaamista. (Crowe ym. 2011.)

4.3 Kyselytutkimus

Kyselytutkimus on tapa, jossa ennalta määrättyjä ja suunniteltuja kysymyksiä esitetään kysyttäväksi joko ennalta määrätylle tai satunnaistetulle joukolle. Jotta tutkimukseen vastaavien joukko olisi mahdollisimman luotettava, on aina ensin mietittävä, millaiselle joukolle tutkimus rajataan ja millaisia harhoja tähän rajaukseen liittyy. Kysymysten asettelun pitää olla loogista eikä johdattelevaa, ja tutkimukseen vastaamisen pitää olla yksinkertaista, mutta motivoivaa. Tutkimuskyselyn yleisin aihe on tutkia ilmiöitä ihmisissä kuten tunteita ja mielipiteitä, jotka tässä tutkimuksessa näyttäytyy. (Phillips, 2017.)

4.3.1 Kyselytutkimuksen lähtökohdat

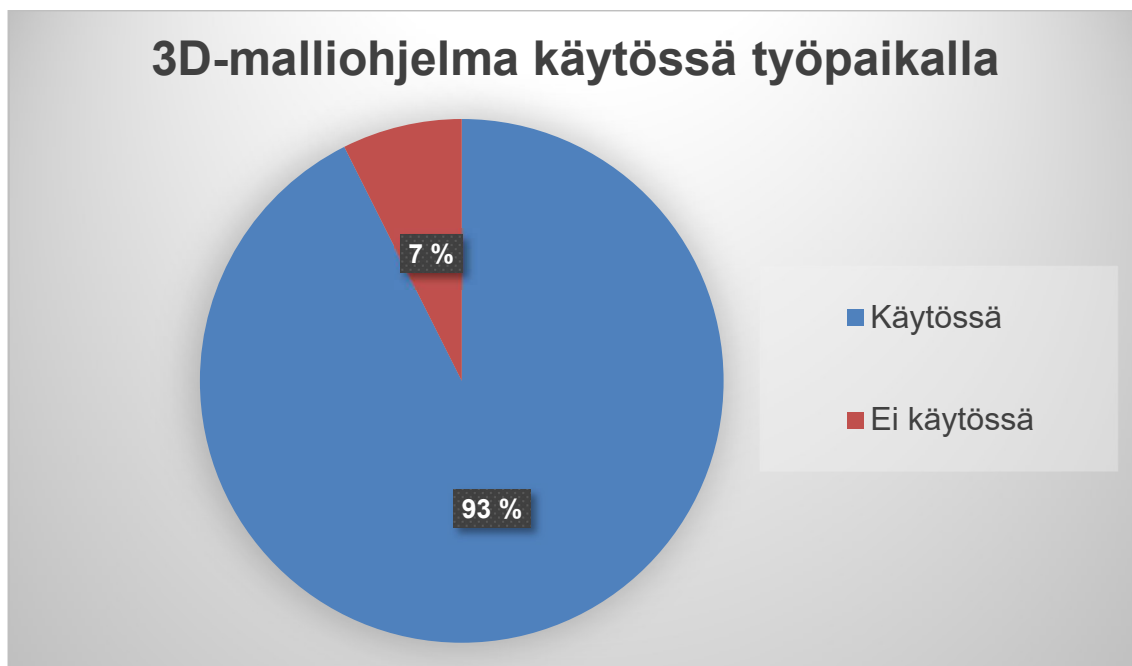
Suoritin kyselyn koskien 3D-mallinnukseen saatua koulutusta ja sen käyttöä kysely.net-sivustoa apuna käyttäen. Kyselylinkki lähetettiin Inexin työmaan työmaajohdolle, oman työpaikkani Porin Teollisuusputken työntekijöille sekä Tampereen Rakentajainsinöörikilan alumniryhmään. Lisäksi kyselylinkki jaettiin eri työmaan LVI-mestareille. Kyselyyn osallistujia oli 27. Vastaajien keski-ikä oli 30 vuotta, ja nuorin vastaaja oli 26-vuotias ja vanhin 37-vuotias. Kyselyyn vastanneiden iästä voidaan jo päätellä, että rakennustyömaalla on työmaanjohtossa alkanut näkyä sukupolven vaihdos. Toisaalta nuoremman

sukupolven tietokoneen käyttö ja tutkimuksiin osallistuminen on vielä nykyään mielekkäämpää kuin vanhemmilla sukupolvilla.

Tutkimuksessa saatu data käsiteltiin excel-tiedostona, koska tutkimuspopulaatio oli verraten kapea. Osa analysoinneista suoritettiin SPSS-ohjelmistoa käyttäen, mutta pienen populaation takia selkeitä korrelaatioita oli vaikea saada (p-arvot jäivät verraten matalaksi esimerkiksi selvittäessä koulutuksen ja iän suhdetta). Jotta aineistosta voitaisiin tehdä vielä suurempia johtopäätöksiä, tutkimus täytyisi suorittaa esimerkiksi kaikilla pääkaupunkiseudun työmailla, kaikkien työnjohtoon osallistuvien tahojen toimesta, jotta kohteiden varianssit ja erot saataisiin selville.

4.3.2 Yleistä tutkimuspopulaatiosta ja metodeista

Tutkimuksiin vastanneista 92,6 %:lla oli työpaikalla käytössä 3D-mallinnusohjelma (kuva 11). Koska 3D-mallinnuksen yleistymisen on alkanut vasta 90-luvun loppupuolella, voidaan päätellä, että ennen tätä valmistuneiden osalta 3D-mallinnuksen käyttö ja opetus ovat jäänyt opintojen ajalta väliin. Kysely toteutettiin monivalintakysymyksinä, ja avoimina kysymyksinä sekä vastaajille annettiin mahdollisuus kommentoida myös itse vastauksia. Useassa kohdassa vastaukset pisteytettiin yhdestä viiteen. Tutkimukseen valikoitui myös siksi nuori joukko, koska vastausinnostus oli suurempaa esimerkiksi alumien sivuilla kuin työmaalla jo pitkään työskentelevien toimesta. Tutkimuksen kehittämiseksi suosittelisin vierailuja työmaalla, jossa tutkimus suoritettaisiin esimerkiksi tabletilla, jolloin motivaatio vastaamiseen olisi korkeammalla.

