

Virpi Liukko

IFC-SUUNNITTELU PURKULASKENNASSA

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK)

Teollinen puurakentaminen

2022



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Virpi Liukko
Työn nimi	IFC-suunnittelu purkulaskennassa
Toimeksiantaja	Dovre Group Finland
Vuosi	2022
Sivut	69 sivua, liitteitä 22 sivua
Työn ohjaaja(t)	Marko Voutilainen, Petteri Härkönen

TIIVISTELMÄ

Tässä tutkimuksessa aiheena oli IFC-tiedoston käyttö rakennuspurkujätteen laskennassa. Työ tehtiin kansainväliselle konsulttiyritykselle Dovre Group Finland, jonka tavoitteena on tukea kestäväää kehitystä ja tarjota yhteistyökumppanuutta julkisten ja yksityisten yritysten projektien läpiviemiseen.

Opinnäytetyössä tutkittiin inventointimallintamisen ja erityisesti IFC-tiedonsiirron mahdollisuuksia purkulaskennassa. Työ käsitteli rakennusten purkusuunnittelua kokonaisuudessaan mutta keskittyi puurakenteisiin ja 3D-mallintamiseen IFC-tiedoston mahdollisuuksiin tällä alueella.

IFC-tiedonsiirron lisäksi opinnäytetyössä tarkasteltiin lähdetietojen keräämistä laserkeilauksen ja fotogrammetrian avulla. Rakennuspurkumateriaalien kartoitus voi olla haasteellista, koska vanhoista rakennuksista ei aina löydy ajantasaisia rakennuspiirustuksia tai rakennustapaselostuksia. Rakennusten purkamisessa on tärkeää saada kokoon rakennusmateriaalien massat, jotta rakennusjätteen logistiikka saadaan suunnitelluksi.

Tärkeää on myös kartoittaa rakennusjätteen kierrätysmahdollisuudet ja mahdolliset vastaanottohinnastot. Tämä vaikuttaa rakennuksen purkubudjetin laadintaan. Opinnäytetyön lopputuloksena oli kirjallisuuskatsauksen ja kehittämistyön fuusio, jossa laajasta informaatiomateriaalista oli kerätty taulukoita uusien työmenetelmien tueksi.

Asiasanat: purkulaskenta, IFC-tiedosto, 3D-suunnittelu

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Virpi Liukko
Thesis title	IFC design in demolition calculation
Commissioned by	Dovre Group Finland
Time	2022
Pages	69 pages, 22 pages of appendices
Supervisor	Marko Voutilainen, Petteri Härkönen

ABSTRACT

In this study the topic was the use of the IFC file in the calculation of construction demolition waste. The Thesis work was done for an international consulting company Dovre Group Finland, whose goal is to support sustainable development and offer cooperation in the implementation of projects in public and private companies.

The thesis examined the possibilities of inventory modeling and especially IFC data transfer in demolition calculations. The work dealt with the demolition planning of buildings entirety but focused on wooden structures and the possibilities of the modeling with IFC file in this area.

In addition to IFC data transfer, the thesis examined the collection of source data using laser scanning and photogrammetry. Mapping building demolition materials can be a challenge, because you cannot always find up-to-date construction drawings or construction method reports of old buildings. When demolishing buildings, it is important to collect the masses of building materials so that the logistics of construction waste can be planned.

It is also important to map construction waste recycling possibilities and possible reception price lists. This affects the preparation of the budget. The result of the thesis was a fusion of a literature review and development work, in which tables were collected from extensive information material to support the development methods of new work methods.

Keywords: demolition calculation, IFC file, 3D design

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TUTKIMUSASETELMA	14
2.1	Tutkimuskysymykset.....	15
2.2	Aineistonkeruu- ja analyysimenetelmät	15
2.3	Tutkimuksen rajaus.....	16
2.4	Tutkimuskohteet	17
3	TEOREETTINEN VIITEKEHYS	19
3.1	Lähtötietojen kerääminen	20
3.2	Lähtötietojen kerääminen	24
3.3	Puurakennuksen BIM-mallintaminen Revit-ohjelmistolla	30
3.4	IFC-mallintamiseen liittyvät perustiedot	37
3.5	IFC-tiedoston rakennehierarkia.....	40
3.6	Purkusuunnittelu Excelillä.....	42
4	TUTKIMUSTULOKSET	46
4.1	Tulos 1, Tekla	46
4.2	Tulos 2, Revit.....	50
4.3	Tulos 3, Excel	51
4.4	Tulos 4, IFC-tiedostojen tietosisältö.....	52
4.5	Backcasting-analyysi ja ABCD-menetelmä.....	53
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	60
5.1	Laadullinen jakauma eri prosesseissa	60
5.2	Muita IFC-suunnittelun tuomia etuja	62
6	POHDINTA.....	63
6.1	Mallintaminen, rakentaminen ja tutkimus Suomessa	63
6.2	Tutkimuksen onnistuminen ja jatkotutkimustarpeet	67
	LÄHTEET.....	70
	KUVALUETTELO	

LIITTEET

Liite 1. IFC-mallintamiseen liittyvää käsitteistöä

Liite 2. BEC-elementtitunnukset

Liite 3. Purkusuunnittelun materiaalitaulukot

Liite 4. IFC-tiedoston erittely

Liite 5. Pistepilven tiedostomuodot

1 JOHDANTO

Hyvin suunniteltu talon purkaminen säästää rahaa ja luontoa. Metallit kannattaa lajitella ja viedä romukauppiaille. Kiinteät kalusteet, kuten uunit ja pesukoneet voi viedä kierrätyskeskukseen tai myydä eteenpäin. Kaatopaikalle vietäessä rakennusjätteestä peritään jätemaksu, joten on hyvä suunnitella, mikä osa jätteestä kelpaa esimerkiksi energian tuottamiseen eli polttoon ja miten muuten jätettä voidaan kierrättää. Purkusuunnittelija kerää tietoa paikallisista jätteenpolttolaitoksista, romukauppiaista ja kierrätysmahdollisuuksista. Hän kerää tiedot materiaaleista ja niiden kierrätys hinnastosta.

Purkutyötä voidaan suorittaa eri laajuudessa. Kokonaispurkuun kuuluu rakennuksen purkaminen kokonaan, rakennuksen poisto käytöstä ja rekisteristä. Kokonaispurkuun kuuluu eri vaiheita, kuten käsin purku ja massiivipurku. Osapurku ja saneerauspurku kuuluvat purkuun, jossa puretaan kokonaan tai osittain jokin rakennuksen osa (Juutinen 2022, 2–3).

Taulukossa 1 on koottuna purkutyöhön liittyviä asiakirjoja, kierrätys- ja purkutapoja sekä purkusuunnitelmien ja -tutkimusten tekijät ja vastualueet. Purkuluja haetaan silloin, kun rakennus sijaitsee kaava-alueella, tai alueella, joka on kaavan valmistelun vuoksi rakennuskiellossa. Purkuilmoitus riittää silloin, kun rakennus sijaitsee kaava-alueen ulkopuolella tai kyseessä on muu vähäinen rakennus (talousrakennus). RK9-tilastolomakkeella rakennus poistetaan rekisteristä (Wahlström ym. 2019).

Taulukko 1. Ympäristöministeriön opas (purkutyöt – opas tekijöille ja teettäjiille 2019)

Ohjeet ja asiakirjat	Rakennustieto, RT Purkukartoitus Purkuilmoitus Purkusuunnitelma Turvallisuusasiakirja
Kierrätys	1. Uudelleenkäyttö 2. Kierrätys 3. Hyödyntäminen energiana

	4. Jätteen loppukäsittely
Purkutapoja	Kokonaispurku, osapurku, saneerauspurku <ul style="list-style-type: none"> • Kone- ja laitepurku • Sisäpurku • Raskas-, massiivipurku • Lajitteleva purku • Pulverointi, betonijätteen murskaus
Viranomainen, tekijä	Tehtävä
Haitta-ainekartoittaja, Asbesti- ja haitta-ainekartoitusten -tutkimuksen tekijä	<ul style="list-style-type: none"> • Selvittää ja tekee tarvittavat tutkimukset haitallisia aineita sisältävistä materiaaleista • Esittää raportissaan tulokset haitta-aineiden laadusta, määrästä, sijainnista ja muista oleellisista seikoista sekä antaa purkutapasuositukset. • Haitta-aineita: Asbesti, POP, PAH, PCB (eristyslaselementit -tiivistysmassa), PBDE- ja HBCD-yhdisteet (Bromatut palonestoaineet), BFAS-yhdisteet, raskasmetallit, lyijyt, SVHC-aineet, mikrobivauriot
Muiden purkumateriaalien kartoittaja	<ul style="list-style-type: none"> • Tekee selvityksen muista ei-haitallisista purkumateriaaleista ja antaa suositukset niiden erilliskeräyksestä. • Tunnistaa uudelleenkäyttökelpoiset rakennusosat ja materiaalit. • Tunnistaa uudelleenkäytettävien rakennusosien ja materiaalien mahdollisen kulttuurihistoriallisen arvon. • Tunnistaa uudelleenkäyttöön tai muuhun hyödyntämiseen soveltuvan irtaimiston ja esittää vaihtoehtoja niiden toimittamisesta uudelleenkäyttöön. • tarjoaa rakennuksen omistajan tai viranomaisten pyytämiä lisätietoja, kuten arvioita materiaalien ja rakennusosien arvosta, teknisestä kunnosta, ympäristöjalanjäljestä ja mahdollisista lisäselvitys- tai tutkimustarpeista.

Suunnittelijat ja rakennuttajakonsultit	<ul style="list-style-type: none"> • Tekevät työsuunnitelman ja purkutyöseloituksen. <p>Tekevät kilpailutusta varten kaupalliset asiakirjat (mm. urakka- tai purkutyöohjelma).</p>
---	---

Purkuala on muutoksen edessä. Jätelaki on juuri muuttunut ja jätteen erillis-keräysvelvoite on tullut voimaan 1.7.2022. Tämä tarkoittaa sitä, että lajitellusta materiaalista saadaan paremmin tuotettua uusia materiaaleja ja hyödynnettyä jätemateriaali.

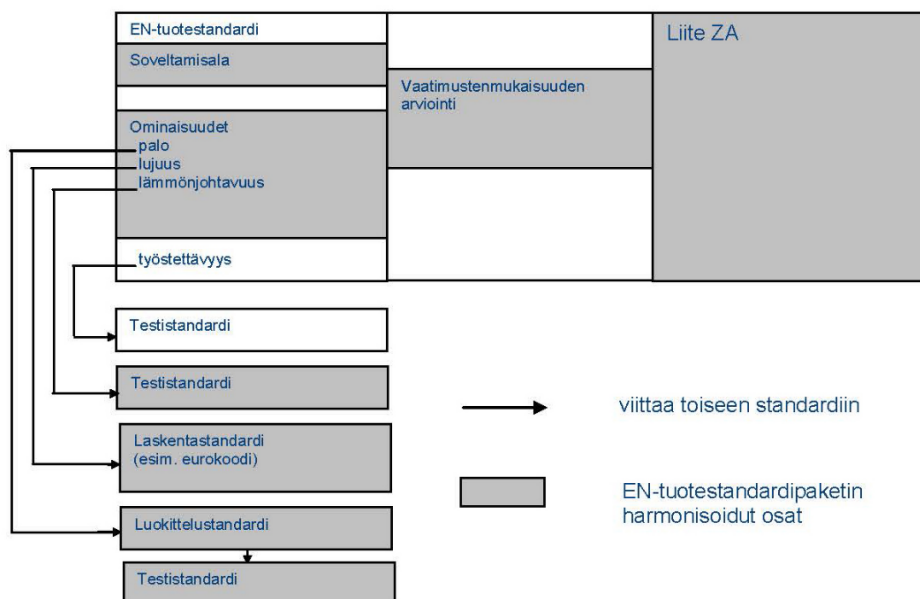
Ylen uutisissa 17.1.2019 Vesa Grekula toteaa, että Suomessa rakennuksia puretaan viitisen tuhatta vuosittain ja purkualaa on viime vuosina kohdannut muun muassa työvoimapula. Ylen uutisissa 7.10.2022 Suomen purkuliikkeiden liiton puheenjohtaja Kai Salmi kertoo haastattelussa, että tällä hetkellä purkuryitykset ovat yleensä pieniä ja keskisuuria. Aikaa ei riitä kierrätyspalveluiden kehittämiseen. Tästä syystä purkualalle toivotaan suurempia yrityksiä. Suuremmissa yrityksissä, joissa kierrätyksen kehittämistä tapahtuu, on paljon rakennesuunnittelua, laskentaa ja massoittelua. Purkusuunnittelu on nykyään enemmänkin insinöörialaa, Kai Salmi toteaa. Siksi alalle kaivataan insinööriopiskelijoita, ja yhteistyökuvioita ammattikorkeakoulujen ja purkusuunnittelun välillä onkin toteutettu.

Nykyään purkukartoitus on vapaaehtoinen, mutta sen laatimista suositellaan yli 100-neliöisiin purkuhankkeisiin. Valmisteilla olevaan maankäyttö- ja rakennuslain (MRL) uudistukseen ei ole tullut esitystä purkukartoituksen pakolliseksi asettamisesta (Kinnunen 2002). Kehitteillä on kuitenkin ehdotus, jonka mukaan uudelleenikäytön suunnittelua varten on kerättävä tietoa purettavan rakennuksen suunnitelma-asiakirjoista, mm. rakennusvuosi sekä tekniset tiedot säilytettävistä rakennusosista. Esimerkkinä betonielementin osalta tekniset tiedot ovat seuraavanlaisia: elementtityypit, dimensiot, reiät, liitokset, rasitusluokat, betonin puristuslujuus, raudoitus (Zhu ym. 2022, 52). Tämän tyyppinen tutkimusvaatimus on kehitettävä ja räätälöitävä jokaiselle uudelleenkäytettävälle rakennusosalle. Tuotehyväksyntää ajatellen on mahdollisuuksien mu-

kaan selvitettävä purettavien rakennusosien historia ja tekniset asiakirjat tuotehyväksyntämenetelmistä sekä mahdolliset tuotehyväksyntädokumentaatiot (Zhu ym. 2022, 52).

Kierrätettäviä rakennustuotteita on ajateltava sekä terveellisyyden ja turvallisuuden että rakenteiden lujuuden ja vakauden näkökulmasta. Muita huomioon otettavia asioita ovat paloturvallisuus, esteettömyys, meluntorjunta ja energiatehokkuus. Uudelleen suunniteltujen tuotteiden suunnitteluun ja valvontaan täytyy kehittää ohjeistusta sekä sitä, miten tuote pystytään jäljittämään rakennusjärjestelmässä ja miten tuotteeseen suunnitellaan käyttö- ja huolto-ohjeet. Rakennustuotteiden täytyy täyttää rakentamismääräykset, jotka ovat tarkemmin eritelty Maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999).

Terveellisyyden ja turvallisuuden näkökulmasta vaarallisten aineiden päästöt ovat tulossa osaksi CE-merkintää, -cEN/TC 351 ja cEN/TC 350 (Vuorinen 2019). Tämä tarkoittaa sitä, että rakennustuotteen on täytettävä rakennustuoteasetuksen olennaisen vaatimuksen n:o 3 (terveys, ympäristö, hygienia) toimeenpano. Tämä taas tarkoittaa, että tuotteesta on validoitava päästöt ilmaan ja maaperään tai vesiin sekä ionisoiva säteily ja tämä ilmoitus (DoP) tulee osaksi rakennustuotteiden CE-merkintää.

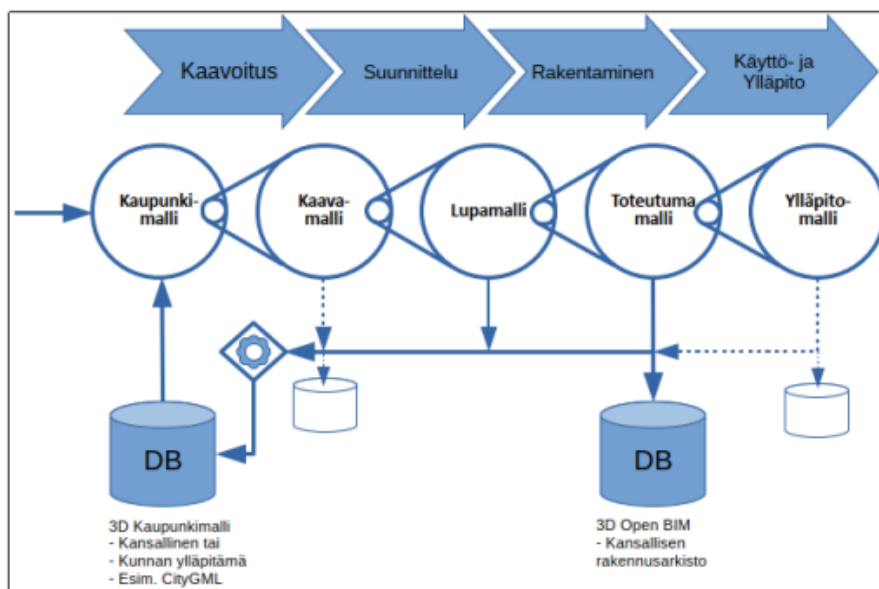


Kuva 1. Tuotestandardit ja viitestandardit 2021

Kuva 1 on erittely eurooppalaisesta tuotestandardoinnista. Rakennustuotteet täytyy EU:n alueella standardoida CE-merkinnällä. Myös kierrätetyt rakennustuotteet tulisi hyväksyttää testauksin. CE-merkinnässä tulee esittää materiaalista tietyt viranomaisvaatimukset, jotka tuotteelle on asetettu. CE-merkintään riittää, että yksi tuotteen ominaisuus on testattu. CE-merkintä voi olla eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukainen tai eurooppalaisen harmonisoidun tuotestandardin mukaisella testimenetelmällä testattu. Testi tulee tehdä valvonnan alla toimivassa virallisessa testauslaitoksessa.