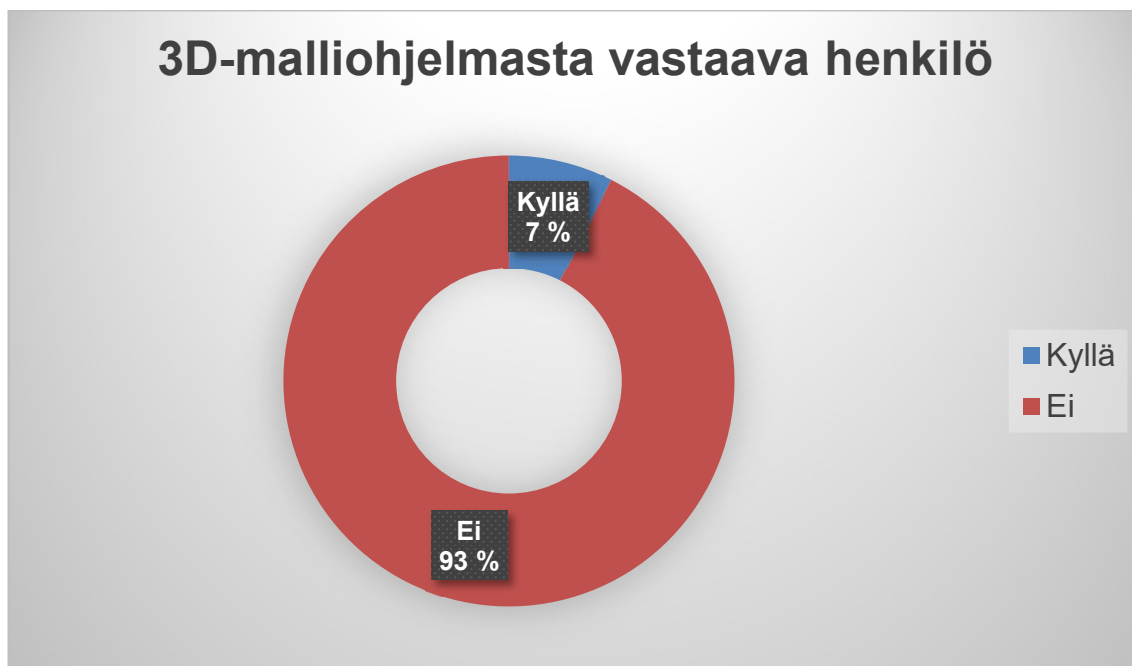


Kuva 11. 3D-malliohjelmien käyttö työpaikalla (Sami Köngäs 2018)

4.3.3 Koulutus

Tutkimuksessa kävi ilmi, että 44,4 % vastaajista on saanut koulutusta 3D-malliohjelmien käyttöön. Kyselyyn vastaajista 40,7 % on saanut koulutusta korkeakoulussa. Koulutusta saaneista vain 7 % oli saanut koulutusta muualla kuin korkeakoulussa (ammattikorkeakoulu tai yliopisto). Koulutusta ammattikorkeakoulussa saaneista 81,82 % olivat myös itseopiskelleet ohjelmien käyttöä. Kaikista kyselyyn osallistuneista 37,04 % oli opiskellut itsenäisesti 3D-malliohjelmien käyttöä.

Yli puolet, 60 %, 3D-malliohjelmien käyttäjistä on projektipäälliköitä ja työnjohtajia. Vain 7,5 %:lla vastaajista oli työmaallaan tietomallikoordinaattori, joka vastaa tietomallin käytöstä ja tulkinnasta. (Kuva 12.)



Kuva 12. 3D-malliohjelmasta vastaava henkilö. (Sami Köngäs 2018)

4.3.4 3D-malli- ja mallinnusohjelmien käyttö

Osallistujista 62 % käyttää itse jotain ohjelmaa työmaalla ja näistä 29,6 % käyttää ohjelmia päivittäin. Vastaajista 22,2 % vastasi, ettei heidän työmaallaan käytetä ollenkaan 3D-mallinnusta ja tai muita 3D-malliohjelmiä. Huomioitavaa on, että kuitenkin 92,6 %:lla vastaajien yrityksissä on käytössä jokin 3D-malli ohjelma, mutta kaikki eivät koe sitä tarpeelliseksi työmaaolosuhteissa. (Kuva 12.)

Kyselyssä vastausvaihtoehdot olivat asteikolla 1 - 5, 1 = täysin eri mieltä, 5 = täysin samaa mieltä ja en osaa sanoa -vaihtoehto. Reilusti yli puolet vastasi 3 - 5 (77,8%) ja kokivat 3D-mallinnuksen hyödyllisenä työmaallaan säästäen aikaa.

Vastaajista 25,8 % vastasi, että 3D-mallinnuksesta saama koulutus vastaa jollain tavalla vaatimia tarpeita. Koulutustaan piti riittävänä 14,8 %. Tutkimuksessa käytiin myös läpi 2D-mallin syrjäyttämistä 3D-mallilla työmailla. 44,4% valitsivat numeron 2 (jokseenkin eri mieltä) ja vain 3,7 % valitsi numeron 5 (täysin samaa mieltä). Tämän tutkimusten valossa 2D-mallia ei ole kyetty vielä syrjäyttämään.

4.3.5 Johtopäätökset

Kyselytutkimusta tehdessä hypoteesina oli, että 3D-malliohjelmien koulutustaso ja käytettävyys eivät vastaa vielä potentiaaliaan. Koska 2D-mallinnuksella on vahvat juuret Suomessa, varsinkin keskikokoisten ja pienten yritysten suunnittelussa, vahvasti mukana. Sipoon työmaalla Porin Teollisuusputken toimesta 3D-mallin hyödyntäminen on otettu vahvasti mukaan jo tarjousvaiheessa, jotta mahdollisilta väärinkäsityksiltä vältyttäisiin. Porin Teollisuusputken työmaajohto on myös keski-ikältään verraten nuorta ja kokenut sukupolven vaihdosta, mikä on mahdollistanut uusien koulutuslinjojen siirtymisen myös työmaalle. Toisaalta vahva osaaminen yksittäisen urakoitsijan toimesta ei ole vielä riittävä, vaan koko työmaan urakoitsijoiden tulisi kyetä samaan. Tämä mahdollistaa työn tehokkaan vaiheistamisen. Huomioitavaa on, että 3D-mallin käyttö on yleisempää tarjousvaiheessa kuin työmaalla.

Jotta 3D-mallinnusten läpimurto saadaan työmaille, tulee opintoihin lisätä sen käyttöä. Työmaalle pitää saada siirrettyä mallinnusta tuntevia työntekijöitä, koska työmaan johdossa olevilla henkilöillä on jo ajankäytöllisesti haasteita jatkokouluttaa itseään 3D-malliohjelmien käytössä. Työmaille voitaisiin lisäksi aina vakiohenkilönä nimetä tietomallikoordinaattori. Urakoitsijoiden vaatimuksiin tulee pääurakoitsijan ja rakennuttajan toimesta lisätä toiveet 3D-mallin osaamisesta, jolloin saadaan tehokkuus siirrettyä myös työmaalle.

Taloudellisen tilanteen ja kilpailutuksen johdosta suomalainen rakentaminen on haasteiden edessä, eikä ylimääräisille korjaustoille ole aikaa eikä taloudellisia resursseja. Ongelmatilanteiden välttämiseksi 3D-mallin käyttö ja koordinointi säästäisi rahaa ja aikaa sekä lisäisi yritysten kilpailukykyä. Jo näihin seikkoihin nojaten 3D-malliohjelmien opeutusta tulisi lisätä rakennusalan koulutuksissa. Tehdyn tutkimuksen valossa voidaan myös todeta, että teollisuusrakentamisessa 3D-mallin käyttö on yleisempää kuin rakennustyömailla. Tähän lienevät syynä monimutkaisemmat asennusputkiverkostot. Talonrakentamisen monimutkaistuessa tulee myös näille työmaille kyetä yleistämään 3D-mallin käyttö.

5 Yhteenveto

Tutkimustyön tarkoituksena oli kartoittaa, onko 3D:n käytettävyys työmaalla kannattavaa ja millä tavoin sitä kyetään hyödyntämään. Yrityksessä, jossa työskentelen, 3D-mallin käyttäminen ja mallintaminen suunnittelussa on äärimmäisen tärkeää, koska Porin Teollisuusputki tekee ensisijaisesti teollisuusrakentamista vaikeissa kohteissa (kuten Olkiluodon ydinvoimala). Vaativissa hankkeissa työn sujumuuden kannalta on äärettömän tärkeää kyetä ennakoimaan vaikeat ja solmutilanteet etukäteen, jotta välttyttäisiin töiden viivästymisestä.

Toinen työni kohde oli tutkia, riittävätkö työmaalla työnjohtotehtävissä toimijoiden valmiudet 3D-ohjelmistojen käyttöön. Hypoteesini ennen kyselytutkimusta oli, että koulutus ei tule olemaan riittävä. Hypoteesiani vahvisti tutkimustulokset. Koulutus ei riitä siirtymään 3D-mallinnuksen pariin, koska edelleen suurin osa mallintamisesta tehdään 2D-malleilla. Jo työssä oleville tulisi aktiivisesti kyetä järjestämään koulutuksia ja tehtäviä. Työmaalla harjoittelu on turhan haastavaa, joten erillinen lisäkoulutus tulisi tarpeen. Lisäksi jo tarjousvaiheessa tulisi kartoittaa urakoitsijoiden mahdollisuuksia osallistua 3D-mallintamiseen ja selvittää, onko heillä 3D-mallinnus käytössä. Työmaakoordinaattorin rinnalle voitaisiin miettiä vapaaehtoista 3D-koordinaattorin valintaa, jonka tehtävänä olisi selvittää solmukohtia jo etukäteen ja suunnitella aikataulut 3D-malliin sopivaksi. Tällä hetkellä 3D-mallin käyttö jää toimistoon, ja työmaalla rakentaminen suoritetaan ”kuka ehtii ensin” -periaatteella, jolloin aikaa ja tuloja valuu hukkaan.

Mietittäväksi jääkin se, tulisiko oppilaitosten lisätä mallintamisen koulutusta vai onko vastuu tästä yrityksillä? Voisiko mallinnukseen olla olemassa oma ”ajokorttinsa” ja koulutusportaali myös työpaikalle, jossa työn ohessa kyettäisiin jatkokouluttautumaan. Totuus on, että edelleen työmailla hukataan rahaa ja aikaa hankkeiden viivästyessä vain siksi, että työnjohto ei ole osannut ennakoida mahdollisia ongelmia. Mielestäni 3D-mallit voivat oikein käytettynä lisätä turvallisuutta, vähentää myöhästymisriskejä ja tehostaa limittäistä rakentamista.

Lähteet

Advanced modelling tools. 2017. Verkkoaineisto. MagiCAD. <https://www.magicad.com/fi/mc_feature_group/advanced-modelling-tools/> Luettu 14.11.2018

Aloittajan opas. 2016. Solibri Model Checker. Solibri Oy.

Astbury, Jon. The history of architecture in 16 models. Verkkoaineisto. 2014. <<https://www.architectural-review.com/essays/architects-do-it-with-models-the-history-of-architecture-in-16-models/8658964.article>> Luettu 17.10.2018

Bim. Video. Verkkoaineisto. 2018. <<https://www.autodesk.com/solutions/bim/mep>> Katsoitu 19.10.2018

Cohn, David. Evolution of computer-aided design. Verkkoaineisto. 2010. <<https://www.digitalengineering247.com/article/evolution-of-computer-aided-design>> Luettu 17.10.2018

Crowe, Sarah; Cresswell, Kathrin; Robertson, Ann; Huby, Guro; Avery, Anthony. & Sheikh, Aziz. (2011). The case study approach. BMC Medical Research Methodology. Vol. 11.

Dispenza, Kristin. The daily life of building information modeling (BIM). Verkkoaineisto. 2010. <<http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim>> Luettu 13.10.2018

Hamil, Stephen. Isn't BIM just 3D CAD? Verkkoaineisto. 2011. <<https://www.thenbs.com/knowledge/isnt-bim-just-3d-cad>> Luettu 13.10.2018

Hunt, Steve. Why is the building-services sector lagging behind in BIM? Verkkoaineisto. 2015. <http://www.modbs.co.uk/news/archives-tory.php/aid/14890/Why_is_the_building-services_sector_lagging_behind_in_BIM_.html> Luettu 20.10.2018

Kaappola, Esko; Hirvelä Aulis; Jokela, Matti; & Kianta, Jani. (2014). Kylmätekniiikan perusteet 3. painos. Helsinki. Opetushallitus.