RT eli Rakennustuoteteollisuus ry on pohtinut CE-merkinnän harmonisointia. Osa CE-merkityistä tuotteista on harmonisoitu, mikä tarkoittaa, että tuote tai jokin osa tuotteesta on testattu Euroopan alueella sovitun yhteisen suoritustason mukaisella menetelmällä. Tuotteen harmonisoidut ja harmonisoimattomat osat määritellään ZA-liitteessä. On kuitenkin huomioitava, että tuotteen käytettävyys on aina arvio aiottuun rakennuskohteeseen, eikä CE-merkintä takaa tuotteen soveltuvuutta. CE-merkityjä tuotteita tulee kuitenkin aina tarkastella paikallisten olosuhteiden, paikallisten rakentamismääräysten ja aiotun käytön perusteella (Ympäristöministeriö 2022). Kokko (2019) muistuttaa, että harmonisoidun tuotestandardin kumoaminen ei välttämättä poista sitä käytöstä. Kierrätysmateriaalista tuotettu rakennusmateriaali on kuitenkin joltain osin testattava, jotta varmistutaan tuotteen turvallisuudesta.

Kiertotalous on keskeinen osa EU:n ympäristöpolitiikkaa ja vastikään julkistettua Vihreän kehityksen ohjelmaa European Green Deal. Keväällä 2022 on EU:lta tullut uutta ohjeistusta kierrätykseen liittyvistä asioista. Tulevaisuudessa rakennusteollisuus kokonaisuudessaan digitalisoituu ja modernisoituu (kuva 2). Digitalisoituminen on alkanut maarakentamisesta ja kaupunkisuunnittelusta, mutta voidaan olettaa, että pikkuhiljaa koko rakennusteollisuus rakennuslupakäsittelystä ja uudelleenrakentamisesta purkuun digitalisoituu.

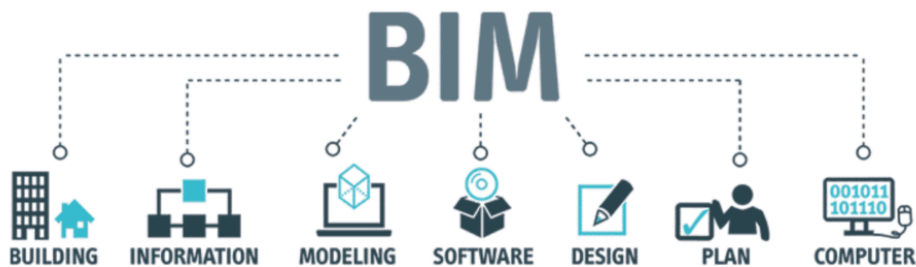


Kuva 2. Rakennushankkeen pääprosessit ja tiedon siirtyminen (Kokko, Karhu 2021)

Tällä hetkellä Suomessa tuetaan kestävän kehityksen ja kierrätyksen hankkeita. EIB:n Horizon 2020 -ohjelmaan kuuluva InnovFin-rahoitusinstrumentti tukee innovatiivisia teknologialähtöisiä kiertotaloushankkeita. Tarkoitus on lisätä teknologian innovatiivisia ratkaisuja ja kehittää teollisuutta kestävän kehityksen suuntaan. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun ReUse-hanke, jossa kehitettiin ja innovoitiin purku- ja ylijäämämateriaalin uudelleenkäyttöä, toteutettiin 2018–2020 (Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu 2020). Syyskuussa 2021 julkaistiin tieto siitä, että Green Building Council Finland (FIGBC) on rakentanut yhdessä jäsenmaidensa kanssa hiilineutraalin rakennetun ympäristön toimenpideohjelman.

Tämä konteksti luo tarpeen rakentamisen ja rakennusten purkamisen osalta tehtyyn suunnitelmalliseen mallintamiseen ja suunnitteluun, joka tähtää purkumateriaalin parempaan kierrätysasteeseen ja luo yhteistyötä eri verkoston osajien kesken. Ideoita, innovaatioita ja näkymiä tulevaisuuden rakentamiselle tarvitaan kipeästi rakennettavan ympäristön kestävän kehityksen alueella. Opinnäytetyö käsittelee IFC-mallintamista osana purkusuunnittelun tehostamista. Työ tehdään kansainväliselle konsulttiyritykselle Dovre Group Finland:lle ja tavoitteena on parantaa purkusuunnittelua mallintamisen avulla. Mallintaminen ja sen resurssien tehokas käyttäminen voi tuoda yritykselle ja sen yhteistyökumppaneille tehokkuutta ja poistaa väärinymmärryksiä, joita 2D-kuvien käyttö voi aiheuttaa.

BIM (Building Information Modeling) (kuva 3) on 3D-suunnittelun ala, jota käytetään AEC-teollisuudessa (Architecture, Engineering, Construction). Tällä hetkellä rakennuksia suunnitellaan edelleenkin kaksiulotteisesti, jotta tietomallista ei tulisi liian raskas. BIM-suunnittelussa kohde suunnitellaan kolmeulotteisesti ja malliin voi liittää tietoja erilaisista rakenteista. Rakennusten BIM-mallinnusta voi tehdä erilaisilla suunnitteluohjelmilla. Yleensä eri suunnittelijat, arkkitehdit, rakenneinsinöörit, LVIS-suunnittelijat ja kustannuslaskijat käyttävät eri suunnitteluohjelmia. Yleisimpiä rakennusalan BIM-ohjelmistoja Suomessa ovat Trimblen Tekla Structures, Autodeskin Revit -ohjelmisto, CAD-ohjelmistot ja puusuunnittelussa käytetty Vertex-ohjelmisto.

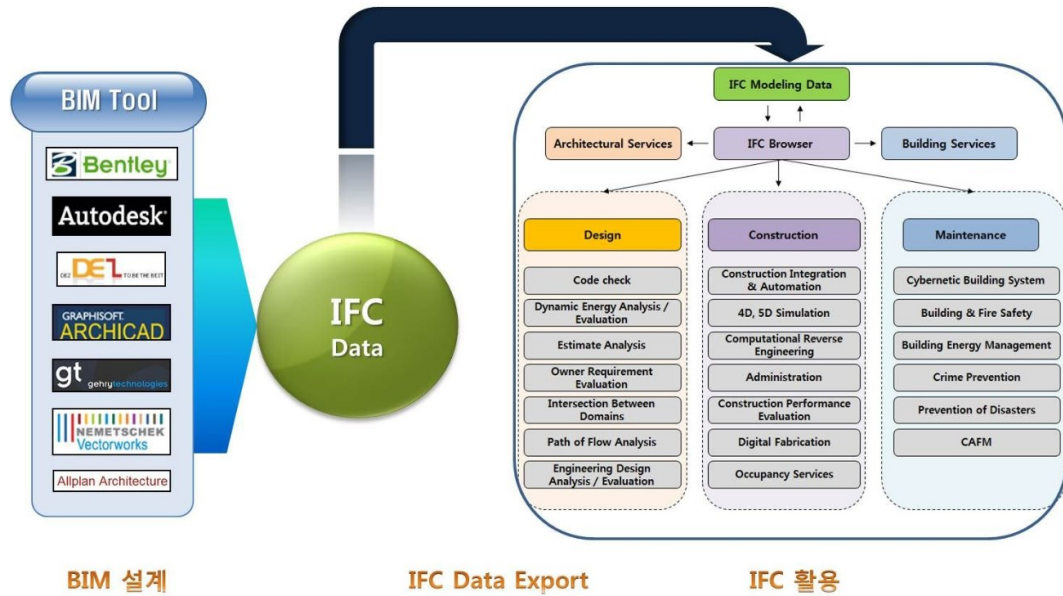


Kuva 3. Building Information Modeling (bimspot.io 2020)

BIM-suunnittelussa tietomalli luovutetaan natiivimuodossa tai IFC-formaatissa. Natiivimuodolla tarkoitetaan mallinnusohjelman omaa tiedostomuotoa. Natiivimuoto on avattavissa useimmiten vain saman ohjelmistovalmistajan tuotteilla. Mallinnusohjelmien väliseen tiedonsiirtoon yleisesti käytetty avoin tiedostomuoto on IFC-formaatti. Geometrian lisäksi IFC-formaatti mahdollistaa rakennusosan haluttujen attribuuttitietojen siirtämisen erilaisten suunnitteluohjelmien välillä. Attribuutteja voidaan käyttää esimerkiksi rakennusosan kerros-, lohko- ja suunnittelun vaihetiedon ilmoittamiseen (Elementtisuunnittelu.fi 2022).

Scan to BIM on määritelmä, jossa rakennusprojektista luodaan laserskannauksen avulla 3D-tietomalli, jota käytetään projektin hallinnassa. Rakennuksen mallintaminen tapahtuu yleensä projektin ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa. Tällöin projektille määritellään tavoitteet ja BIM-mallille määritellään kehukset. Yleensä tilaaja vaatii BIM-mallin tai inventointimallin luovuttamisen

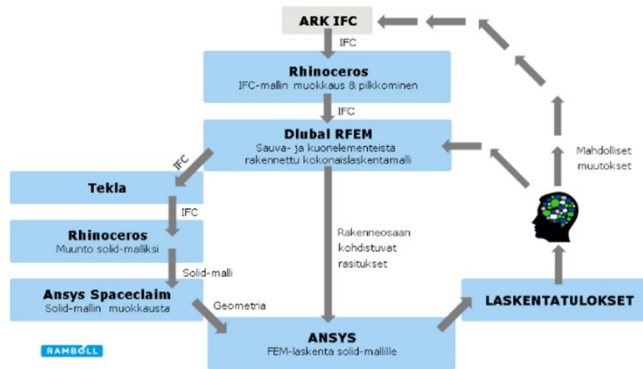
IFC-formaatissa, jotta eri ammattikuntien edustajien (arkkitehdit, insinöörit ja rakentajat) tietomallien yhdistäminen onnistuu. Natiivimuodossa oleva malli luovutetaan silloin, kun halutaan varmistaa, ettei mitään tietoa lähdemallista häviä mallia jaettaessa tai jos mallia halutaan kehittää jatkokäyttöä varten.



Kuva 4. IFC-formaatti tiedonsiirrossa (Tweet 2020)

IFC-tiedonsiirtoa käytetään tietomallipohjaisessa rakennusten mallinnusohjelmien välisessä tiedonsiirrossa (kuva 4). Tietomalleja voidaan hyödyntää koko rakentamisprosessissa ja eri ammattikuntien käyttämien ohjelmistojen välillä. Malliin voidaan kytkeä aikataulutusta (4D) ja kustannusohjausta (5D), elinkaari-kustannuslaskenta (LCC, Life Cycle Costing) (6D), rakenteiden, mittareiden,

takuiden, manuaalien, talotekniikan ja koko rakennuksen elinkaaren seuranta(7D) ja jopa rakenteiden mittatarkka suunnittelu eli ohjaus suoraan työkoneelle (Vertex).



Kuva 5. IFC-tiedostomuodon käyttö FEM-mallinnuksen apuna esimerkkitapauksessa (Raiskila & Tuikka 2017)

IFC-tiedoston määrittely perustuu standardiin ISO 10303, joka yleisemmin tunnetaan nimellä STEP (Standard for the Exchange of product Model Data). IFC-tiedoston käyttöä on tutkittu Suomessa jo vuodesta 2017. Kuvassa 5 Raiskila ja Tuikka esittelevät arkkitehdin IFC-tiedoston käyttöä FEM-laskennassa kaaviolla.

2 TUTKIMUSASETELMA

Tämä opinnäytetyö esittelee BIM-mallintamisen käyttöä purkulaskennan apuvälineenä. Testauksen kohteena on IFC-tiedonsiirto. Työssä käsitellään myös rakennusjätteen kierrätystä kaikkien materiaalien osalta mutta keskitytään puumateriaalien kierrätykseen. Työn tavoitteena on löytää IFC-suunnittelussa malleja ja käyttöratkaisuja, jotka tukevat ajankäytöllisesti nopeaa purkusuunnittelua ja tuottavat sille lisäarvoa.

Vertailtavat kohteet ovat mallintamishjelmat Trimblen Tekla Structures ja Autodeskin Revit. Perinteisesti purkusuunnittelua on tehty käsin laskennan (Excel) avulla tai muulla määrälaskentaohjelmalla. Aineistona tutkimuksessa käytetään aikaisempien tutkimusten tuloksia ja omaa empiirisen aineiston tutkintaa ja näiden aineistojen vertailua keskenään.

Purkuarviot suoritetaan pistepilvipalvelun antamilla tiedoilla tai arkkitehdin pohjapiirustusten pohjalta. Haasteena purkusuunnittelussa on se, että vanhoista rakennuksista ei aina löydy rakennetietoja tai rakennustapaselostuksia. Rakenteiden arviot suoritetaan kokemuksen tuomalla arviointikyvyllä ja ajan rakennustapojen tuntemuksella. Ensimmäiset rakennusmääräykset julkaistiin vuonna 1976. Sitä ennen rakennusten suunnittelu ja toteutus on ollut rakennusmestareiden ja ulkomailta tulleiden professoreiden opettamien tietojen varassa.

2.1 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymyksenä on se, sopiiko BIM-mallintaminen ja eri ohjelmien välinen IFC-tiedonsiirto purkusuunnitteluun. Onko purkusuunnittelu tehokkaampaa BIM-mallintamisen avulla kuin perinteinen purkujätteen määrän laskeminen ja erottelu Excel-tiedostossa.

Toisena kysymyksenä mietitään sitä, helpottaako BIM-mallin jakaminen IFC-tiedoston avulla työskentelyä purkusuunnittelussa. Helpottaako se esimerkiksi urakan jakoa eri tahoille? Työssä pohditaan, IFC-tiedonsiirtoa testaamalla ja mietitään, tuleeko IFC-suunnittelun etuna jotain muuta. Näitä etuja voisivat olla esimerkiksi määrälaskennan tehostaminen, urakkarajat ja muut edut, kuten työjärjestyksen suunnittelu. Onko BIM-mallista ja sen IFC-tiedostosta hyötyä esimerkiksi siinä, että kohdetta voi esitellä projektin muille toimijoille, urakoitsijoille tai purku-urakan suunnittelijoille?

2.2 Aineistonkeruu- ja analyysimenetelmät

Empiirisen osan aineistona käytän omaa työtäni. Reliabiliteetin eli luotettavuuden arvioinnissa tulee ottaa huomioon käyttäjän tekniset taidot ja sen luomat rajoitteet sekä kokemattomuus rakenteiden historian tuntemuksessa. Tutkimusaineiston laadun tarkkailuun vastataan ISO 9000 -standardisarjalla, johon rakennusalan peruskäsitteet, termit ja määritelmät sisältyvät. Laadun tarkkailuun BIM-mallintamisessa käytetään YTV2012-tietomallintamisen laadunvalvontaan kehitettyä ohjeistusta, etenkin seuraavia ohjeistuksia:

- osa 2. lähtötilanne
- osa 6. laadunvarmistus
- osa 7. määrälaskenta

BIM-mallin nimikkeistön ohjeistus tapahtuu ohjekortin avulla RT 15-10919 CAD-KUVATASOJÄRJESTELMÄ, joka pohjautuu Talo 2000 -nimikkeistöön.

Työn arvioimiseen ja analysointiin käytetään Backcasting -analyysiä ja siihen liitettynä ABCD-menetelmää (The Natural Step 2021). Ensin esitellään tulevaisuudenkuva eli visio, jota lähdetään jäljittämään tämän päivän käytäntöihin ja suunnittelutapoihin. ABCD-menetelmä ryhmittelee vision ongelmanratkaisut A = Tietoisuus ja visiointi, B = Perusteiden kartoitus, C = Luovien ratkaisujen ideointi ja D = Priorisointi. The Natural Step -järjestö puhuu menetelmästä strategisen kestävän kehityksen yhteydessä.

Tietoa IFC-mallintamisesta ja rakennuksen purkusuunnittelun menetelmistä sekä näihin liittyvistä asioista haetaan opinnäytetyöarkistosta Theseuksesta sekä tutustutaan BIM-mallinnuksen trendeihin ja tulevaisuuden näkymiin internetistä löytyvän aineiston pohjalta.

Lisäarvona tutkimukselle ovat sisäisen laadunvalvonnan FPC-käsikirjat, jotka syntyvät tekemäni työn erehdyksen ja onnistumisen kautta ja joita voidaan kehittää sen mukaan, kun järjestelmä kehittyy. Tutkimuksen tarkoituksena ja tuloksena on luoda prosessi, joka on helppo toteuttaa ja joka yleistyisi näin yritysten käytössä.

FPC (Factory Product Control) on laatu- ja työohjeita sisältävä manuaali, jonka työohjeita noudattamalla ja laatudokumentteja käyttämällä varmistetaan tuotteiden vaatimustenmukaisuus.

2.3 Tutkimuksen rajaus

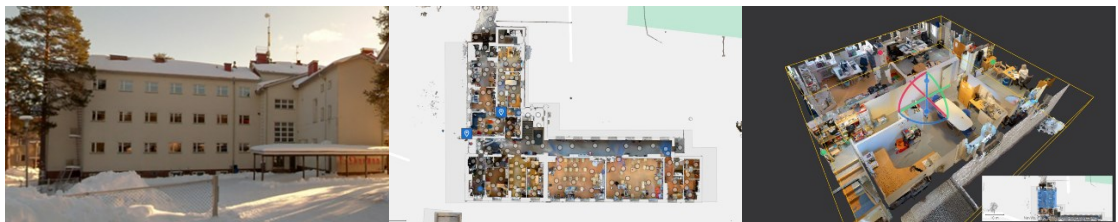
Tutkimuksen rajauksena Tekla- ja Revit-ohjelmiston vertailu. Excel-pohjaista laskentaa käytetään tämänhetkisen laskentatavan esimerkkinä. Opinnäytetyö ei ota kantaa IFC-tietomalliformaatin käyttöön kaupunkimallinluomisessa, josta löytyy ympäristöministeriön teettämä kehityshanke IFC-mallien vaatimuksien

tarkentaminen kaupunkimalliin siirtämisen helpottamiseksi ja paikkatiedon saamiseksi, vaikkakin BIM-mallin tuominen koordinaateiltaan oikeaan paikkatietoon osaltaan kuuluukin lähdetietojen luomiseen BIM-suunnittelussa.

2.4 Tutkimuskohteet

Tutkimuskohteina on viisi rakennusta. Koulurakennuksen purkulaskenta suoritetaan Tekla-ohjelmistolla, kahden puisen kasarmirakennuksen BIM-mallintaminen suoritetaan Revit-ohjelmistolla ja kolmas esimerkki on terveyskeskusrakennus, jota käytetään Excel-laskennan laskuesimerkkinä.