MagiCAD. 2018. Verkkoaineisto. MagiCad. <<https://www.magicad.com/fi/>> Luettu 19.10.18

Paré, Guy. & Kitsiou, Spyros. Chapter 9 methods for literature reviews. Verkkoaineisto. 2017. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK481583/>> Luettu 4.11.2019

Phillips, Andrew. (2017). Proper application of surveys as a study methodology. Western Journal of Emergency Medicine. Vol. 18, s. 8-11.

Pletinckx, Daniel. Virtual reconstruction. Verkkoaineisto. 2014. <<https://enameabey.wordpress.com/2014/06/09/virtual-reconstruction/>> Luettu 17.10.2018

Plumbing system. 2018. Verkkoaineisto. Mep bim. <<https://www.mepbim.com/plumbing-system-services/>> Haettu 19.10.2018

Rakennussuunnittelu. Verkkoaineisto. Vertex. 2018. <<https://www.vertex.fi/web/fi/rakennussuunnittelu>> Luettu 19.10.2018

Romo, Ilkka. Tuotemallitieto rakennusprosessissa. Verkkoaineisto. 2005. <<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/>> Luettu 13.10.2018

PTDC-logistiikkakeskus. 2015. Verkkoaineisto. Tekla. <<https://www.tekla.com/fi/referenssit/ptdc-logistiikkakeskus>> Luettu 3.11.2018

Tietomallinnus. 2018. Verkkoaineisto. Rakennusinsinöörien liitto. <<http://ril.easypage.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>> Luettu 13.10.2018

Vertex. 2016. Verkkoaineisto. <<https://www3.vertex.fi/web/vertex-2016/konejalaite>> Luettu 19.10.2018

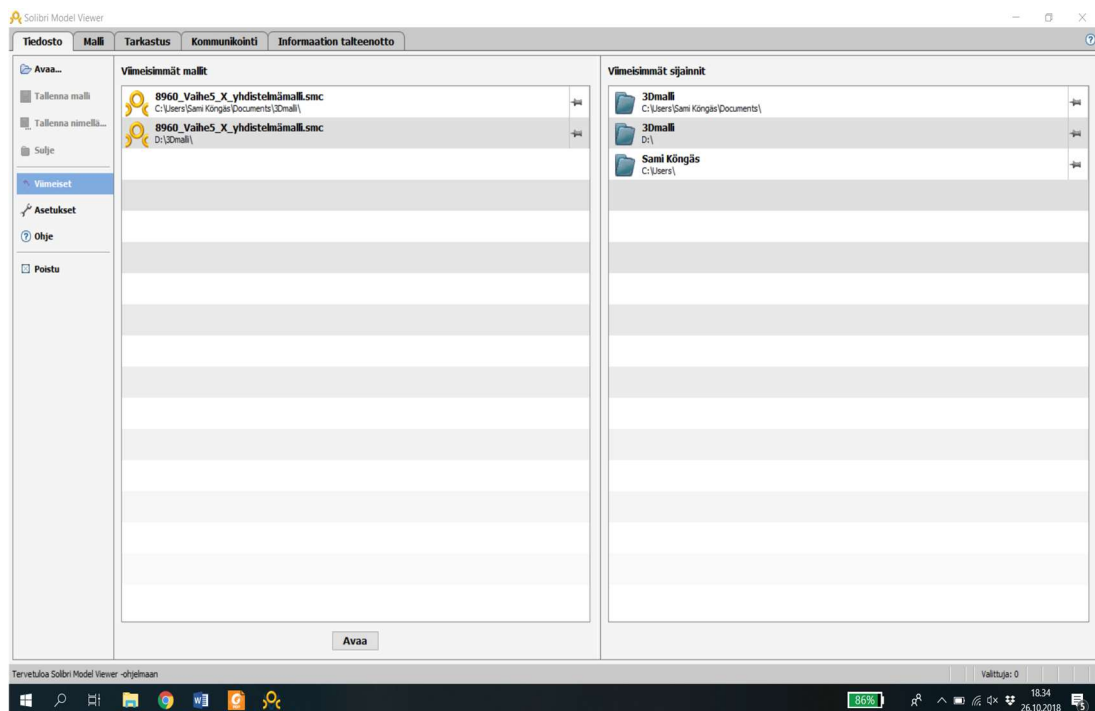
Kyselytutkimus

1. Käytetäänkö työpaikallasi 3D-malli-ohjelmia	2. Kuka / ketkä työpaikallasi käyttävät ohjelmistoa?	Vastaava mestari	Projektipäällikkö	Työnjohtaja	Talousohjaaja	Pääsuunnittelija	Tekstikenttä	3. Käytätkö itse 3D-mallinnusta?	4. Miten koet 3D-mallinnuksen työssäsi tai työpaikallasi?	Kuinka hyödyllisenä koet 3D-mallinnuksen työmaalla?	3D-mallinnus säästää aikaa ja vaivaa työmaalla?	3D-mallinnuksen koulutus vastaa tarpeita
kyllä		1	1	1				ei		3	4	1
kyllä												
kyllä												
kyllä		1	1	1			1 Suunnittelun ohjaus, tuotantoinisnoberit	kyllä		4	4	3
kyllä		1		1			1 Työmaainsinööri, rakennemuut suunnittelijat, projektinsinööri	kyllä		5	5	6
kyllä				1				kyllä				
kyllä			1				Tietomallikoordinaattori	kyllä		5	5	5
kyllä			1	1				ei		5	5	4
kyllä			1					ei				
kyllä			1				Tietomallikoordinaattori, rakennuttajajaksosultti	ei		5	4	4
kyllä			1	1				kyllä		5	4	3
kyllä			1				lisänta jos 3D-malleja urakka-aineistossa mukana (vhintään viewer ohjelmien käyttö)	kyllä		4	4	2
kyllä		1	1	1				kyllä		5	4	3
kyllä				1			1 Projektinsinöörit	kyllä		5	3	6
kyllä				1				kyllä		5	3	2
kyllä		1	1	1			1 Työntekijät	kyllä		5	5	6
kyllä		1	1	1				kyllä		5	4	4
kyllä			1	1				kyllä		4	4	6
kyllä				1			Tarjouslaskija, työmaainsinööri	kyllä		5	5	3
ei												
kyllä			1	1				kyllä		3	3	5
ei												
kyllä							LVI-Projektinhoidaja	kyllä		5	5	2
kyllä			1	1			Kaikki suunnittelijat ja suurin osa projektinsinööreistä	kyllä		5	4	3
kyllä			1				1 Valvoja	ei		4	3	3
kyllä				1				ei		3	3	3
kyllä				1			Projektinsinööri	kyllä		5	5	2