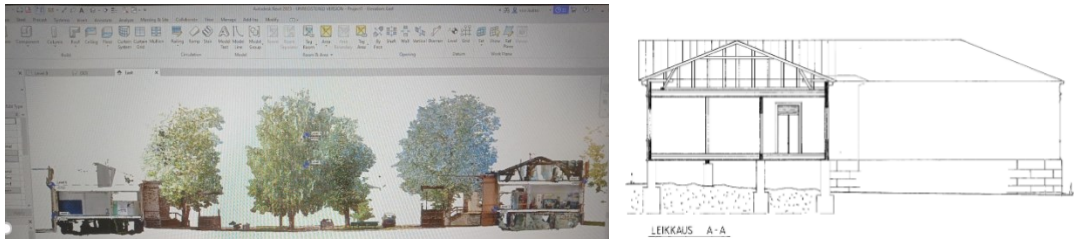
Ensimmäisenä tutkimuskohteena (kuva 6) on massiivitiilirakenteinen koulurakennus, joka on yli 100 vuotta vanha. Koulurakennuksessa on 2-kerroksinen osa ja 3-kerroksinen osa. Rakennuksessa on myös kellarikerros. Koulurakennus mallinnetaan Tekla-ohjelmistolla.



Kuva 6. Vasemmalla koulurakennus 1890-luvulta, keskellä pohjakuva, oikealla 3D-Kuva irtaimistoinen. (Kuvat eSiteView)

Tekla-ohjelmistolla suunnitellun purku-urakan IFC-tiedonsiirron testaamiseen käytän sekä koulurakennuksen IFC-mallia että Laavu-projektia, joka on hirsi-rakenteinen. Tämä ratkaisu on tehty siksi, että haluan tuoda esille puurakenteisen rakennuksen IFC-tiedonsiirtoon liittyviä käytäntöjä ja ongelmakohtia.

Toisena tutkimuskohteena (kuva 7) on kaksi vanhaa kasarmirakennusta, jotka ovat suojeltuja. Kasarmirakennusten käyttötarkoitusta aiotaan muuttaa. Tilaaja haluaa kohteesta tason 3 BIM-mallin, joka helpottaa tulevan saneerauksen suunnittelemista.



Kuva 7. Vasemmalla pistepilvi-kuva (Revit2023-ohjelmisto). Oikealla kasarmirakennuksen poikkileikkaus (arkkitehdin Kuva 1992).

Revit2023 -ohjelmistolla mallinnetun BIM-mallin suunnittelussa tulee huomioida korjausrakentamisen tarpeita tilaajan kannalta. Lähtötietomalli, eli inventointimalli suunnitellaan niin, että purettavista osista saadaan tehtyä listoja, joissa näkyy materiaalien ja osien sijainti, koko ja paino. Tärkeää on saada malliin ajantasaiset arkkitehtikuvat, jotta suunnitelmat ja muutokset saadaan toimitetuksi rakennusviranomaisille. Revit-mallin pohjaa, voidaan käyttää myös koko rakennuksen purkusuunnitteluun.

RT 15-10849 Muutos ja korjausrakentamiseen tarvittavia lähtötietoja:

- Asemakaava ja rakennusjärjestys
- Suojelumääräykset ja rakentamisen ympäristövaikutusten arviointi
- Rakennushistoriaselvitys kulttuurihistoriallisesti ja taiteellisesti arvokkaan rakennuksen korjausrakentamishankkeessa
- Kaupunki- tai maisemakuva, naapurirakennukset
- Rakennuksen sisä- ja ulkoarkkitehtuuri
- Selvitys käytetyistä materiaaleista ja rakennustavasta
- Rakennusfysikaaliset ominaisuudet ja terveydelliset olosuhteet
- Energiataloudellinen selvitys, rakennuksen elinkaaren aikainen ympäristö-
rasitus, rakennusosien ja teknisten järjestelmien korjattavuus, vaihdetta-
vuus ja kierrätettävyys
- Hankkeen tilaohjelma, aikataulu ja toteutusmuoto
- Ajantasapiirustukset
- Korjaushistoria



Kuva 8. Ylhäällä terveystalorakennuksen julkisivu, alhaalla vasemmalla pohjakuva ja alhaalla oikealla 3D-leikkauskuva (Kuvat eSiteView 2022)

Excel-pohjaisen laskennan tutkimuskohteena on terveystalorakennus (kuva 8). Sen osia ovat

- kellarikerros,
- 1. ja 2. kerros sekä
- kevytsorakatto.

Terveystalorakennus puretaan kokonaisuudessaan. Rakennus on betonielementtirakenteinen ja rakennettu todennäköisesti 1970-luvulla. Rakennusmateriaaleille ja irtaimistolle pyritään löytämään uudelleenkäyttökohteet. Kohteessa suoritetaan haitta-ainekartoitus, jonka tuottaa RamoPro -niminen yritys.

3 TEOREETTINEN VIITEKEHYS

Rakennusten purkuun ja rakennusmateriaalien määrälaskentaan tarvitaan tietoa rakennusmateriaaleista. Laskentaan tarvitaan materiaalin tai aineen tiheys, jotta saadaan rakennusmateriaalin paino tonneina (1000 kg). Nykyään rakennuksesta syntyvä jäte eritellään ympäristöministeriön purkukartoituksen

raportointilomake-Exceeliin. Tämä ei ole pakollista. Purkuvaiheista tehdään eriliset vaiheilmoitukset rakennusviranomaisille. Pääosin on purkajan vastuulla, että purkutuotteet määräytyvät oikeisiin kierrätys- ja lajittelupisteisiin.

Rakennusten kestäväan purkamiseen ja purkutöihin löytyy ympäristöhallinnon yhteisen verkko palvelun alta kolme opasta: 1) Purkutyöt – opas teettäjälle ja tekijälle 2) Purkukartoitus – opas laatijalle ja 3) Kiertotalous purkuhankkeissa – opas julkisiin hankintoihin (ymparisto.fi 2019). Koska tavalliselle kuluttajalle tieto purettavien tuotteiden kierrätysmahdollisuuksista on usein hajanaista, joutuu rakennusjäte kaatopaikalle. Rakentamisen purkamiseen ja kierrätykseen pyritään vaikuttamaan kustannuksia ohjaavilla käytännöillä, joten rakennusjätteelle on kaatopaikalle kuljetettaessa määrätty jätemaksu. Tämä ei kuitenkaan riitä purkujätteen uudelleenkäytön ja kierrätysmahdollisuuksien lisäämiseen. Jätemaksu on usein halvempi ja nopeampi vaihtoehto kuin se, että rakennusosat purettaisiin käsin hellävaraisesti, jotta niitä voitaisiin ohjata uudelleen käyttöön.

Luvussa 3.6 selvitetään tarkemmin, kuinka ympäristöministeriön Excel toimii ja kuinka siinä rakennusosat ja materiaalit jaotellaan. Excel-suunnittelu rakennuksen purkujätteen jaottelussa toimii myös esimerkkinä siitä, miten purkujätteen suunnittelu toimii tänä päivänä. Tässä opinnäytetyössä kehitän purkusuunnittelun ideaa niin, että purettavasta rakennuksesta mallinnetaan BIM-malli, jonka avulla purettavat tuotteet voidaan luetteloida jo ennen rakennuksen varsinaista purkua. Malli voidaan viedä tietokantaan, jossa rakentajat ja tuotteiden jatkokäsittelijät voivat selailta tuotteita ja varata rakennusosia tai irtaimistoa käyttöönsä. Tällaista yhteistä kierrätettävien rakennustuotteiden tietokantaa ei vielä ole olemassa, mutta tässä opinnäytetyössä tarjotaan visiota ja kehittämisideoita purkusuunnitteluun.

3.1 Lähtötietojen kerääminen

Purkusuunnittelussa projekti käynnistyy lähtötietojen keräämisellä. Lähtötietoja ovat esimerkiksi arkkitehti- ja rakennepiirustukset, joita löytyy rakennuksen sijainnin mukaan paikallisilta rakennusviranomaisilta ja kunnan rakennusvalvonnan arkistosta. Kaikista rakennuksista ei kuitenkaan ole saatavilla tietoja ja osa tiedoista on jäänyt päivittämättä rakennusta remontoitaessa.

Näissä tapauksissa rakennuksen ja sen ympäristön laserkeilaus ja fotogrammetria auttavat lähdetietojen reaaliaikaisessa keräämisessä.

Korjausrakentamisessa ja määrien laskennassa, kuten esimerkiksi soramäärien laskennassa käytetään jo pistepilvisuunnittelua. Pistepilvimalli on kolmiulotteinen aineisto kohteesta, joka koostuu miljoonista yksittäisistä pisteistä. Se sisältää tarkan kohteen geometrian, parhaimmillaan millimetreissä. Pisteet voivat sisältää 3D-sijaintinsa lisäksi tiedon väristä tai kohteen materiaalista (Keitaanniemi 2021).

You can export some or all of the surfaces of a mesh model to a file on your desktop, in the formats in the table, below. If uploading to Autodesk BIM 360, you can export to FBX and IFC:

File Suffix	Associated With	Upload to BIM 360?	Retains Classification Hierarchy?	Can Include Textures?	For 2D Slices?	Other Files Created
DAE	Collada			Yes		PNG
FBX	Filmbox	Yes	Yes	Yes (embedded or not)		PNG
IFC	Industry Foundation Classes - for BIM	Yes	Yes			
NWC	Navisworks	Yes				
OBJ	Wavefront			Yes		PNG and MTL
SKP	SketchUp			Yes		
STL	Stereolithography				Yes	
STEP	STEP AP214e3					
X3D	Web3D Consortium			Yes		PNG

Kuva 9. PointFuse -ohjelman tiedoston vientiin käytettävät tiedostot (PointFuse User Guide 2022)

Pistepilvi tuotetaan yleensä laserkeilauksen ja ilmakuvauksen (drone) lopputuloksena. Lähdeaineisto saadaan yleensä e57- tai PLY-tiedostomuodossa. Pistepilviaineistosta voidaan muodostaa ohjelmassa, kuten PointFuse2022.2 (kuva 9) tai Autodesk ReCap, yhtenäinen (solid) verkko (mesh). Verkko sidotaan globaaliin koordinaatiojärjestelmään takymetrin (Total station) avulla. Takymetri mittaa pistepilviaineiston sijainnin globaalissa järjestelmässä ankkuripisteiden koordinaattitietojen avulla. Yhtenäisen verkon pistepilvimallista voi tuottaa myös Autodeskin Fusion360 -ohjelmalla tai Trimblen RealWorks -ohjelmalla tai Arc Linux:n Inkscape Illustrator -ohjelmalla.

Kun pistepilvi on e57-muodossa, sen voi siirtää jatkokäsittelyyn suoraan joihinkin 3D-suunnitteluohjelmistoihin, kuten Trimble:n Teklaan. Tyypillistä jalostamista on pisteiden värjäys pysty tai viistokuva-aineiston perusteella sekä normaalia luokitusta tarkempi luokittelu käyttötarkoitusta paremmin palvele-

vaksi. Useimmat sovellukset kykenevät jo hyödyntämään monipuolisesti pistepilveä suunnittelu- ja visualisointitehtävissä (Kaupunkimallinnuksen ohjekirja 2016).

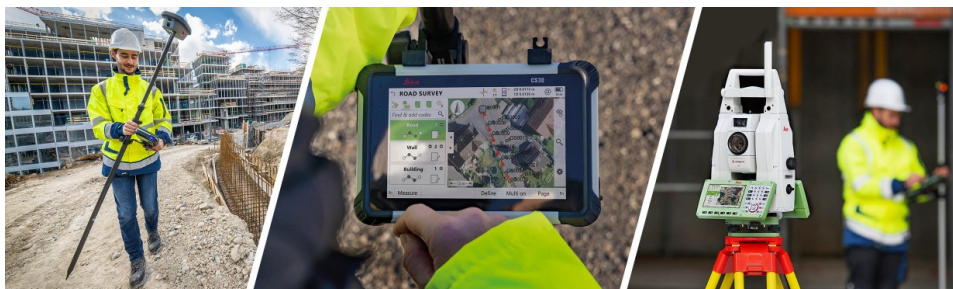
Pistepilveä voidaan käyttää tietomallinnuksen lähtötietoina, samoin kuin esimerkiksi 2D-arkkitehtikuvia. Pistepilvikenttä luodaan maalaserkeilaimella, mobiililaserkeilaimella tai puhelimella (iPhone12 + LiDAR-anturi). Rakentamisessa ja tarkemmassa suunnittelussa pistepilvi luodaan laserkeilaimen avulla. Takymetria käytetään oikeiden koordinaatti- ja korkeustietojen saamiseksi. IPhonen Lidar-anturi pystyy mallintamaan suhteellisen pieniä alueita tai kappaleita, joten se ei vielä tänä päivänä riitä kapasiteetiltaan rakennusteollisuuden BIM-mallinnus tarpeisiin. Ehkä tämäkin toiminto vielä kehittyy.

Fotogrammetria on tekniikka, jossa apuna käytetään 360-asteista valokuvasta kartoitukseen. Kuvausjärjestelmään kuuluu tietokone ja laskentajärjestelmä (kuva 11) eli ohjelma, joka laskee kuvatusta tiedostosta mittauskohdat ja yhdistää ne globaaliin koordinaatiojärjestelmään.



Kuva 10. Leica TS16 Takymetri (leica-geosystems.com 2022)

Kuvamateriaali voidaan siirtää esimerkiksi eSiten NavVis IVION -pilvipalveluun, jossa kuvien ja pistepilven yhdistettyä materiaalia voidaan mitata mittatyökalujen avulla ja kuvista saadaan poikkileikkauksia ja keilatun alueen rakenteiden pintatietoja.



Kuva 11. Leica Captivate Surveying Field Software (leica-geosystems.com 2022)

Kuvassa 10 näkyvä Leica TS16 -takymetri tuottaa pistepilven sekä 360°:een kuvauksen alueesta. Kokoonpanoon kuuluu myös Leica captive surveying software (kuva 11). Pistepilveä voidaan tarkastella myös visuaalisessa muodossa kuvina ja muokata erillisessä ohjelmassa. Muokkauksen jälkeen pistepilven voi tuoda Revit BIM -mallinnusohjelmaan 3D-mallin lähtötiedoiksi.

Mittauksiin löytyy ohjeistus (YTV2012 osa 2, 10). Huomioitavaa on, että laserkeilauksen kohina, eli virhe saa olla maksimissaan +/- 10 mm. Resoluutio eli pistetiheys on alle 5 mm:n välein. Takymetrissa määritettyjen mittapisteiden poikkeama saa olla maksimissaan 5 mm.

Pistepilven, fotogrammetrian tai laserkeilauksen tiedostomuoto on useimmiten PLY-tiedosto. PLY-tiedostomuoto (Polygon File Format tai Stanford Triangle Format) on suunniteltu tallentamaan kolmiulotteisia tietoja. Tietojen tallennusmuoto tukee suhteellisen yksinkertaista yksittäisen objektin kuvausta listana nimellisesti litteistä polygoneista. Useita ominaisuuksia pystytään tallentamaan, kuten värit, läpinäkyvyys, pintanormaalit, tekstuuriin koordinaatit ja tietojen luottamusarvot. Muoto mahdollistaa eri ominaisuudet monikulmion etu- ja takapuolelle. Tiedostomuodosta on kaksi versiota: ASCII-muoto ja binäärimuoto (Digital Preservation Home 2020).

Pistepilviaineistot ovat kooltaan suuria. Nopeamman pistepilviaineiston lataamiseksi täytyy aineisto ladata mahdollisimman pienellä resoluutiolla. Trimblen RealWorks-project 3D-skannauksen prosessointiin kehitetty ohjelmisto käyttää aineistoformaattina RWP-tiedostoa ja sen hakemistomuoto (directory) on -RWI. RWP-tiedosto lähetetään ZIP-formaatissa. Autodeskin ReCap-ohjelmistossa Scan Essential toolbar –toiminnolla rajataan kohteesta tarvittava materiaali tai rajataan pois tarpeeton materiaali. Projektissa on huomioitava sille

määritetyt vaatimukset. YTV2012:n osa 2:ssa määritetään minimivaatimukset resoluutiolle.

Suurien tiedostojen lähettämiseen on saatavilla ohjelmistoja kuten WeTransfer. Sen kautta pystyy lähettämään jopa 2 GB:n kokoisia tiedostoja. Myös Googlella on palvelin, jota voi käyttää pistepilven lataukseen (Dropbox). MEGA for business tarjoaa pilvipohjaista tallennustilaa ilmaiseksi 20 GB:iin asti. MEGA:n palvelimesta voit jakaa tiedoston yhteistyökumppaneille jakamalla linkin tiedostoon.

Lähtötiedot tilaajalta	Tiedostomuoto
Molemmat kasarmit mallinnetaan samaan Revit malliin!	HUOM!
Olemassa olevat arkkitehtisuunnitelmat kuvatiedostoina	x PDF
Olemassa olevat rakennesuunnitelmat kuvatiedostoina	x PDF
Muu osittain vanhentunut aineisto	x PDF
Valokuvia vastaavasta rakennuksesta (rakennus 11). Alueella on neljä (4) samanlaista kasarmia, joista kaksi (2) on toteutettu peilikuvana.	x JPG
Tilojen numerointi ja nimeämisohjeet	Suomeksi, Arkkitehtipiirustuksien mukaan
Muut	
Tonttikartta tai tuloste WEBMAP:stä	x Virallinen tonttikartta toimitetaan pyydettyessä
Mittauksen- ja inventointimallin tehtävän määrittelylomake	x
Käytettävä mittausmenetelmä	
Taso3 - Laserkeilausmittaus	x kohina max +/- 10 mm , mittaus
Piha-alueiden kartoitus	x
Muu paikalla tehtävä mittaus	x Lattiakaivojen kartoitus
Mallin täydentäminen vanhojen suunnitelmien-, kuntotutkimuksen-, ja rakennushistoriallisen selvityksen pohjalta.	x Rakennetyypit, pystyhormit. Selvitetään yhteistyössä Talotoir
Mittauksen lopputuote	
Laserkeilausmittauksen pyörähdyskuvat ja pyörähdyskuvaindeksi	x
Laserkeilaus pistepilvimalli	x XYZ-formaatti
ASCII-muodossa keilausittain rekisteröitynä.	x (AutoDesk ReCap) RCP / RCS -muodossa
Mittattavat pyörähdyskuvat	x

Kuva 12. YTV2012 osa 2, Lähtötilanteen mallinnus (Excel-tiedosto 2022)

Laserkeilausmittauksen lähtötietojen alustaksi valikoitui YTV2012 osassa 2 olevan malliesimerkin avulla tehty Excel-tiedosto (kuva 12). Excel-tiedostosta projektin edellytysten täyttymistä voi helposti seurata, ja siihen on myös hyvä merkitä mittapoikkeamat ja muut projektin suunnitellusta toteutumasta poikkeavat tilanteet.

3.2 Lähtötietojen kerääminen

Tekla on erinomainen insinöörien käyttämä mallinnusohjelma, jolla rakennusta voidaan mallintaa suoraan kolmeulotteisesti. Siihen voidaan ladata osia, kiinnikkeitä, betonielementin suunnitteluosia ja valmistajien tuotteita, esimerkiksi Peikon kiinnityslevyt, Tekla Warehouse -palvelusta. Tekla Warehouse on Trimblen internetissä toimiva palvelu, jonne pääsee kirjautumaan salasanoilla.

Tekla on betoni- ja terässuunnitteluun kehitetty rakennesuunnittelun ohjelmisto, joka on alun perin suomalainen mutta on nykyään amerikkalaisessa omistuksessa.

Tekla-ohjelmistossa purkusuunnittelu tapahtuu pääpiirteittäin seuraavalla tavalla. Rakennuksesta tuodaan referenssitieto, arkkitehtipiirustus tai pistepilviaineisto, mallinnusohjelmaan. Seinät piirretään seinätyökalulla. Välipohjat mallinnetaan paikallavaluna tai ontelolaattana. Puurakenteiden suunnittelu tapahtuu Tekla:lla niin, että pilarit ja palkit mallinnetaan ensin betonielementteinä ja vaihdetaan materiaali puuksi. Alapohjalaatta mallinnetaan yleensä 100 mm:n paksuisena betonilaattana. Ovet ja ikkunat mallinnetaan aukkoina. Katto mallinnetaan rakennetietojen mukaan. Lopuksi mallin tiedot viedään Tekla:n organizer -välilehdelle, jossa tiedot voidaan jakaa haluttuihin luetteluihin.

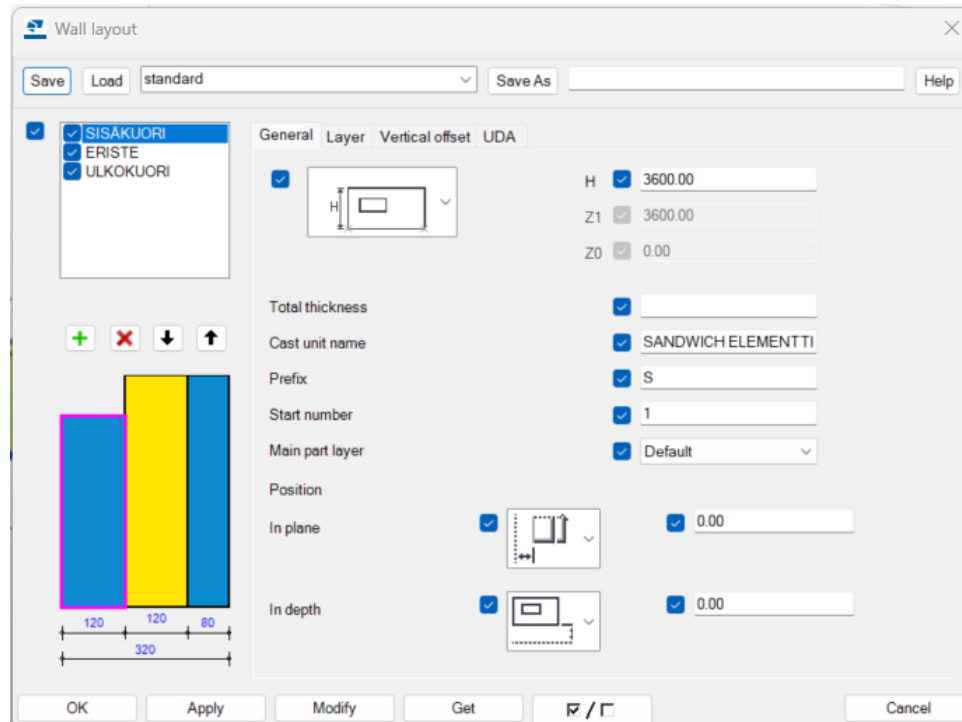
Purkusuunnittelu ja inventointimallintaminen onnistuu Tekla:lla erittäin hyvin. Referenssitietona BIM-mallille voidaan käyttää arkkitehdin pohjapiirustuksia tai pistepilviaineistoa. Referenssitietona voi avata tiedostoja, joka ovat seuraavia muotoja:

- PDF
- ASCII
- DWG/DFX
- ELIPLAN
- XML
- FEM
- E57 (Point cloud)

Pistepilven voi lisätä suoraan oikeassa reunassa olevan pilven muotoisen painikkeen alta löytyvästä valikosta Point clouds, josta pistepilven saa linkitettyä malliin.

Betonirakennuksen suunnittelu alkaa sekä lähtötietojen valinnalla, että betonirakennuksen elementtitietojen ja -lyhenteiden määrittelyllä. Trimblen Tekla -mallinnusohjelmalla betonielementin voi rakentaa Wall layout -työkalulla. Joitakin elementtejä tietoineen voi suoraan ladata Tekla Warehouse -palvelusta. Elementtiin voi määrittää betonin ja eristeen paksuuden. Lisäksi elementtiin

voi määrittää raudoituksen ja aukot. Koska tarkoituksena on luoda rakennetiedot nopeasti tiedettäessä rakennuksen seinäpaksuudet, arvioin kantavan sisäkuoren 120 mm:n paksuiseksi, eristeen 120 mm:n paksuiseksi ja ulkokuoren 80 mm:n paksuiseksi (kuva 13). Rakennuksen seinät ovat noin 300 mm:n paksuiset mitattaessa eSiteView -pilvipalvelusta. Raudoituksen arviointi jätettiin pois, jotta aikaa säästyisi.



Kuva 13. Tekla-ohjelmiston Wall layout -työkalu 2022

Betonirakennuksen tarkkuustason ohjeistuksen määrittää BEC2012, Elementtimallinnusohje v.1.09 2016 ja standardielementit on luetteloitu Betoniteollisuus ry:n Runkorakenteet v.10.3.2010 -luettelossa. BEC-projekti on luotu betonielementtien 3D-suunnittelua ja tiedonsiirtoa ajatellen. Ohjeistuksia BEC-projektiin löytyy elementtisuunnittelu.fi -sivustolla. Tekla-ohjelmistoon on tulossa myös puurakennesuunnitteluun sopivia alustoja. Tällä hetkellä hirsi mallinnetaan Tekla-ohjelmistossa ensin betonipalkkina, jonka jälkeen palkin materiaali vaihdetaan puuksi.

Lähtötietojen pohjalta valikoidaan arkkitehdin pohjapiirustuksen referenssimallin tuominen Tekla ohjelmistoon. Keväällä 2022 ei Tekla:ssa ollut vielä mahdollisuutta tuoda malliin PDF-tiedostoa, joten käytössä olevat arkkitehdin

suunnitelmat muutetaan PDF-tiedostosta DXF-tiedostoksi (tai DWG-tiedostoksi) internetistä löytyvällä konvertterilla. Mahdollista on myös tuoda PDF-tiedosto CAD-ohjelmaan, kuten CADMATIC tai AutoCAD, jossa PDF-tiedoston voi muuttaa DXF- tai DWG-tiedostoksi. Tämän jälkeen tiedosto avautuu 3D-muodossa. Referenssikuva täytyy vielä mitoittaa oikean kokoiseksi. eSiten NavVis IVION-pistepilviaineistosta löytyvät koulun julkisivujen reaalitytöt 3D-aineistona. Referenssikuvan ulkoseinät määritellään näiden tietojen avulla oikeisiin mittasuhteisiin. Purkusuunnittelussa mittojen ei tarvitse olla millilleen mittatarkkoja, sillä purettava aineisto määritellään tonneissa (1000 kg).

Tekla:n objektinumerointi tapahtuu buildingsmart.fi-sivuilla määritetyillä YTV:n yleisillä standardeilla. BuildingSmart neuvoo onnistuneen tietomallin hyödyntämiseen määrittäen mallinnukselle hankekohtaiset painopisteet ja tavoitteet (BuildingSmart: määrälaskenta). Osat numeroidaan automaattisen GUID-numerointimenetelmän avulla. Lisäksi Tekla:ssa käytetään (kuva 14) Class-numerointia valmiille rakenteille. Numeroinnin painopisteitä on hyvä miettiä tarkkaan, koska mallille on turha määrittää liikaa tietoa tässä tapauksessa määrälaskentaa varten. Tärkeintä on tallentaa objektin tiedot ja dimensiot. Jatkossa mallia voidaan täydentää tarvittavilla tiedoilla.

Nimi	Name	Class	Cast Unit	Part	Plate	Rakenneosa	Structure	KAIKKI MATERIAALIT / ALL MATERIALS
Valmiit rakenteet	Existing structures	400-	Prefix and start number					Oletusosa / default profile
NYKYINEN	EXISTING	400	NYK1	NYK1	NYK1	Olemassaoleva	Existing structure	
PURETTAVA	TO_BE_DEMOLISHED	401	PUR1	PUR1	PUR1	Purettava rakenne	Structure to be demolished	
Muut rakenteet	Other structures	340-						
TIIILISEINÄ	BRICK WALL	340	M-TS1			Tiiliseinä	Brick wall	
HÄRKKOSEINÄ	BLOCK WALL	341	M-HS1			Härkkoseinä	Block wall	
ERISTE	INSULATION	342	ER1			Eriste	Thermal insulation	
KANAALISEINÄ	CHANNEL WALL	343	PV-KAS1			Kanaalin seinä	Channel wall	
KANAALIPOHJA	CHANNEL FLOOR	344	PV-KAP1			Kanaalin pohja	Channel floor	
PORRAS	STAIR	345	PV-PO1			Porras	Stair	
PORRASHUONE	STAIR ROOM	346	PV-PH1			Porrashuone	Stair room	
HISSIKUILU	ELEVATOR SHAFT	347	PV-KH1			Hissikuilu	Elevator shaft	
Nimi	Name	Class	Cast Unit	Part	Plate	Rakenneosa	Structure	PAIKALLAVALU / CAST IN SITU
Perustukset	Foundations	310-						
ANTURA	FOOTING	302	PV-A1			Antura	Pad footing	1500*1500
PAALUANTURA	PILE FOOTING	303	PV-PA1			Paaluantura	Pile cap footing	1500*1500
PERUSPILARI	FOUNDATION COLUMN	304	PV-PP1			Peruspilari	Foundation column/pillar	480*480
PERUSMUURI	FOUNDATION WALL	305	PV-PM1			Perusmuuri	Foundation wall	300*600
SOKKELIPALKKI	SOLE	306	PV-SP1			Sokkelipalkki	Socle beam	300*600
KONEPERUSTUS	MACHINE FOUNDATION	307	PV-KP1			Koneperustus	Machine foundation in a factory	
Runkorakenteet	Framework structures	320-						
PILARI	COLUMN	320	PV-P1			Pilari	Column	480*480
PALKKI	BEAM	322	PV-K1			Palkki	Beam	780*380
LAATTA	SOLID SLAB	323	PV-L1			Laatta	Slab	200
LEPOTASOLAATTA	LANDING	324	PV-LL1			Lepotasolaatta	Landing	250
MAANVARAINENLAATTA	GROUND SLAB	325	PV-ML			Maanvarainenlaatta	Solid slab on ground	100
PINTALAATTA	SURFACE SLAB	326	PV-PL			Pintalaatta	Solid slab on a plank or hollow core slab	60

Kuva 14. Teklan Class-numerointiohjeet (Tekla 2022)

Tekla:lla mallintaessa elementeille voi asentaa numerointisuosituksen mukaisia Class-numerointeja. Purettavalle objektille on oma Class-numerointi Tekla:n omien numerointisuositusten mukaan 401. Objektille tallentuva tieto on helposti haettavissa.

Ulkoseinän profiilina on betoni-sandwich. Korkeutena on 3600 mm, elementin paksuutena on 320 mm. Betonille pystyy määrittämään betoniluokan, mutta tässä tapauksessa sitä ei tiedetty. Class-numerointi on 221 SANDWICH, Kantava sandwich.

Numerointisuosituksissa ei löydy Class-numeroa väestönsuojaseinälle, joten numeroin sen 229 maanpaineiseksi. Ajatuksena on, että väestönsuojan seinä ja maanpaineisiin ovat rakenteeltaan poikkeavampia kuin perinteinen betonisandwich, ainakin raudoituksen ja betonin puristuslujuuden osalta (C35-C45). Maanpaineiseltä vaaditaan parempia lujuus- ja paineensieto-ominaisuuksia. Koska betonin lujuusarvoja ei ollut tiedossa, voidaan seinän Class-numeroinnin avulla päätellä, että seinä on korkealuokkabetonia.

Tekla-ohjelmistolla mallintaessa elementeille voidaan määrittää edellisten tietojen lisäksi referenssitietoja. Nämä tiedot tallentuvat IFC-komponenttiin ja ovat avattavissa myös muissa ohjelmissa. Kuvassa 15 näkyy profiilin parametrit-välilehdellä purkusuunnitteluun tuodulle osalle tai kokoonpanolle luodut referenssitiedot. Suunnittelu-välilehdellä voi objektiin lisätä tietoja tarkastajasta, objektin statuksesta ja kenelle objekti on määrätty purun jälkeen.

<p>Valmistus:</p> <p>Parameters Suunnittelu Valmistus Asennus</p> <p>Valmistus</p> <p>Tehdas <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/> Suunniteltu aloit. <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Status, slu <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/> Suunniteltu lop. <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Id <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/> Toteutunut aloit. <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Punostieto <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/> Toteutunut lop. <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Status, teräs pvm <input type="text"/> Status, teräs <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Status, betoni pvm <input type="text"/> Status, betoni <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Kommentti <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/> Piirustus tullut <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Toimitus</p> <p>Kuljetusno. <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/></p> <p>Kuormanro. <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/> Kommentti <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Kuormakirja <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/> Tunnus <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Suunniteltu toimituksen aloitus <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/></p> <p>Suunniteltu toimituksen valmis <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/></p> <p>Toteutunut toimituksen aloitus <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/></p> <p>Toteutunut toimituksen valmis <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/></p>	<p>Asennus:</p> <p>Tekla Structures Reference object (1)</p> <p>Parameters Suunnittelu Valmistus Asennus</p> <p>Asennus</p> <p>Tunnus <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/> Suunniteltu aloit. <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Kommentti <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/> Suunniteltu lop. <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Status <input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/> Toteutunut aloit. <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Toteutunut lop. <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Juotosvalu <input checked="" type="checkbox"/></p>
<p>Profiilin parametrit:</p>	<p>Suunnittelu:</p>

The screenshot shows the 'Tekla Structures Reference object (1)' window. It has four tabs: Parameters, Suunnittelu, Valmistus, and Asennus. The 'Suunnittelu' tab is active. On the left, there is a 'Parameters' section with a table:

Parameters	Suunnittelu	Valmistus	Asennus
Description	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Info text	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Logical name	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

The main area shows the 'Suunnittelu' parameters:

Suunnittelu	
Tarkistanut	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/>
Kommentti	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/>
Kenelle määrätty	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/>
Tunnus	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/>
Status	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/>
Status, pvm	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/>
Status(Common)	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="text"/>

On the right side, there are more parameters:

Tarkistettu	<input checked="" type="checkbox"/>
Suunniteltu aloit.	<input checked="" type="checkbox"/>
Suunniteltu lop.	<input checked="" type="checkbox"/>
Toteutunut aloit.	<input checked="" type="checkbox"/>
Toteutunut lop.	<input checked="" type="checkbox"/>

Kuva 15. Tekla-objektin referenssitietojen lisäys (Tekla-ohjelmisto 2022)

Valmistus-välilehdelle voi laittaa tietoja kuljetuksesta ja toimituksesta. Viimeisellä Asennus-välilehdellä objektille voi kirjata esimerkiksi seuraavaan kohteeseen siirretyn objektin työlle aloitus-, lopetus- ja juotosvalutietoja. Referenssitietosarakkeet on luotu uusrakentamista varten, mutta samoja tietosarakkeita voidaan käyttää luovasti myös rakennuksen purkuun käytettävän informaation keräämiseen.

Valmis malli voidaan muuttaa IFC-tiedostomuotoon. Teklan IFC-tiedostovientiin on tarjolla seuraavat tiedostomuodot ja taulukossa 2 näkyy eri tiedostomuotoihin tallentuva tietosisältö.

Taulukko 2. Tekla:n tiedostoformaattit IFC-tiedostojen tuontiin ja vientiin (Tekla User Assistance 2022)

Formaatti	IFC Tuontiin	IFC Vientiin
IFC2x2 (*.ifc)**	X	
IFC2x3 (*.ifc)**	BIM model 3D geometry 2D geometry attributes	BIM model 3D geometry 2D geometry attributes
IFC4 (*.ifc)**	X	X
IFCXML 2x3 (*.ifcXML)**	X	X
IFCZIP 2x3 (*.ifcZIP)**	X	X
LandXML (*.xml)	X	

Polygon File Format (*.ply)	x	
STEP AP203 (*.stp, .step)	3D geometry	
STEP AP214 (*.stp, .step)	3D geometry	3D geometry

Tekla-ohjelmiston IFC-tiedonsiirtoon on valittavissa taulukon ensimmäisessä sarakeessa löytyvät IFC-komponentit. IFC-formaatit on tarkemmin eritelty taulukossa 3, kohdassa 3.4. Seuraavaan sarakkeeseen on määritelty, mitä edellisessä sarakeessa oleva IFC-komponentti tuo Tekla:an tai onnistuuko tuonti. Kolmannessa sarakeessa on määritelty, mitä tietoja ensimmäisessä sarakeessa oleva IFC-formaatti vie toiseen ohjelmaan. Esimerkiksi IFC2x2-formaatin voi tuoda Tekla-malliin, mutta Tekla ei tuota samaista formaattia IFC-tiedon vientiin ohjelmasta. Lisää tietoja Trimblen ohjelmien ja Tekla:n tiedonsiirtoon löytyy Tekla:n kotisivuilta (support.tekla.com).