3D on syrjäyttänyt 2D-suunnittelun työmaillamme	5. Kuinka vanha olet?	6. Kuinka usein käytät 3D-mallinnusta?	7. Koulutuksesi	8. Oletko saanut koulutusta 3D-mallinnuksen käyttöön	9. Missä olet saanut koulutusta 3D-mallinnuksen käyttöön	Ammatillinen	Korkeakoulu	Kursit työpaikalla	Olen opetellut itse
	2								
	4	29 Päivittäin	Yliopisto-opinnot	ei					
	3	35 Päivittäin	Yliopisto-opinnot	ei					
	3	33 Päivittäin	Yliopisto-opinnot	kyllä				1	1
	3								
	2								
	3	30 Kerran viikossa	Yliopisto-opinnot	kyllä				1	1
	2	28 Harvemmin	Yliopisto-opinnot	kyllä				1	1
	2	29 Kerran viikossa	Yliopisto-opinnot	kyllä				1	1
	2	27 Päivittäin	Yliopisto-opinnot	kyllä				1	1
	2	28 Harvemmin	Toisen asteen opinnot	kyllä			1	1	
	2	30 Päivittäin	Korkeakouluopinnot	ei					
	2	37 Kerran viikossa	Korkeakouluopinnot	kyllä					1
	6	31 Kerran viikossa	Yliopisto-opinnot	kyllä				1	1
	5	31 Päivittäin	Yliopisto-opinnot	kyllä				1	1
	2	29 Kerran viikossa	Korkeakouluopinnot	kyllä				1	1
	2	29 Päivittäin	Korkeakouluopinnot	ei					
	4	28 Päivittäin	Yliopisto-opinnot	kyllä				1	1
	2								
	4	26 Kerran viikossa	Yliopisto-opinnot	kyllä				1	1

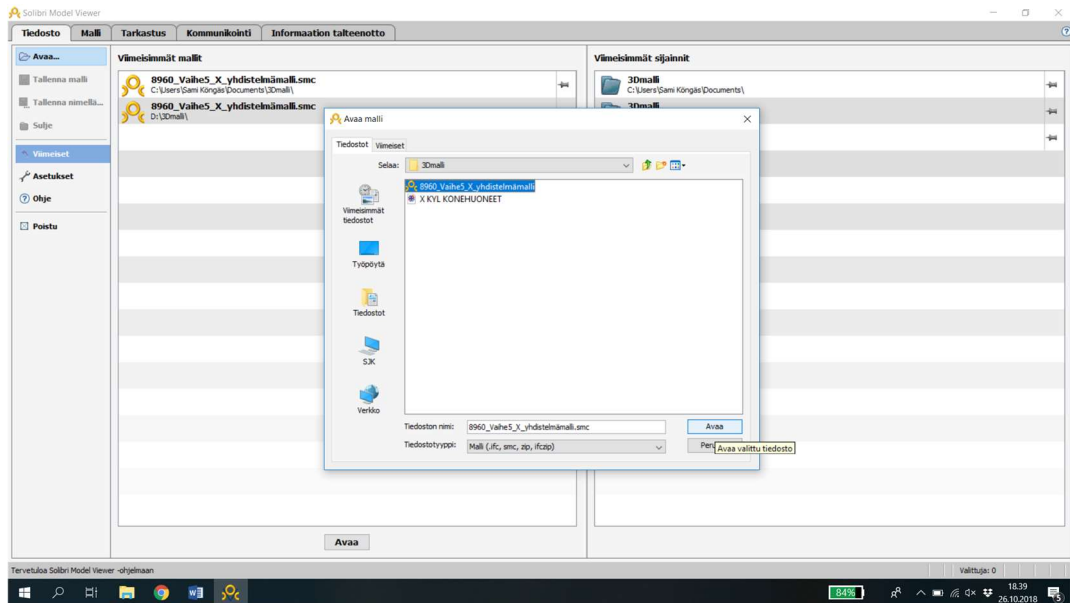
Aloittelijan opas

Jo hypoteesin perusteella tutkimuksessa osattiin olettaa, ettei 3D-mallin käyttö ole työmailla vielä yleisessä käytössä, vaikka suunnitteluvaiheessa sekä toimisto-oloissa 3D-malli on jo yleinen. Työn loppuun onkin koottu SMW:n käyttöopas, joka on tarkoitettu ihmiselle, joka ei ole ennen kyseistä ohjelmistoa avannut. Ensimmäisenä avataan ohjelma kaksoiskilkaamalla SMW:n pikakuvaketta työpöydällä. Kun ohjelma on avattu, avautuu esiin seuraava näkymä (kuva 1).



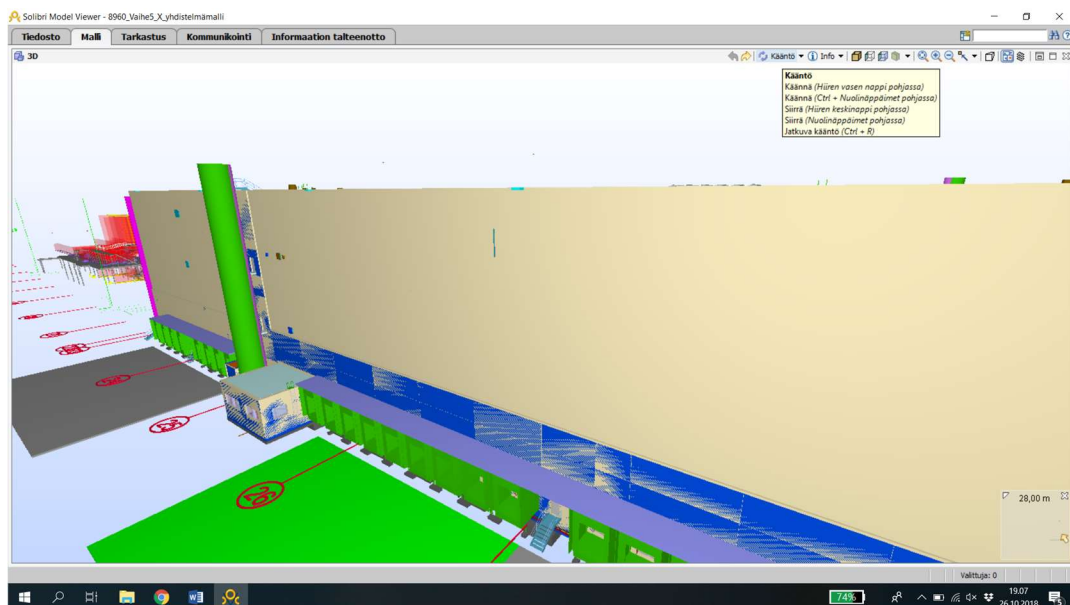
Kuva 1. Aloitusnäkyä SMW (Kuva Sami Köngäs)