3.3 Puurakennuksen BIM-mallintaminen Revit-ohjelmistolla

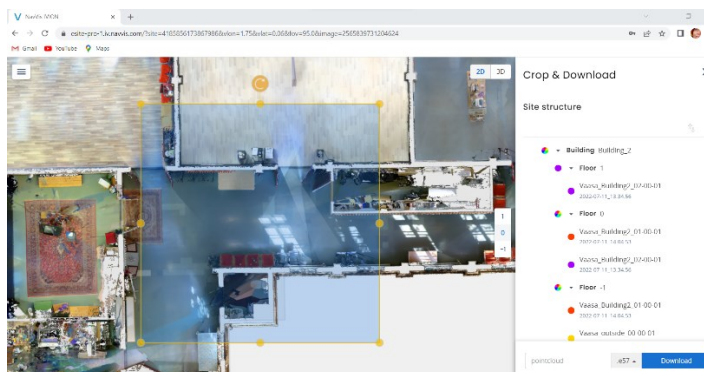
Autodeskin Revit-ohjelmisto on suosittu arkkitehtien suunnitteluväline sen erinomaisten visualisointien ansiosta. Autodesk on panostanut siihen, että Revit-ohjelmistolla voi tehdä sekä arkkitehti- että rakenne- ja myös talotekniikan suunnittelua. Ohjelmisto on laaja-alainen ja toimii erilaisella tavalla ja erilaisella työkalujen nimeämisellä kuin esimerkiksi Tekla tai CADmatic (CADs). Revit-ohjelmistossa aloitusnäkyvän (Template) asetukset määrittelevät suunnittelun kulkua. Samoin rakenteet, kokoonpanot ja moduulit ryhmitellään perheiksi (Family), jotka voidaan tuoda aloitusmalliin, tai pitää ne mallin ulkopuolella rakennekirjastossa ja käyttää vain tarvittaessa. Revit ei itsessään pidä sisällään kuin muutamia amerikkalaisia perusmoduuleja, seinä-, lattia- ja muita malleja. Tarkoitus on luoda omat tuotekirjastot. Aloitusnäkyvän luominen helpottaa työskentelyä myös Tekla-suunnittelussa.

Revit-ohjelmistolla suunnittelu tapahtuu pääpiirteittäin seuraavasti: suunnittelu alkaa aloitusnäkyvän luomisella. Aloitusnäkyvä rakennetaan ja jäsenellään niin, että se parhaiten tuottaa hyötyä suunnittelun lopputulokseen. Purkusuunnittelussa aloitusnäkyvään voidaan luoda yleisimmät betonielementtiseinä, harkkoseinä, tiiliseinä, hirsiseinä ja puurunkoseinä. Ikkunat luodaan venyteltä-

vänä aukkona, jonka voi kohdistaa paikalleen pistepilven avulla. Samoin toimitaan oviaukkojen kanssa. Joitakin porraselementtejä tuodaan porrasperheeseen ja erilaisia variaatioita, eri parametreilla, voi luoda perheen alle tyyppiä (type). Korjausrakentamisessa piirustusmerkinnät ja paperikoot tuodaan mallinnuskansioon, koska korjausrakentamisen yhteydessä rakenteista ja rakennuksen osista tarvitaan erilaisia piirustuksia toimitettavaksi rakennusvalvontaan. BIM-malli luodaan käytössä olevilla välineillä. Välineitä tai oikeammin family:itä ja niiden tyyppiä voi muokata monistamalla tyyppin ja muokkaamalla sen parametrejä. Mallintaessa rakennusosille voi antaa Keynote tai Assembly code -numeroinnin, jonka avulla mallista saadaan luotua listoja. Malli voidaan tallettaa myös IFC-muotoon ja viedä toiseen ohjelmistoon. Esimerkiksi johonkin laskentaohjelmaan.

BIM-mallintaminen Revit-ohjelmistolla alkaa rakennekirjaston luomisella ja aloitusnäkömään tekemisellä. Työskentelyyn tuodaan mahdollisimman paljon aineistoa, jota mallintaessa voidaan suoraan käyttää. Lähtötietojen avulla haetaan sopivat ikkuna- ja ovikomponentit valmiiksi näkömään tai perheeksi rakennekirjastoon. Purkumäärien kartoitukseen käytimme venyteltävää aukkoa ikkuna- ja ovikomponenttien sijaan. Revit:ssä voi tuotteita hakea ja lisätä malliin pitkin mallinnusprosessia.

Lähtötiedot hankitaan eSiteView-pilvipalvelinta käyttäen. Crop and Download –toiminnolla (kuva 16) pistepilvestä valitaan sopiva 3D-alue. Pistepilvi tallennetaan halutulla nimellä e57-tiedostomuotona. Tiedosto e57 halutaan muuttaa Revitin lukemaksi (RCP-tiedostoksi). Revit 2023 -mallinnusohjelmaan ei siis voi suoraan tuoda e57-tiedostoa, kuten esimerkiksi Tekla-ohjelmistossa.



Kuva 16. pilvipalvelimesta voi ladata Point cloud e57 –tiedoston (eSiteView 2022)

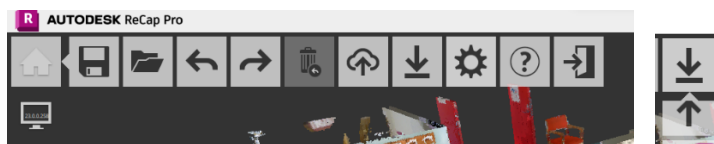
Autodeskin ReCap 2023 Pro –ohjelmassa pistepilven tiedosto e57 voidaan muuttaa yhtenäiseksi verkoksi (mesh), kun ladataan Desktop Connector – x64.exe -apuväline (Adsk-connect-64). Tällöin pisteistä muodostuva kuva saadaan muokattua yhtenäisiksi pinnoiksi, joille voi antaa attribuutteja, kuten seinä, ovi, katto. Näin pisteistä voi muodostaa moduuliverkon, jota voi käyttää sellaisenaan mallissa. Ainoana ongelmana on se, että mesh on yleensä suuri-kokoinen ja tekee mallista raskaan ja hitaan.

eSiteView-pilvipalvelun pistepilvestä rajataan sopiva alue. e57-tiedosto tallennetaan koneelle ja avataan ReCap –ohjelmalla (kuva 17). Kuvasta voidaan poistaa turhat pisteet, esimerkiksi puut.



Kuva 17. Pistepilven osa kuvattuna eri puolilta (Autodeskin ReCap Pro 2023)

ReCap-ohjelmistossa muokattu pistepilvi tallennetaan RCP-tiedostona (kuva 18), jonka voi avata Revit-ohjelmistolla.

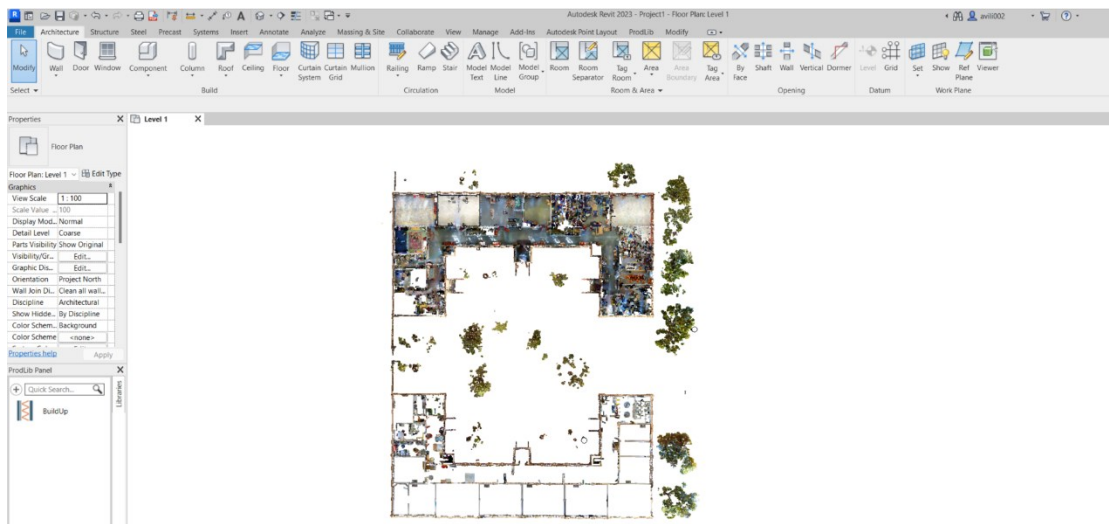


Kuva 18. Vasemmalla ReCap-ohjelmiston valintarivi ja oikealla tiedoston tallennus painike (Autodeskin ReCap Pro 2023)

Recapissa muokattu pistepilvi tuodaan Revit-ohjelmistoon Insert Point Cloud – toiminnolla (RCP-, RCS-tiedosto). Revitillä pystyy avaamaan RTV-, RFA-,

ADSK-, RTE- ja IFC-tiedostoja. Referenssikuvan tuonti onnistuu (lisää) insert-näppäimen kautta ja se luo tuotavalle tiedostolle linkin, joita ovat seuraavat:

- Revit link
- IFC link
- CAD link
- Topography (kartta) link
- DWF markup
- Decal (tarra)
- Point Cloud (RCP)



Kuva 19. Kasarmirakennusten pohjapiirustukset BIM-mallintamisessa (Revit 2023)

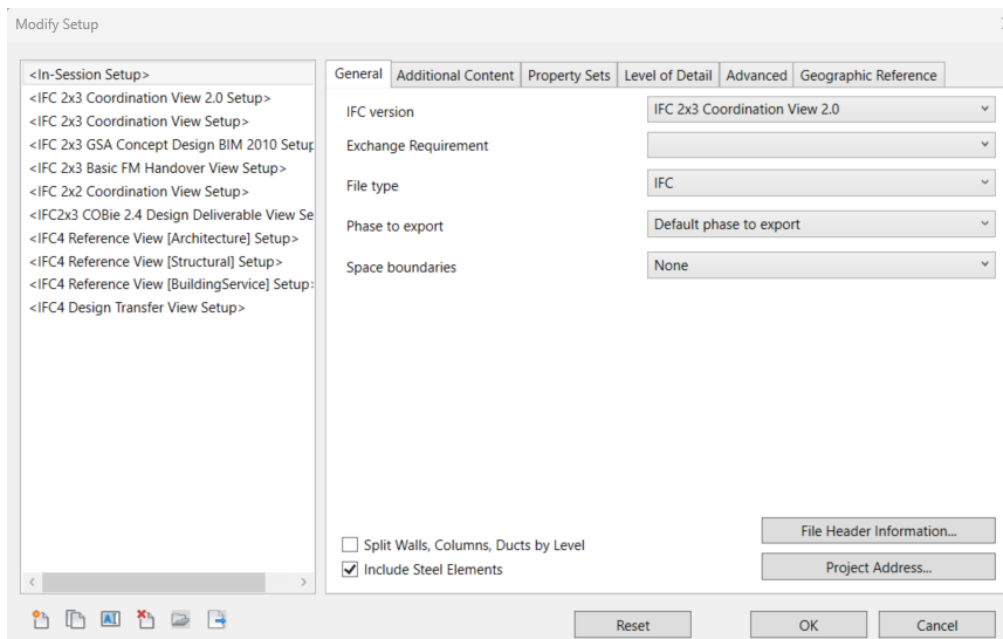
Pistepilviaineisto toimii erinomaisesti referenssinä BIM-mallintamisessa (kuva 19). Pistepilviaineistosta voidaan ottaa leikkauskuva (kuva 20), jonka avulla oikeat lattia- ja yläpohjakorkeudet voidaan määrittää ja tallentaa kuvatasona (level). Seinät ja muut pystyrakenteet saadaan helposti oikeille kohdille käyttämällä Revitin View Range -ominaisuutta, jossa pistepilvi voidaan rajata tietylle korkeudelle. Seinien hahmottaminen helpottuu ja ylimääräinen aineisto poistuu näkyvistä. Samoin ikkunat ja ovet voidaan mallintaa oikealle kohdalle käyttämällä Camera-ominaisuutta.

Ikkunoita ja ovimoduuleita voidaan hakea Revitin omasta tuotekirjastosta tai ProdLib -tuotekirjastosta.



Kuva 20. Kerrokset on väritetty mallintamislohkojen havainnollistamiseksi (Revit 2023)

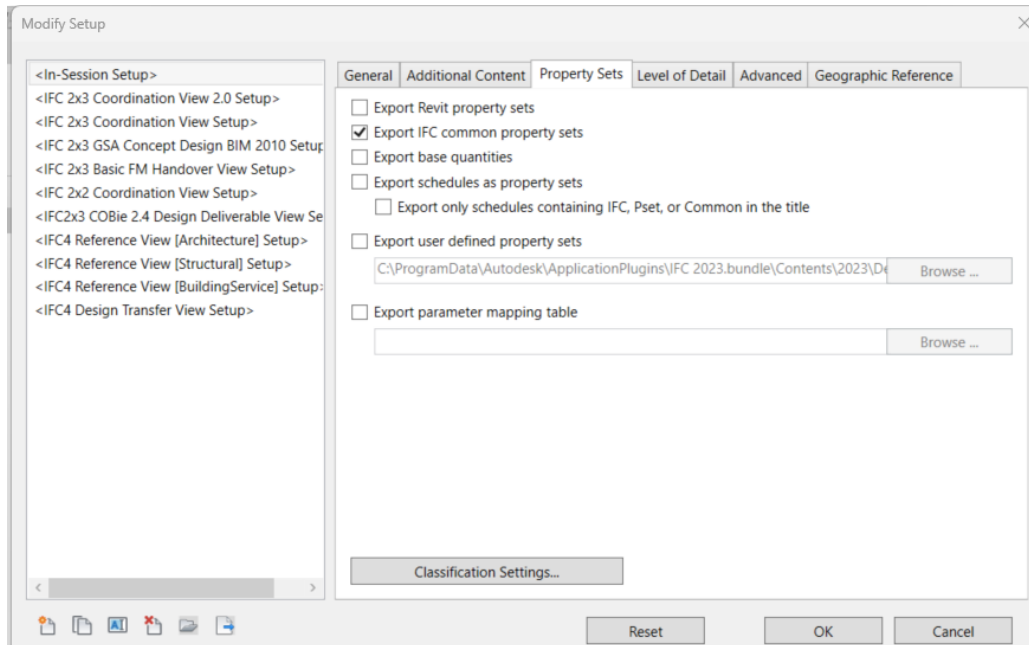
IFC-tiedoston avaamiseksi Revit tukee IFC-tiedostoja, jotka ovat seuraavaa muotoa: IFC4, IFC2x3, IFC2x2 ja IFC2x. BIM-mallin vientiin Revit tukee seuraavia standardeja: IFC4, IFC2x3, IFC2x2. IFC4-vientiä varten tarvitaan IFC-Export -käyttöliittymä, joka sisältyy valmiina Revit 2023 -ohjelmassa.



Kuva 21. Revit 2023 -ohjelmaversion IFC-vienti

Revit-tiedoston IFC-tiedonsiirto tapahtuu File-välilehdeltä ja toiminnolla Export. IFC-tiedosto voidaan tallettaa kuvan 21 vasemmanpuoleisissa tiedostomuodoissa. IFC-tiedoston parametreja voidaan säätää oikeanpuoleisten välilehtien avulla: general, additional content, property sets, level of detail, advanced ja geographic reference. Additional –välilehdellä voidaan määrittää, tallennetaanko IFC-tiedostoon 2D-kuvat, linkitetyt tiedostot, esimerkiksi topografia vai pelkästään kuvassa näkyvät elementit (huoneet, pinta-alat ja tilat 3D-näytyminä). Kannattaa miettiä, mitä tietoa IFC-komponenttiin kannattaa tallettaa ja

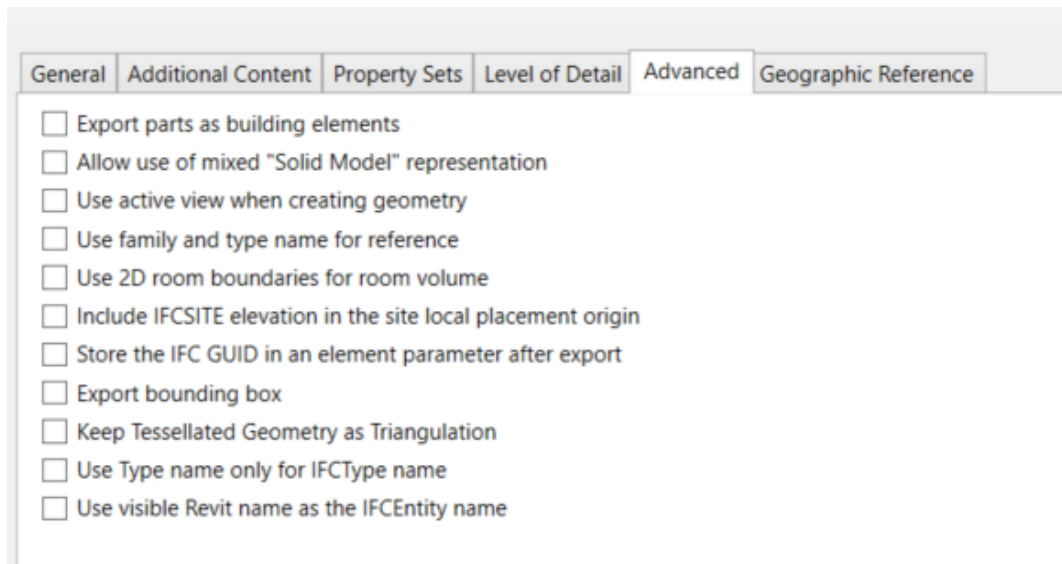
miten, sillä IFC-tiedosto kasvaa helposti todella suureksi ja sen käyttö hidastuu ja avaaminen vaikeutuu. Tilaajalta pitäisi aina projektin aloitusvaiheessa kysyä, mihin IFC-tiedostoa käytetään.