Seuraavaksi painetaan avaa-painikkeesta ja etsitään tietokoneelta SMC-tiedosto. Tämän jälkeen valitaan tiedosto ja painetaan Avaa-painiketta pienemmän ruudun alakulmasta (kuva 2).



Kuva 2. SMW (Kuva Sami Kögäs)

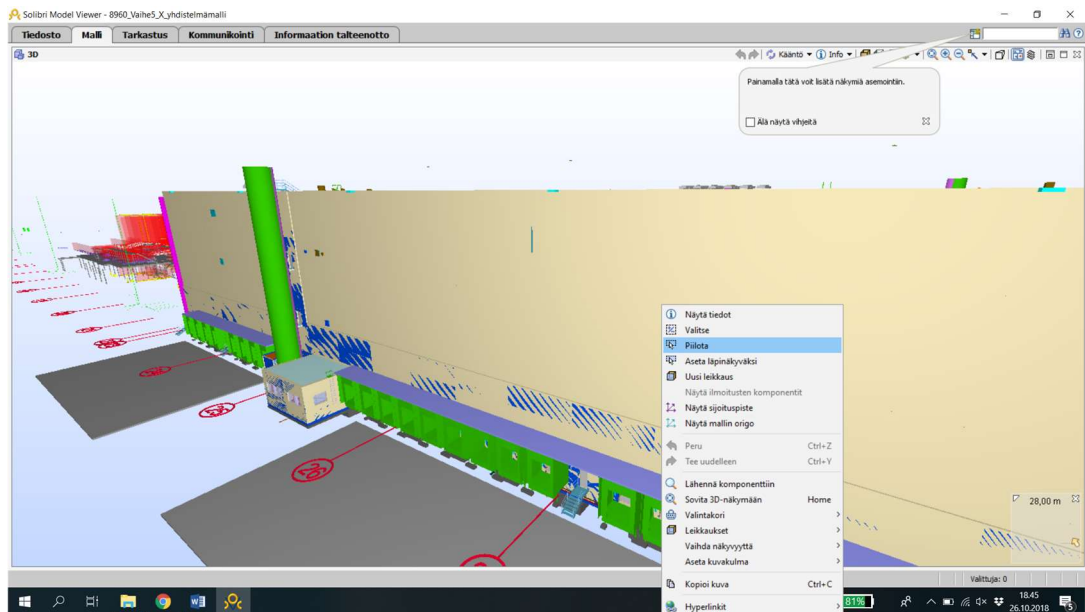
3D-malli kohteesta avautuu näytölle ja tämän jälkeen zoomaus toiminnot kohteeseen tapahtuu pyörittämällä hiiren pyörää. Liikkuminen ohjelmassa onnistuu nuolinäppäimillä ja hiirtä apuna käyttäen. Liikkumisen tilaa voidaan vaihtaa kuvan 3 osoittamasta valinnasta siirto, kääntö, kävely tai pelitilaan, joka on aloittelevalla käyttäjälle helppoin.



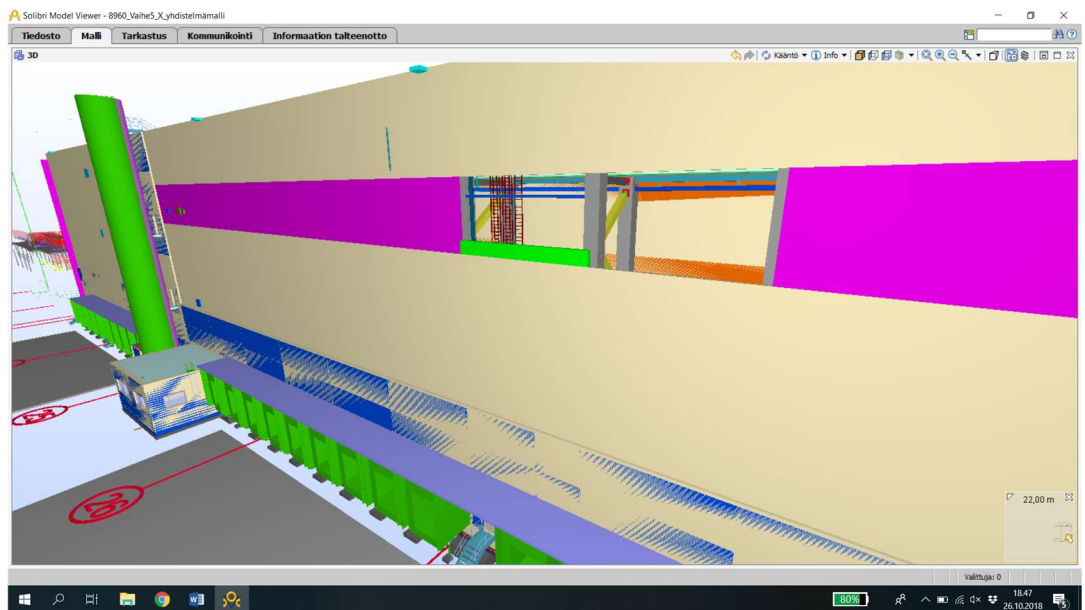
Kuva 3. PTDC-lohistiikkakeskuksen ulkoseinä (Kuva Sami Kögäs)

Kun haluat piilottaa objekteja edestä pois nähdäksesi esimerkiksi seinän taakse, paina objektin kohdalla hiiren oikeaa näppäintä ja valitse piilota (kuva 4 ja kuva 5). Voit piilottaa

objekteja myös info-painikkeen vieressä olevasta nuolivalinnasta kohdasta piilota ja tämän jälkeen objektin kohdalla napauttamalla hiiren oikeaa näppäintä.

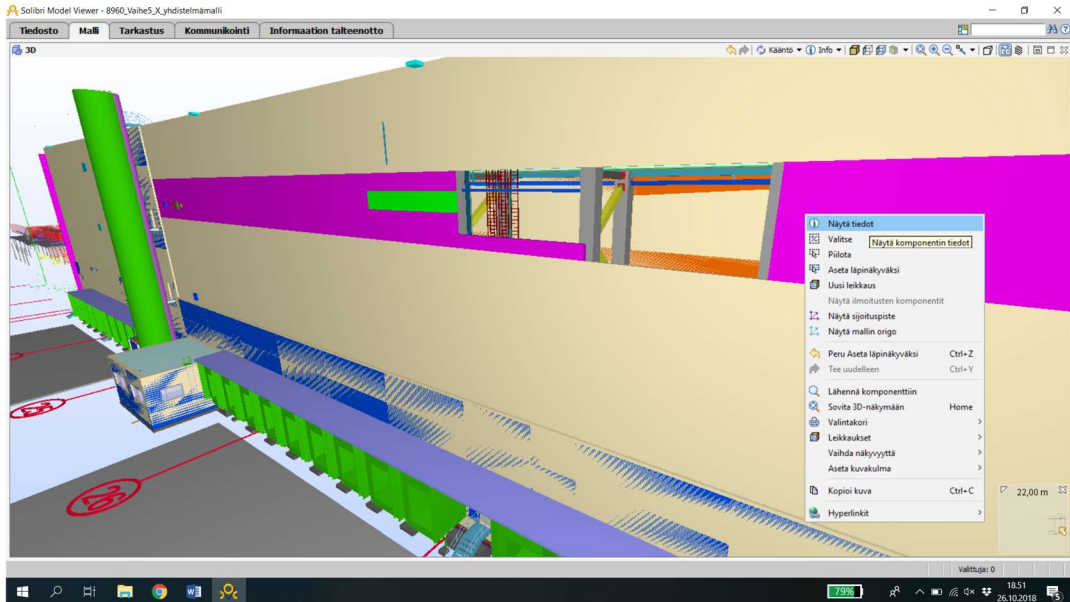


Kuva 4. Piilota objekti. (Kuva Sami Köngäs)

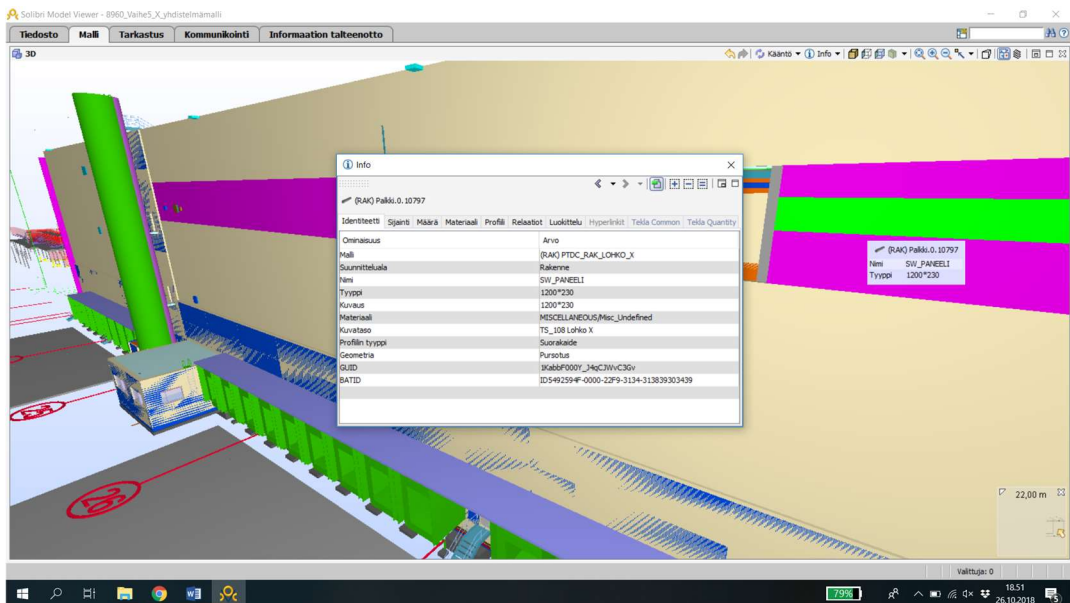


Kuva 5. Objekti piilotettu (Kuva Sami Köngäs)

Kun haluat objektin tietoja, paina hiiren oikeaa näppäintä objektin kohdalla ja valitse paina sarakkeesta ja näytä tiedot, jolloin valitsemasi objektin, tässä tapauksessa seinän, tiedot tulevat näkyviin (kuva 6 ja kuva 7). Tiedoista löytyy materiaalit ja mitat.

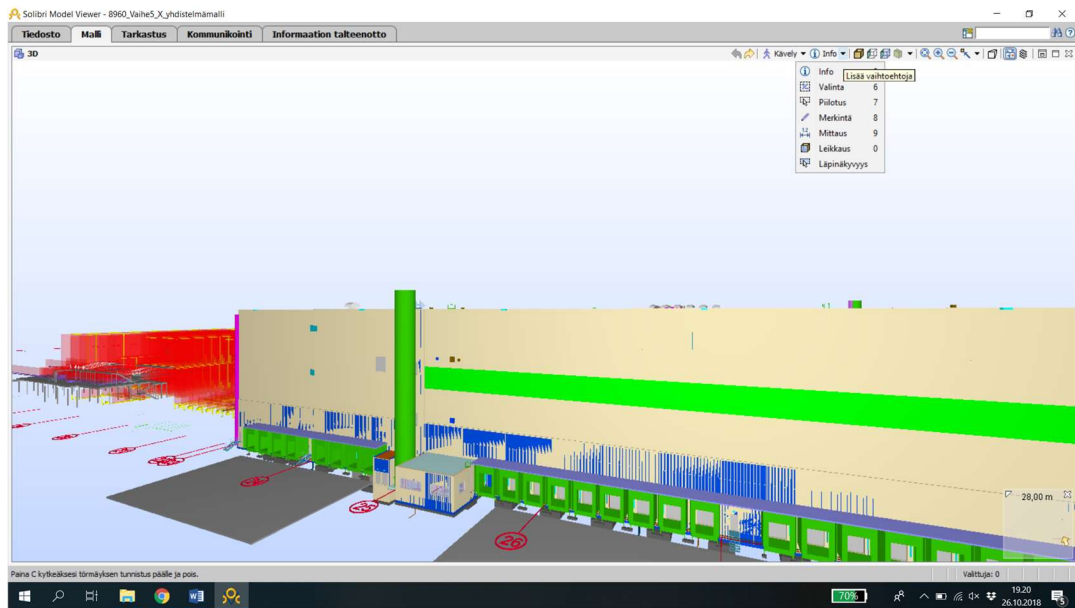


Kuva 6. Näytä Tiedot (Kuva Sami Köngäs)