Kuva 22. Revit 2023 -ohjelmaversion Property Sets-välilehti

Kuvan 22 Property Sets -välilehdellä voidaan IFC-tiedostolle määrittää erilaisia ominaisuuksia. Esimerkiksi Revit-mallin ominaisuudet, yleiset IFC-ominaisuudet, perusmääreet (kuten kg ja mm), luettelot tai käyttäjän itse määrittelemät ominaisuudet. Classification Settings- toiminnon avulla voidaan määrittää IFC-tiedostoon määritetyt ominaisuudet, kuten Assembly koodin vieminen IFC-tiedostoon.

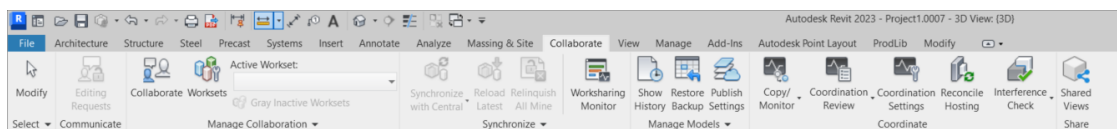
Koska ohjelmisto on amerikkalainen, tarkkuustaso määritellään LOD:n (level of detail) avulla. Valintana on extra low, low, medium ja high eli epätarkasta tarkkaan tarkkuuteen. LOD-määritellään tarkemmin luvussa 3.4.



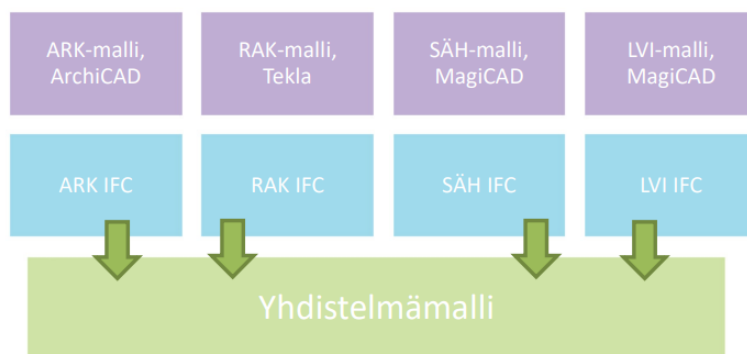
Kuva 23. Advanced settings, Revit-mallin IFC-vientiin (Revit 2023)

Kuvassa 23 on Revit-ohjelmiston edistyneelle käytölle valintoja, kuten osien vienti taloelementteinä tai kiinteän verkkomallin (solid mesh) esitystavan käyttö tai esillä olevan näkymän käyttö geometrian luomisessa. Viimeisellä välilehdellä määritellään geografinen referenssi eli topografia. Tässä voidaan määrittää projektiin tuotavalle topografialle mallinnuskoordinaatiston lähtötaso (base coordinate) ja EPSG-koodin avulla mallin kääntämiseksi lokaalista koordinaattijärjestelmästä (suunnittelu) globaaliin koordinaattijärjestelmään (pohjoinen, etelä, itä, kaakko). Kääntämiseen käytetään kahta pistettä.

Revit-ohjelmistolla saa tehtyä luetteloita ja luotua työjärjestyksiä Legends ja Schedules –toiminnoilla. Rakenteita luotaessa niihin voidaan nimetä Keynote, joka on Talo 2000 –tuotantonimikkeistön määrittely ja ohjaa tilauskantoja ja niiden panoksia. Assembly code nimetään Talo2000 –hankenimikkeistöstä (RT 10-10918) määritetyllä koodilla ja ohjaa luettelointia määrälaskentaan käyväällä koodistolla. Lisäksi malliin voidaan asettaa Assembly code(2), joka ohjaa rakennustuotteiden luettelointia esimerkiksi EWC-koodin avulla. Jätteenimike EWC:n tarkempi määrittely löytyy sivuilta 44–45, luvusta 3.6.



Kuva 24. Revit ohjelmistolla monen suunnittelijan työskentely samanaikaisesti onnistuu Collaborate –toiminnon avulla (Revit 2023)



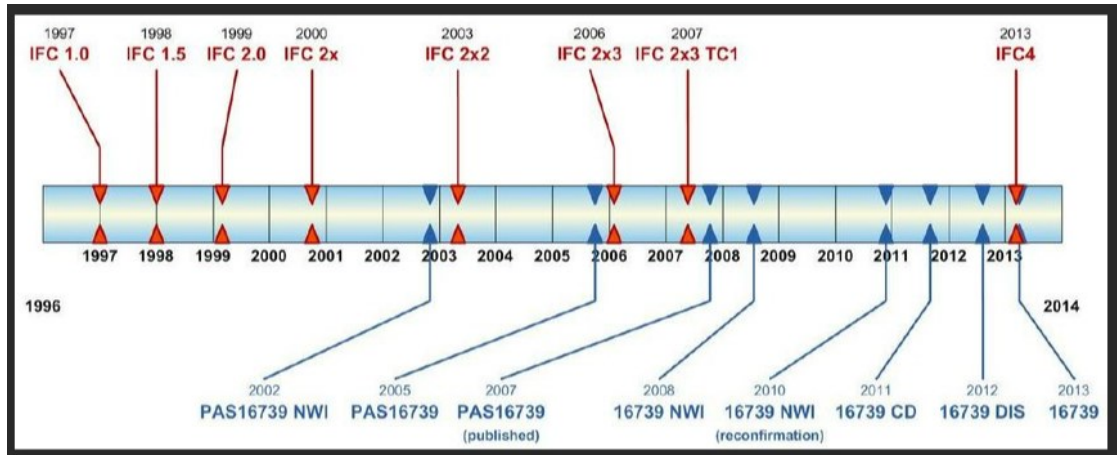
Kuva 25. Yhdistelmämalli BIM-suunnittelussa (Oikarinen 2020)

Revit-ohjelma on suurikokoinen ja monitoimintoinen. Se mahdollistaa erilais-
ten suunnittelijoiden työskentelyn samalla ohjelmalla (kuva 24, collaborate-toi-
minto). Revit-ohjelmalla onnistuu arkkitehti-, rakenne- ja LVIS-suunnittelu,
mutta se vaatii tietokoneelta paljon muistia ja kapasiteettia. Kuvassa 25 IFC-
tiedosto yhdistää eri mallinnusohjelmien tiedot yhdistelmämalliin.

3.4 IFC-mallintamiseen liittyvät perustiedot

Building Smart oli aiemmin nimeltään International Alliance for Interoperability.
Se on Autodeskin perustama konsortio, joka on kehittänyt IFC-tiedoston ja
sen standardin ISO/PAS 16739 vuodesta 1994 lähtien (kuva 26.)

BuildingSMART Finland on suomalainen tietomallintamisen yhteistyöfoorumi,
jossa tällä hetkellä (kesä 2022) työskentelee muun muassa kaupunkimallinnuk-
sen ohjekirjan päivittämistä ja ylläpitoa. BuildingSMART-sivustoilta löytyvät
yleiset ohjeet rakentamisen tietomallisuunnitteluun.



Kuva 26. IFC-tiedoston kehitys (BuildingSMART 2013)

IFC-tiedoston määrittely perustuu valmistavan teollisuuden tuotemallien standardeihin, esimerkiksi ISO 10303:n, joka yleisemmin tunnetaan nimellä STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) (Raiskila & Tuikka 2017). IFC on kansainvälinen ja jatkuvasti kehitettävä rakennusalan ISO/PAS 16739-standardi oliopohjaisen tiedon siirtoon tietokonejärjestelmästä toiseen (kuva 26.) IFC-standardia kehittää IAI-järjestö, joka tunnetaan nykyisin markkinointinimellä BuildingSMART (Bazjanac 1997).

Virallisia IFC-tiedostomuotoja ovat IFC, IFCXML, IFCZIP. Kokeellisia ja väliaikaisia muotoja ovat muun muassa JSON-, HDF-, SQLITE-muodot, jotka ovat tällä hetkellä ehdokkaita ja joita ei tueta (bimspot 2022).

Taulukko 3. IFC-tiedoston kehitys (Zigurat 2019)

.ifc		STEP-tiedosto	perustuu ISO-standardiin EXPRESS-tietomallin selkeän tekstin esittämiseen.
ifc.XML		XML-tiedosto	parantaa luettavuutta. 13 % suurempi kuin IFC-tiedosto. Perustuu ISO-standardiin STEP:n esittäminen XML-muodossa
ifc.ZIP		ZIP-tiedosto	Pakatut IFC-tiedostot, joiden koko on vertailukelpoinen

IFC 1.0	1996		Toi ensimmäisen neutraalin tiedostomallin AEC-teollisuudelle
IFC 1.5			Päivitys
IFC 1.5.1	1988		Päivitys
IFC 2.0	1999		Päivitys
IFC 2x	2000		alustan ja tiedon vakauden lisäämiseen
IFC2x (laajennus) IFC2x2 IFC2x3	2006		Päivitysten tarkoituksena oli alustan ja tiedon vakauttaminen
IFC2x3 TC1	2007	Korjaus IFC2x3: n	IFC2x3-versio toimitettiin International Organization for Standardization:lle (ISO) ensimmäistä kertaa, mikä oli iso askel eteenpäin standardoinnissa. Tarkoituksena ominaisuuksien ja yhteensopivuuden parantaminen, sekä suorituskyvyn ja laadun parantaminen
IFC4 Addendum 2	2013	Aiemmin IFC2x3, 201x3	IFC4-versio hyväksyttiin täydelliseksi kansainväliseksi standardiksi (ISO 16739:2013). Uusia dokumentaatiomuotoja, parannuksia ja korjauksia
IFC5		Suunnittelu vaiheessa	Etuja infran rakentamiseen: etuja teiden, tunneleiden, siltojen ja rautateiden rakentamiseen

IFC:n (Industry Foundation Classes) rinnalla kulkee amerikkalainen standardi LOD (Level of Detail), jonka esitteli American Institute of Architects (AIA) vuonna 2008. LOD määrittelee 3D-mallinnuksen seuraavanlaisesti:

- LOD 100 – konseptisuunnittelu
- LOD 200 – kaaviosuunnittelu

- LOD 300 – yksityiskohtainen suunnittelu
- LOD 350 – rakennusdokumentaatio
- LOD 400 – valmistus ja kokoonpano
- LOD 500 – valmistettuna

LOD-määritelmiä käytetään esimerkiksi infran suunnittelussa.

3.5 IFC-tiedoston rakennehierarkia

Rakennus mallinnetaan käyttäen elementtejä, kuten seinäelementtiä, välipohjaelementtiä ja ikkunaelementtiä. Elementeille tallennetaan tietoa, kuten koko ja aineen määrittely. Elementille voidaan tallentaa myös muita tietoja, kuten aikataulutusta (esimerkissä Tekla) tai luettelointiin ohjaavaa kooditusta, kuten Keynote (Talo 2000 -tuotantomikkejä) tai Assembly code (Talo2000 -hankemikkejä), kuten Revit esimerkissä. Elementtiin tallennettu tieto tallentuu myös IFC-elementtiin. IFC-elementissä pyritään säilyttämään ohjelmiston elementteihin sisällytetty tieto ja tietojen väliset relaatiot, kuten ohjelmiston natiivimallin tiedonsiirtojärjestelmäänkin se on tallennettu.

Bimspotin artikkelissa kuvataan IFC-tiedoston rakennehierarkia seuraavalla tavalla:

IFC-tiedosto perustuu Express-mallinnuskieleen, joka määrittelee objektien (esimerkiksi seinä-, kattoelementtien ja niiden ominaisuuksien) välisiä yhteyksiä. Express-kieli on objektihierarkia, joka kuvaa mallin sisällä olevien entiteettien ja attribuuttien välisiä suhteita. (Kuva 27.)

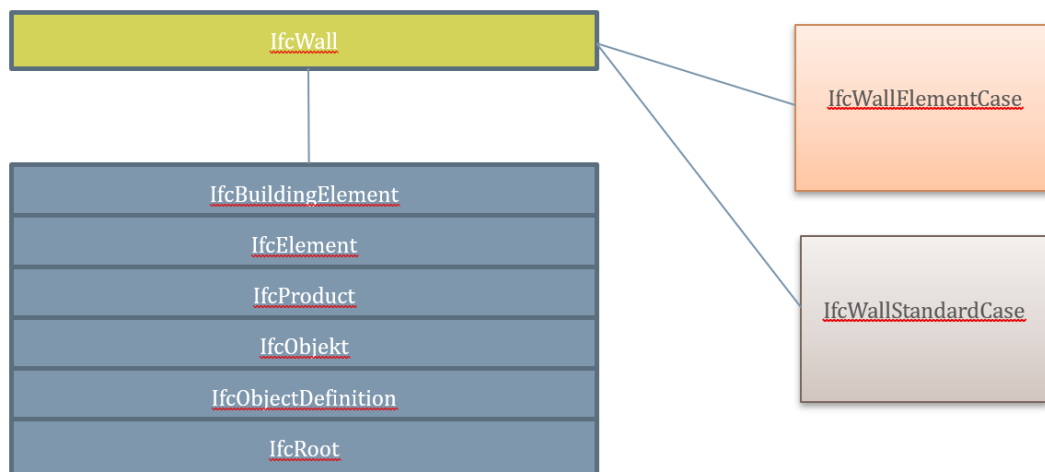
Entiteettien päätyyppi on IFC-root (IFC.juuri), joka on kaikkien entiteettien perus- ja abstrakti juuriluokka. Juuriluokat määrittellään nimellä ja kuvauksella, kuten betonipilari 200 x 200 mm.

IfcRootille on määritelty kolme abstraktia alaluokkaa:

- *IfcObjectDefinition, joka kuvaa objektien esiintymät ja tyypit*
- *IfcRelationship, joka kaappaa niiden väliset suhteet*
- *IfcPropertyDefinition, joka edustaa objektien ominaisuuksia ja attribuutteja.*

IfcRelAggregateilla määritellään toisiinsa liittyvät tilarakenteen elementit (tontti, rakennus, rakennuksen kerros, tila) ja niiden suhteet. Rakennus- (tai purku-) kohde voi sisältää enemmän kuin yhden kerroksen tai muita rakennuksia, kerroksia ja tiloja (bimspot 2022).

IFC-SEINÄN TIEDOSTOHIERARKIA:



Kuva 27. Tiedostohierarkia (Wiki.osearch.org 2022)

Fyysiset rakennuselementit voivat olla IfcWall-, IfcSlab-, IfcColumn-, IfcWindow- tai IfcFurnishingElement-objekteja. IfcDistributionElement sisältää kaikki sähkö-, putki- ja LVI-objektit. Objektin geometrinen muoto määritellään esityksen avulla ja kuvataan IfcShapeRepresentation-instanssilla (bimspot 2022).

Nämä määritetään kohteen paikallisessa (local) koordinaattijärjestelmässä, joka on suhteessa siihen liittyvään tilaelementtiin tai säiliöinstanssiin. Jos esimerkiksi haluamme saada elementin absoluuttisen sijainnin, meidän on palautettava suhteelliset paikalliset sijoittelut perusobjektiin, joka voi olla tontti tai rakennus (bimspot 2022.)

IFC-tiedoston rakennetta ja kykyä säilyttää ja jakaa sisältämäänsä tietoa kehitetään jatkuvasti, koska IFC-tiedonsiirto ei ole vielä täysin varma tapa siirtää tietoa ohjelmistosta toiseen. IFC-tiedoston käyttö vaatii testausta, ennen kuin voidaan varmistua tärkeän ja olennaisen tiedon siirtyminen toiseen järjestelmään. Vakiintuneiden ohjelmistojen IFC-tiedonsiirto onkin vakaampaa kuin

uusien ohjelmistojen. IFC-tiedonsiirto on kehittynyt tarkemmaksi ja vakaammaksi ja IFC-tiedonsiirrosta on kehitetty erilaisia testauksia, joita löytyy esimerkiksi Building Smartin sivustoilla.

3.6 Purkusuunnittelu Excelillä

Tällä hetkellä rakennusten purkusuunnittelua ja etenkin määrälaskentaa tehdään suurimmaksi osaksi Excel-laskentana. Excel on Microsoftin Office365:n yleisesti käytetty laskentaohjelmisto. Se on loistava laskentaohjelma yleisyytensä vuoksi. Excelin käyttöön löytyy paljon ohjeistusta esimerkiksi YouTube:sta.

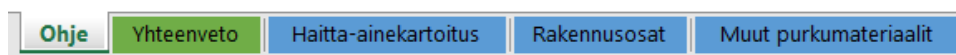
Vastaavanlainen ilmaisohjelma löytyy esimerkiksi Google-hakukoneen käyttäjälle Google Sheets. Purkulaskenta onnistuu myös ohjelmistolla kuten Tocoman BIM3, johon sisältyy aikataulutus. Muita määrälaskennan ohjelmistoja on esimerkiksi Solibri Office, Simple BIM, JCAD ja RIB iTwo. iTwo on pilvipohjainen 5D-BIM-projektinhallintaohjelmisto, joka mahdollistaa muun muassa määrä- ja kustannuslaskennan sekä aikataulutuksen yhdessä ohjelmistossa.

Excel-tiedostoon suunniteltu purkusuunnittelu alkaa lähtötietojen keräämisellä. Lähdetietoina käytetään eSiteView –pilvipalvelimesta saatuja tietoja. Käytössä ei ollut valmiita Excel-tiedostomalleja seinien, lattioiden ja muiden materiaalien tietojen keräämiseen, joten keräämiseen luodaan uudet Excel-tiedostot. Valmiiksi luodut tiedostot nopeuttavat jatkossa laskemista.

eSiteView-pilvipalvelusta pystyy mittaamaan erityisillä mittatyökaluilla pituusmittoja, pinta-aloja ja osoittimella saa myös tiedon kohteen x-, y-, z-akselin pisteen koordinaateista, mikä helpottaa esimerkiksi kattorakenteiden pinta-alojen arvioinnissa. Syöttämällä katon reunapisteiden koordinaatit matriisiin, saa Excelillä laskettua kattojen pinta-alat. Ulkoseinien pituudet ja korkeudet ja aukkojen koot mitataan ja kuva-aineistosta lasketaan pinta-alat, arvioidaan materiaalit ja lasketaan materiaalit kuutioina. Lisäksi kerätään tietoja kiintokalusteista. Mittaaminen ja tietojen siirtäminen Exceliin on hidasta, liikkeet ovat toistuvia. Seinät kannattaa numeroida ja merkitä koodi tiedostoon, jotta sekaannuksia ja uudelleen laskentoja ei tapahtuisi.

eSiteView-palvelin on kätevä pistepilven käsittelyssä. Crop and Download -toiminnolla saa pistepilvestä leikattua sopivan palan, jonka voi tallentaa e57 -tiedostona. Palaa pystyy leikkaamaan haluamassaan suunnassa, mikä helpottaa materiaalipaksuuksien arvioinnissa esimerkiksi välipohjajaelementin paksuuden arvioinnissa. Samoin eSiteView-pilvipalvelin tarjoaa asiakkaalle sekä mahdollisuuden tutkia kohdetta 360°:n valokuvatiedostojen, että pistepilven avulla. Tämä mahdollisuus tuo uuden ulottuvuuden siihen vaihtoehtoon, että henkilö matkustaa työmaalle ja tutkii kohdetta paikan päällä. Huomioitavaa on, että kaikkia tutkimuksia ei kuitenkaan voi tehdä pelkän pinnan näkemisen avulla.