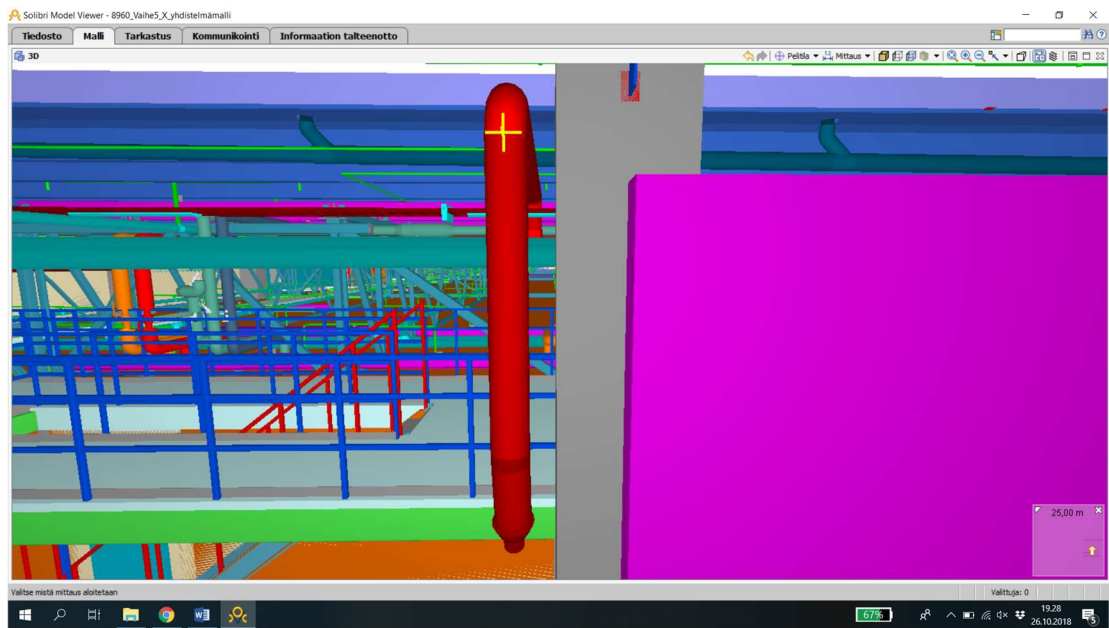
Kuva7. Objektin tiedot näkyvissä (Kuva Sami Köngäs)

Info-valinnan vieressä olevasta nuolesta saadaan esille muun muassa mittaus, ja merkintä toiminnot (kuva 8).

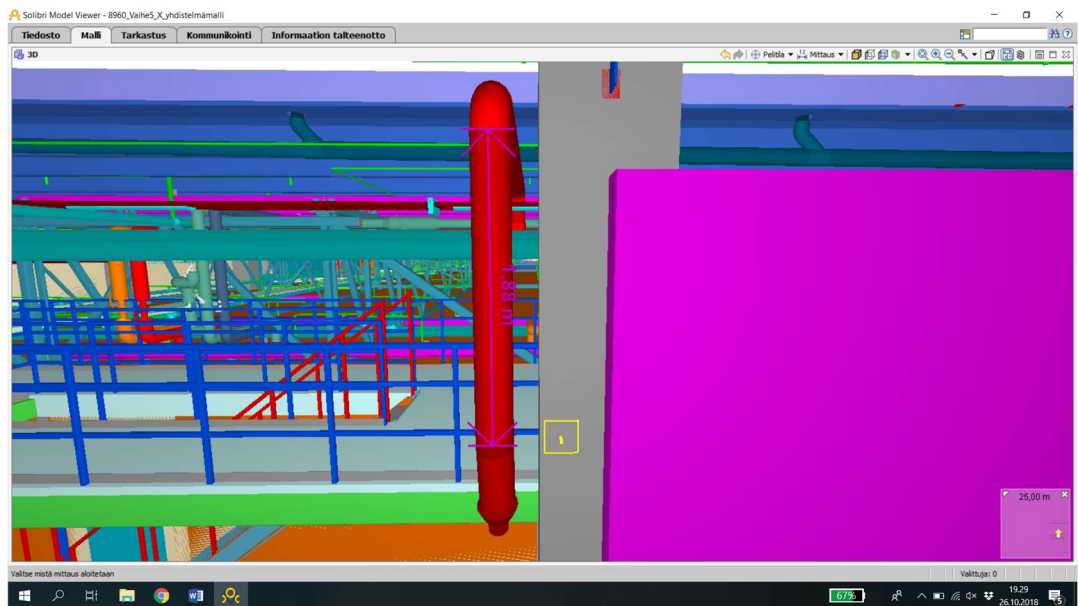


Kuva 8. Merkintä- ja mittaustoiminnot (Kuva Sami Köngäs)

Kun haluat mitata jotain objektia, valitse mittaus ja paina haluamaasi kohtaa (a), jotka haluat mitata, hiiren oikealla näppäimellä (kuva 9). Tämän jälkeen liikuta hiirtä haluamaasi kohtaan (b) ja paina hiiren oikeaa näppäintä, niin saat haluamasi objektin mitan tai etäisyyden (kuva 10). Tässä pitää kuitenkin olla tarkkana, että kuvakulma ja mittaus-apuviiva ovat suorassa välttääksesi mittausvirheet.



Kuva 9. Mittauspiste a (Kuva Sami Köngäs)



Kuva 10. Mittauspiste b (Kuva Sami Köngäs)