Lopullinen purkutuotteiden määräytyminen ja erittely tehdään Lauri Tähtisen suunnittelemana ympäristöministeriön purkukartoitus-Excelillä (Tähtinen 2019). Excel ohjaa käyttäjäänsä ohjesivun avulla (kuva 28). Muita sivuja ovat yhteenveto-, haitta-ainekartoitus-, rakennusosa- ja muut purkumateriaalit -sivu.



Kuva 28. Ympäristöministeriön purkukartoitus-Excel, ohjaava välilehdistö (Tähtinen 2019)

Haitta-aine kartoitus

Haitta-aine kartoituksen suoritti RamoPro-niminen yritys. Rakennuksesta otettiin näytteitä, jotka analysoitiin laboratoriossa ja kohteesta kirjoitettiin raportti. Raportista haitta-aineet luetteloidaan lyhyesti Exceliin.

Rakennusosat-sivu (kuva 29)

Rakennusosat-sivulle taulukoidaan mm. tiilet, luonnonkivi, metallipalkit ja -tasot, hirret, runkopuu, liimapuu, puutavara, ikkunat (sisä-, ulko-), ovet (sisä-, ulko-), kalusteet (kiinto-, irtto-) betonielementit, valaisimet, helat, LVIS-kanavat ja tarvikkeet, koneet ja laitteet, tulisijat, portaat ja tikkaat, pihan (-pinnoitteet, -varusteet, -kalusteet). Sivulle kartoitetaan yksittäiset osat tai kokoonpanot, jotka voidaan kierrättää irtaimistona tai rakennusosana tai materiaalina.

Purkukartoituksen raportointilomake

Versio 1.0 | julkaistu 15.11.2019

Rakennusosat

Uudelleenkäyttöön soveltuvat rakennusosat

Rakennusosa tai -materiaali	Tarkempi kuvaus	Mitat	Määrä [kpl]	Käyttökelpoisuus	Sijainti rakennuksessa
Kalusteet - kiinto	Katsomotuoli+pöytä		150	Kohtuullinen	Auditorio
Kalusteet - kiinto	Liitutaulut		38	Hyvä	Luokat
Kalusteet - kiinto	Valkokangas		38	Hyvä	Luokat
Kalusteet - kiinto	Keittiökokonaisuus (hella, kaapisto, teräspesutaso, vesipiste, liesituuletin)		16	Kohtuullinen	Kotitalousluokka
Kalusteet - kiinto	Pesulinjasto		1		Teollisuuskeittiö
Koneet ja laitteet	Uunit		3		Teollisuuskeittiö
Koneet ja laitteet	Teollisuusliesi		1		Teollisuuskeittiö
Koneet ja laitteet	Teollisuuskeittimet		2		Teollisuuskeittiö
Koneet ja laitteet	Kylmiöt/pakkaset		3		Teollisuuskeittiö
Kalusteet - kiinto	Ruokailulinjasto		2		Teollisuuskeittiö
Koneet ja laitteet	Jääkaappi (teollisuus)		5		Teollisuuskeittiö
Kalusteet - kiinto	Terästyöpöytä		10		Teollisuuskeittiö
Kalusteet - kiinto	Iilmastointihuuva, Teräs		2		Teollisuuskeittiö

271

Kuva 29. Ympäristöministeriön Purkukartoitus-Excel, Rakennusosat (Tähtinen 2019)

Purkumateriaalit –sivu

Purkumateriaalit-sivulle kerätään luonnonkivi, betoni, tiili, laatat (muu keramiikka), muut mineraalipohjaiset, puut (käsittelemätön, käsitelty), eristeet (kivi- ja lasivilla, muovi-, puukuitu-, sahapuru-, muut), metallit, kipsilevyt, lasi, kattohuopa ja bitumi, asfaltti, muovit, linoleumi ja korkki, pahvi ja paperi, sekalainen rakennusjäte, muut. Purkumateriaalit sivulle luetteloidaan materiaali, joka hyödynnetään maantäyttöön, energiaksi tai materiaaliksi.

Purkukartoituksen raportointilomake		Muut purkumateriaalit					
Versio 1.0 julkaistu 15.11.2019		Rakennus- ja purkujätteiksi päätyvä materiaali					
Purkumateriaali	Tarkempi kuvaus	Paino [tn]	Hyödyntämistapa	Sijainti rakennuksessa	Lisätiedot ja ohjeet hyödyntämistä ja purkua varten	Jättenimike EWC	
Betoni	Runko	11000	Maantäyttö	Perustukset, runko	Pulverointi työmaalla + Murskaus ja MARA	17 01 01	
Tiili	Julkisivu	450	Maantäyttö	Julkisivu	Pulverointi työmaalla + Murskaus ja MARA	17 01 02	
Tiili	Väliseinät	1750	Maantäyttö	Väliseinät	Pulverointi työmaalla + Murskaus ja MARA	17 01 02	
Puut - käsittelemätön	Puurakenteet	70	Hyödyntäminen energiana	Vesikattorakenteet, ikkunapokat	Hyödyntäminen energiana	17 02 01	
Eristeet - kivi- ja lasivilla	Eristevillat	44	Muu jatkokäsittely	Julkisivu	Erilliskeräys, syntypaikkalajittelu	17 06 04	
Eristeet - muut	Kevytsoora	341	Hyödyntäminen materiaalina	Vesikatto	Esim Anpe Oy	17 06 04	
Metallit	Teräs	27	Hyödyntäminen materiaalina	Talotekniikka, rakenteet	Kierrätys	17 04 07	
Metallit	Kupari ja alumiini	35	Hyödyntäminen materiaalina	Talotekniikka, verhoukset	Kierrätys	17 04 01, 17 04 02	
Metallit	Betoniteräs	280	Hyödyntäminen materiaalina	Betoniteräs	Kierrätys	17 04 05	
Lasi	Ikkunat, lasiovet, lasiseinät	30	Hyödyntäminen materiaalina	Julkisivu, teräsikkunat ja ovet	Esim Vaahtolasi	17 02 02	
Kattohuopa ja bitumi	Vesikatto	52	Hyödyntäminen materiaalina	Vesikatto	Kierrätys asfaltiksi	17 03 02	
Kipsilevyt	Kipsilevyt	7	Hyödyntäminen materiaalina	Kotelot ym	Kierrätys	17 08 02	
Linoleum/korkki	Vinyylilaatat	2	Muu jatkokäsittely	aula, ruokasali	Tutkittava mahdollisuus kierrättää	17 02 03	
Muovit	Muovimatot	20	Hyödyntäminen energiana	Luokat ja käytävät		14 02 03	
Sekalainen rakennusjäte		90	Loppusijoitus tai loppukäsittely polttamalla		Sekalaisen rakennusjätteen määrä minimoitava	17 09 04	

Kuva 30. Muut purkumateriaalit, erittely (Tähtinen 2019)

Jättenimike EWC (European Waste Catalog) haetaan jäteluettelosta. Jäteluettelo on koottu jätelakiin (179/2012), jossa rakennusjätteet löytyvät kohdasta 17.

Taulukko 4. Yleisimmät rakennuksen purkamisessa syntyvät jätteet (Jäteluettelo 179/2012)

JÄTE	NIMIKKEISTÖ	LAJITTELU
Myytävä irtaimisto		Myynti eteenpäin
Ilmastointilaitteet		Ilmastointilaitteiden puhallusosat voidaan helposti kierrättää.
Sähkö- ja elektroniikka	16 02	
Metalli	17 04 01 17 04 02 17 04 03 17 04 04 17 04 05 17 04 06 17 04 07	kupari, pronssi, messinki alumiini lyijy Sinkki betoniteräs, rauta, teräs tina Sekalainen metalli
Betoni ja Sekalainen betonijäte	17 01 01 17 01 07	Betonimurske, maantäyttö (onko kontaminoitunut esim. PCB-saumaustaastin kanssa?)
tiili	17 01 02	Tiilimurske, maantäyttö (onko kontaminoitunut esim. PCB-saumaustaastin kanssa?)
Muovi	14 02 03	hyödyntäminen energiana
Puu	17 02 01	Kyllästämätön ja haitta-aineita sisältämätön puu, hyödyntäminen energiana
Lasi	17 02 02	Vaahtolasi
Kipsi	17 08 02	Kierrätys
Kivivilla, lasivilla	17 06 04	Erilliskeräys, syntypaikkajättelu
Kevytsora	17 06 04	Hyödyntäminen materiaalina
Linoleumi / Korkki / vinyylilaatat	17 02 03	muu jatkokäsittely
Kattohuopa, bitumi Asfaltti	17 03 02	Kierrätys asfaltiksi
Laatat ja keramiikka	17 01 03	
Sekalainen rakennusjäte	17 09 04	Kaatopaikka tai poltto
Paperi, pahvi	19 12 01	
Eristys- ja lämmönsiirto öljyt	13 03	
Kemikaalit		Kartoitettava haitallisuuden mukaan
Asbesti- muu haitta-aine	17 06 01*	asbestia sisältävät eristysaineet

Erotettava koteloituna ennen varsinaista purkua	17 06 03*	muut eristysaineet, jotka koostuvat vaarallisista aineista tai sisältävät niitä
	17 06 04	muut kuin nimikkeissä 17 06 01 ja 17 06 03 mainitut eristysaineet 17 06 05*
	17 06 05*	asbestia sisältävät rakennusaineet
	17 08 01*	kipsipohjaiset rakennusaineet, jotka ovat vaarallisten aineiden saastuttamia rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet, jotka sisältävät elohopeaa
	17 09 01*	rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet, jotka sisältävät PCB:tä (kuten PCB:tä sisältävät tiivistysmassat, PCB:tä sisältävät hartsipohjaiset lattiapäällysteet, PCB:tä sisältävät umpiolasit ja PCB:tä sisältävät muuntajat)
	17 09 02*	Muut rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät jätteet, jotka sisältävät vaarallisia aineita
	17 09 03*	

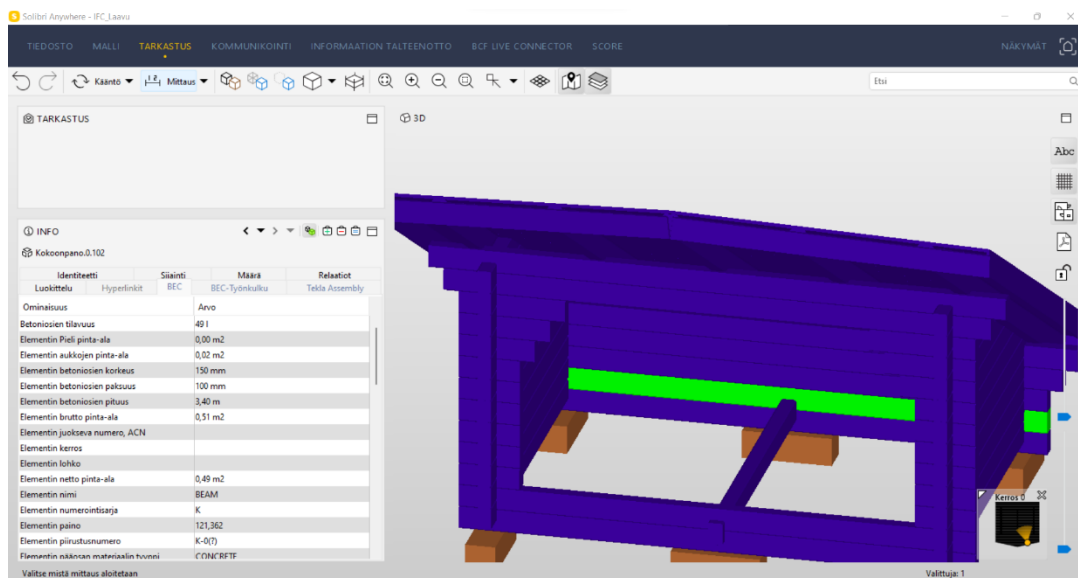
Tutkimuksen myötä syntyi rakennusjätteistä koottu taulukko (taulukko 4), josta yleisimmät rakennusjätteet löytyvät helposti. Rakennusjätteelle on myös merkitty lajittelu ja jatkotoimitusehdotus. Lajitteluehdotukset löytyvät niistä kohdista, joihin tutkimuksen myötä syntyi kartoitettua tietoa.

4 TUTKIMUSTULOKSET

4.1 Tulos 1, Tekla

Tekla-ohjelmiston BIM-mallintaminen on käyttäjälle helppoa. Tarkkuutta vaatii materiaalien objektinumerointi, jotta IFC-tiedostoon saadaan oikeat tiedot. Tekla-ohjelmistosta tuotu IFC4-tiedosto ei auennut Revit-ohjelmistossa halulla tavalla. IFC-mallista avautui vain pohjapiirros, mutta seinäelementit eivät näkyneet Revit-ohjelmistossa. Sen sijaan Solibri Anywhere -katseluohjelmassa Tekla-mallinnuksesta tuotetut IFC-mallit avautuvat moitteettomasti.

Solibri Anywhere -katseluohjelma on yleisesti käytössä rakennustyömaalla, koska se on ilmaiseksi ladattavissa Internetistä. Solibri:in voi tuoda rakennuksen tiedot IFC-tiedostona eri suunnitteluohjelmista ja jakaa 3D-malli haluamilleen yhteistyökumppaneille (kuva 31).



Kuva 31. Solibri Anywhere -katseluohjelmalla voi tarkastella 3D-kuvia ja IFC-tiedostossa tuotuja tietoja (Solibri Anywhere 2021)

Tarkastus-välilehdellä, voit valita IFC-mallista osan ja hakea sille tietoja, kuten identiteetti, sijainti, määrä, relaatiot, luokittelu. Relaatiot -sivulta voi hakea tietoa kuten koostuminen, sisältyminen, yhdistelmäkerrokset.

Identiteetti-välilehdeltä (kuva 32) löytyy IFC-mallin osan nimi, kuvaus ja materiaali. Muita tietoja ovat materiaalin kuvataso, geometria ja mistä ohjelmasta IFC-tiedosto on tuotu. Välilehdeltä löytyvät myös osan IFC-komponentin tyyppi-tietoja.

The screenshot shows the 'INFO' window for a 'Kokoonpano.0.102' assembly. The window has a toolbar with navigation and action icons. Below the toolbar is a tabbed interface with tabs for 'Identiteetti', 'Sijainti', 'Määrä', 'Relaatiot', 'Luokittelu', 'Hyperlinkit', 'BEC', 'BEC-Työnkulku', and 'Tekla Assembly'. The 'Identiteetti' tab is active, displaying a table of properties and their values.

Ominaisuus	Arvo
Tyypin nimi	
Esimäärätty tyyppi	REINFORCEMENT_UNIT
Object Type	
Element Type	
Kuvaus	
Materiaali	
Kuvataso	1 Phase 1
Järjestelmä	
Geometria	
Sovellus	Tekla Structures
IFC-komponentti	IfcElementAssembly
IFC-tyyppi	

Kuva 32. Identiteetti-välilehdeltä löytyy IFC-kokoonpanoon tuotuja tietoja (Solibri Anywhere 2021)

The screenshot shows the 'INFO' window for a 'Kokoonpano.0.102' assembly, with the 'BEC' tab selected. The table displays detailed properties for a beam element.

Ominaisuus	Arvo
Betoniosien tilavuus	49 l
Elementin Pieni pinta-ala	0,00 m2
Elementin aukkojen pinta-ala	0,02 m2
Elementin betoniosien korkeus	150 mm
Elementin betoniosien paksuus	100 mm
Elementin betoniosien pituus	3,40 m
Elementin brutto pinta-ala	0,51 m2
Elementin juokseva numero, ACN	
Elementin kerros	
Elementin lohko	
Elementin netto pinta-ala	0,49 m2
Elementin nimi	BEAM

Kuva 33. BEC-tiedosto (Solibri Anywhere 2021)

BEC-tiedostosta (kuva 33) löydät valitun profiilin tiedot, jotka voi siirtää Exceliin. Tekla-mallinnuksessa Organizer –toiminnolla materiaalin jakaminen luetteloihin tapahtuu myös vaivattomasti. Organizer numeroi 3D-mallista osat ja luettelointia voi suorittaa erilaisten sisältömallien avulla. Luettelointi tapahtuu suoraan Excel-tiedostoon ja esimerkiksi betonin osuus saadaan suoraan

tonneissa, mikä helpottaa tiedon siirtämistä ympäristöministeriön purkukartoituksen raportointilomakkeelle.

Tekla-ohjelmistoa käytetään yleisesti insinööritoimistoissa ja rakennesuunnittelussa. Vaikka Tekla-ohjelmaan on tuotu visuaalisia toimintoja, se ei ole yleisesti esimerkiksi arkkitehtien käytössä. Tekla-ohjelmistoa käytetään rakennustyömailla usein kantavien rakenteiden osalta hankintoja tukevaan määrälaskentaan (Teittinen 2022).

Tekla-ohjelmistoon voi ladata haluttuja komponentteja omasta Tekla Warehouse -tuotekirjastosta. Tekla-ohjelmistossa hirsielementiksi muokattu betonipalkki näkyy IFC-tiedonsiirron jälkeen betoniosana. Tekla-ohjelmiston IFC-tiedonsiirto toimii hyvin esimerkiksi Solibri Anywhere -katseluohjelman kanssa ja sopii tässä tapauksessa erinomaisesti urakan jakamiseen eri toimijoiden välillä. Tekla-ohjelmiston tiedonsiirto eri ohjelmien välillä on suhteellisen toimivaa verrattuna esimerkiksi Revit-ohjelmiston tiedonsiirtoon IFC-tiedoston välityksellä. Teklan Organizer -toiminto helpottaa rakennusosien luettelointia ja lisäämällä Tekla-ohjelmistossa mallinnetuille elementeille asennustietoja (referenssitietoja) saadaan luotua aikataulutusta.

Tekla-ohjelmistolla mallinnetun koulurakennuksen kohdalla minulle sattui virhe. Arvioin rakennuksen seinät betoniksi, mutta myöhemmin selvisi, että kyseessä oli todennäköisesti massiivitiilirunkoinen rakennus. Tämä oli kuitenkin helppo korjata muuttamalla jo Excel-pohjaan siirretyt julkisivumateriaalien betoniosuudet tiilen painoon 20 kN/m^3 .

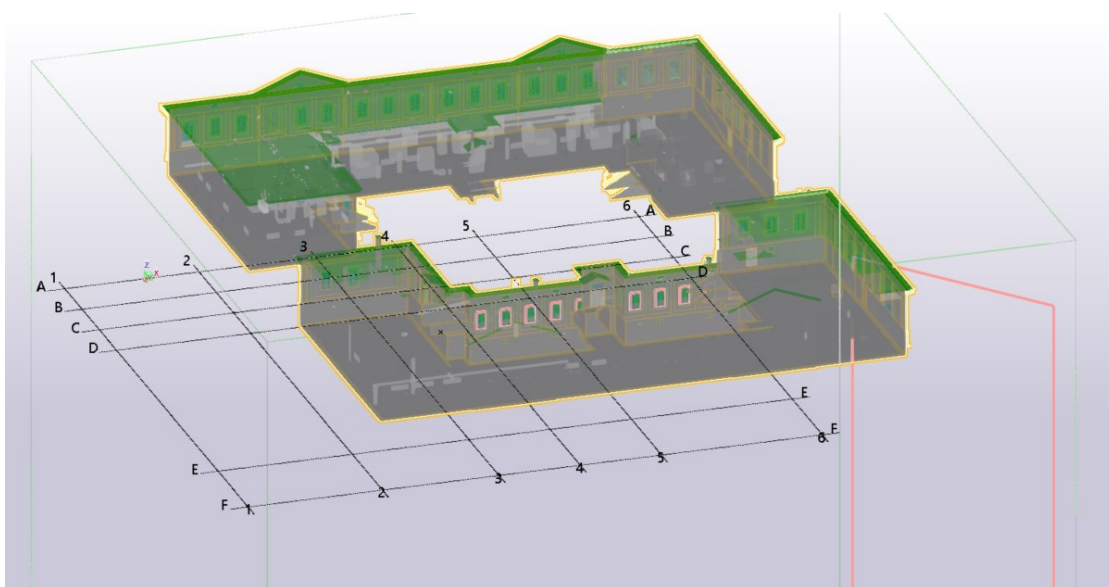
Kaikkineen Tekla-ohjelmiston BIM-malli ja IFC-tiedonsiirto sopii hyvin purkusuunnitteluun. BIM-malliin saa hyvin tallennettua materiaalitietoja ja Teklan organizer -työkalu mahdollistaa materiaalien luetteloinnin ja jakamisen määriin ja painoihin. Purkusuunnittelu on tehokasta ja BIM-malli auttaa määrälaskijaa pysymään kartalla siinä, mitkä seinät ja materiaalit on jo laskettu tai mallinnettu. Muita etuja on esimerkiksi se, että Tekla-ohjelmistossa materiaalin referenssitietoihin pystytään lisäämään materiaalin purkuun ja logistiikkaan liittyviä tietoja.

4.2 Tulos 2, Revit

Monissa tavallisissa Revit-ohjelmiston IFC-elementeissä on niin kutsutut säilöt, jotka eivät vaadi erityisiä toimia elementin viemiseksi. Esimerkiksi Revit-seinät viedään IfcWall –tiedostona. Muut Revit-perheet, kuten liukuportaat vaativat, että ne yhdistetään IFC-säilöihin ennen vientiä.

Revitin IFC2x3-tiedoston vieminen Solibri Anywhere –katseluohjelmaan ei onnistunut. IFC-mallin vieminen Revit-ohjelmistosta Solibri-katseluohjelmaan onnistui vain uudella Revit 2023 –ohjelmistolla, jossa on IFC4-export-ominaisuus. Myös Solibri Anywhere –katseluohjelma täytyy päivittää viimeiseen muotoonsa. Revit-ohjelmiston IFC-tiedoston vientiä Solibri-katseluohjelmaan on kritisoitu, mutta viimeisimmissä versioissa tähän on tullut parannuksia. Revit 2023 -ohjelman IFC4 -tiedoston vienti Autodeskin omaan Fusion 360 -ohjelmistoon onnistui erinomaisesti.

Revit-ohjelmistolla mallinnetun IFC2x3-tiedoston 3D-grafiikka avautui Tekla-ohjelmistossa hyvin ja oikeaan asemaan (kuva 34). Koska BIM-malli oli mallinnettu N2000-järjestelmässä, malli avautui z-akselin nolla-aseman yläpuolelle. Moduuliverkosto jäi selvästi mallin alapuolelle. Malli muodostui kuvaan oikean muotoisena ja mallissa näkyi elementtejä, kuten putkistoja ja kattotuolit.



Kuva 34. Revit-mallin IFC2x3-tiedoston avaaminen Teklassa (Tekla 2022)

Mielestäni Revit-mallintaminen sopii myös purkulaskentaan, etenkin jos samalla tekee muuta, esimerkiksi jotain visuaalista suunnittelua. Revit-mallin IFC-tiedonsiirto onnistui parhaiten Autodeskin omien tuotteiden välillä. Revit-suunnittelun käyttö purkusuunnittelussa vaatii myös muita Autodeskin tuotteita, kuten ReCap-ohjelmiston käyttöä, etenkin jos lähtötietoina käytetään pistetilviaineistoa. Toisaalta työ oli laadukasta ja visuaalisesti korkeatasoista.

Revit-ohjelmiston IFC-tiedonsiirto onnistui parhaiten viimeisellä versiolla Revit 2023. Revit 2023 -ohjelmalla mallinnettu BIM-malli ei kuitenkaan avaudu aikaisemmilla Revit-versioilla, mikä vaikeuttaa Revit-ohjelmiston jakamista muiden urakan osapuolien kanssa. Vanhemmalla Revit-ohjelmistolla mallinnettu malli avautuu kuitenkin uudemmalla versiolla, mutta jotain ominaisuuksia saattaa hävitä mallin päivittämisen yhteydessä. Revit 2023 -ohjelmistolla mallinnetun mallin voi tuoda esimerkiksi Solibri Anywhere -katseluohjelmaan, josta määrät voi helposti siirtää Exceliin.

IFC2x3-tiedosto oli testeissä suurempi kuin natiivimalli. Revit-ohjelmiston natiivimalli oli 43.3 MB ja IFC2x3-tiedosto 54.7 MB. Raskaimmassa tapauksessa IFC-tiedosto oli 79.4 MB. IFC4-tiedosto oli kevyempi ja tallensi rakenteiden aukot ja BIM-mallin virheettömämmin kuin IFC2x3-tiedosto.

Revit-ohjelmiston käyttäminen purkumäärien laskennassa edellyttää, että urakan osapuolilla on yhteneväiset ohjelmistot tai IFC-tiedonsiirtoa tulee testata, ennen kuin mallia jaetaan muihin ohjelmistoihin. Revit-ohjelmaan on sisällytetty aikataulun luominen, mikä helpottaa työjärjestyksien luomisessa. Revit-mallintamisessa Assembly-koodin lisääminen materiaalitietoihin helpottaa rakennustuotteiden luettelointia.

4.3 Tulos 3, Excel

Excel-suunnittelua käytetään paljon erilaisten materiaalien määrälaskennassa. Määrälaskentaan löytyy myös paljon muita siihen suunniteltuja ohjelmia. Excel-suunnittelun kömpelyytenä purkulaskennassa on se, että jokainen seinä, ikkuna ja pinta-ala täytyy mitata lähdeaineistosta ja luetteloida Exceliin. Toisaalta jo valmiiksi määrälaskentaan suunnitellut Excel-tiedostot helpottavat

määrälaskentaa seuraavalla kerralla. Excel-tiedoston käyttö on helppoa tiedoston suunnittelijalle, mutta toisen käyttäjän luomia tiedostoja voi olla vaikeata tai jopa mahdotonta ymmärtää. Määrälaskenta joudutaan laskemaan omalla Excelillä ja määrät siirretään ympäristöministeriön purkukartoitus-Exceliin. Excelin tietoja ei voi siirtää suoraan 3D-ohjelmistoon. Excelillä tiedon jako on helppoa, koska se on yleinen, mutta tietoa ei voi käyttää IFC-tiedoston tavoin.

Excel-pohjalla suoritettua määrälaskentaa ei voi siirtää Tekla- tai Revit-ohjelmistoon. Excel on yleisesti käytetty ja täten sopii hyvin urakan jakoon eri osapuolien kanssa, mutta toisen suunnittelijan tekemää Excel-tiedostoa voi olla vaikeaa ymmärtää. Excel-laskennassa voi olla vaikea hahmottaa virheitä, esimerkiksi sitä, että joku seinä on laskettu kaksi kertaa.

4.4 Tulos 4, IFC-tiedostojen tietosisältö

Sujuvan tietomallipohjaisen määrä- ja kustannuslaskennan edellytys on, että tietomalleja voidaan hyödyntää mahdollisimman automaattisesti määrälaskentaohjelmilla. Rakennusliikkeiden näkökulmasta ongelmaksi on muodostunut heille toimitettavien IFC-mallien vaihteleva tietosisältö ja rakenneosien vaihtelevat nimikkeet, jolloin valmiiden säännösten hyödyntäminen laskennassa on haastavaa (Wilska 2021). Uuden koneluettavan IFC-tiedoston kehittymiseen vaaditaan, että rakennusmateriaalien tietosisältö ja nimikkeet ovat yhteneväiset. YTV:n uudempaan versioon toivotaankin ohjeistusta siihen, että rakennusosat saavat yleispätevän ohjeistuksen, jolla IFC-tiedonsiirto saadaan toimivaksi eri ohjelmien kesken ja koneluettavaksi.

IFC-mallien hyödyntäminen määrä- ja kustannuslaskennassa edellyttää, että malliin valitut rakenteet ovat tunnistettavissa. YTV ottaa tähän kantaa ohjeistamalla, että rakenteet nimetään ja numeroidaan tilaajan hyväksymällä ja loogisesti hankkeessa sovitulla tavalla, jotta rakenneosat ovat tunnistettavissa määrälaskentaa varten (Wilska 2021). Kuten edellä mainitsin, yhteneväiset ja loogiset kaikkia osapuolia koskevat säännökset helpottaisivat BIM-mallin lukemista eri ohjelmien ja osapuolien välillä. Ongelmana kuitenkin on, että Euroopan alueella eri maissa käytännöt vaihtelevat. Tämä voi olla syynä siihen,

miksi ohjelmistoille ei saada yhteneväisiä nimikkeistöjä materiaaleille, mikä helpottaisi konelukua.

IFC-suunnittelun käyttäminen rakennusjättesuunnittelussa edellyttää, että kaikilla käyttäjillä on yhteneväiset tiedot osien luokittelussa. Tiedon- tai mallintuottajan tulisi huomioida IFC-mallin rakenteiden ja numeroinnin oikeellisuus yleisillä sopimuksilla ja testata IFC-mallin avaamista muissakin projektiin tarkoitetuissa ohjelmissa, jotta selviää, onko mallissa ristiriitaisuuksia tai virheitä objektien tiedoissa. Koska tällä hetkellä uudelleen käytettävien ja kierrätettävien rakennusosien laadunvalvonnasta puuttuvat yhteiset sovitut mallit, ehdotan seuraavassa ohjeita kierrätettäville rakennusosille.

4.5 Backcasting-analyysi ja ABCD-menetelmä

Opinnäytetyön analysoinnissa käytetään Backcasting-menetelmää, jossa ideoidaan rakennusjätteen, kiertotalouden ja BIM-mallintamisen tulevaisuudenkuva eli visio. Visio jäljitetään taaksepäin tämän päivän tapoihin toimia ja näin kartoitetaan esteitä ja ongelmakohtia kierrätyksen ja purkutuotteiden BIM-mallintamisen visiosta. ABCD-menetelmää käytetään kartoittamaan menetelmän perusteita. Backcasting-visio kertoo yhden tulevaisuuden toimintatavan purkukartoituksen suunnittelusta ja Excel-esimerkki (kohdassa 3.6) toimii kuvauksena tämän päivän toimintamallista.

Taulukko 5. ABCD-menetelmä

ABCD-menetelmä	Rakennusjättesuunnittelu ja IFC-tiedonsiirto
A = Tietoisuus ja visiointi	Tulevaisuudessa rakennushankkeesta luodaan digitaalinen kaksonen tai inventointimalli (RAVA2-kehityshanke, 3). Rakennuslupahakemukseen tulee Ilmastaselvitys
B = Perusteiden kartoitus	<ul style="list-style-type: none"> Kartoitukseen selvitetään purkutuotteen ominaisuudet. Esimerkiksi betonielementti: elementtityypit, dimensiot, reiät, liitokset, rasiusluokat, betonin puristuslujuus, raudoitus (VTT, 52). Lailliset esteet

	<ul style="list-style-type: none"> • Logistiset esteet • Digitaalisten kaksosten tai inventointimallien purkutuotekirjaston luonti • Varastorakennukset • Hinnat • Testaukset • Turvallisuus ja terveellisyys • Tietojen automaattinen siirto
C = Luovien ratkaisujen ideointi	Yhteneväisten, mutta innovaatioiden mukaan kehittyvien sääntöjen luominen purkutuotteille , sekä purkutuotteiden litterointiin liittyviä ohjeita
D = Priorisointi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kierrätysastetta on lisättävä 2. Jätteen kierrätyksen investointeja on tuettava 3. Kierrätyksen lailliset esteet poistettava 4. Kierrätyslogistiikkaan perehdyttävä 5. Tietoa lisättävä

Rakenteiden purkamiseen uudelleenkäytön ja kierrätyksen osalta tulee laatia suunnitelma, joka on liitettävissä BIM-malliin. Tällä hetkellä rakennetun ympäristön kestävä innovaatioekosysteemi KIRAHub selvittää, miten IFC-muotoiset suunnitelma- ja toteutumamallit tulevat osaksi rakennuslupa-aineistoa (kuva 35) ja mitä lainsäädännön uudistamista se vaatii. Rakenteiden nimeämiseen ja nimeämisten yhdenmukaistamiseen on kiinnitettävä huomiota niin, että eri ohjelmilla tuotettujen inventointitietojen tietosisällöt olisivat yhteneväiset ja ko- neluettavat.

Tietomallipohjainen rakentamislupa?



Ympäristöministeriö
Ministry of the Environment

Rakentamislain luonnos

49 § Rakentamislupahakemus

Rakennushankkeeseen ryhtyvän rakennuspaikan omistajan tai haltijan on haettava kunnalta rakentamislupaa kirjallisesti. Rakentamislupahakemukseen on liitettävä rakennuskohteesta ja sen laajuudesta riippuen::

1. rakennussuunnitelmaan sisältyvät pääpiirustukset, jotka rakennussuunnittelija varmentaa allekirjoituksellaan;
 2. **rakennuskohteen rakennussuunnitelmia vastaava suunnitelmamalli tai tiedot koneluettavassa muodossa** tai muun kuin rakennuksen osalta selvitys rakennuskohteesta ja sen vaikutuksista ympäröivään alueeseen;
 3. selvitys rakennuspaikan perustamis- ja pohjaolosuhteista sekä näiden edellyttämästä perustamistavasta ja tarvittavista muista toimenpiteistä;
 4. energiaselvitys;
 5. **ilmastoselvitys;**
 6. **materiaaliseloste**
 7. selvitys rakennuspaikan terveellisyydestä ja korkeussuhteista;
 8. selvitys rakennuksen kunnosta korjaushankkeessa toimenpidealueen osalta;
 9. selvitys siitä, että hakija hallitsee rakennuspaikkaa;
 10. muu lupahakemuksen ratkaisemiseksi tarvittava olennainen selvitys.
- Ympäristöministeriön asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä pääpiirustusten ja selvitysten sisällöstä ja esitystavasta sekä tietomallimuotoisista suunnitelmista.

Kuva 35. Ympäristöministeriön luonnos tulevalle tietomallipohjaiselle rakennuslupahakemukselle (Ympäristöministeriö.fi 2022)

Rakennuslupahakemukseen voi tulevaisuudessa liittää suunnitelmamallin tai tiedot koneluettavassa muodossa. Energiaselvityksen lisäksi rakennuslupahakemukseen suunnitellaan ilmastaselvityksen ja materiaaliselosteen lisäämistä. Nämä kehykset valmistavat pohjaa purkusuunnittelun visiolle, jossa BIM-malliin lisätyt materiaalitiedot saadaan purkuvaiheessa laskettavasti ja luetteloitua koneluettavaan muotoon.

Backcasting -visio

Rakennuksen purkutuotteille laaditaan purkulaskennassa käytettävä nimikeistö, joka tallentuu BIM-malliin rakennetta suunniteltaessa. Tällä hetkellä rakennusmateriaali voidaan määritellä Talo2000 -hankenimikkeistön koodilla ja lisäasetuksena voitaisiin tuotteelle asentaa EWC-koodi. Seuraavassa esittelen alustavia malleja rakennusmateriaaleista koottaville tiedoille. Tietoperustaa on koottu lähteestä VTT 2022:15 (Zhu ym. 2022).

Backcasting, luovien ratkaisujen ideointi

Purkusuunnittelussa kootaan betoniosalle tarvittavia tietoja (taulukko 6). Pohjana yleinen taulukko, joka ohjaa käyttäjää määrittelemään tietoja tuotteesta. Kaikkiin lomakkeen kohtiin ei tarvitse luoda tietoja, mutta kaikki materiaalista

tai osasta löytyvä tieto merkitään, jotta uudelleenkäytön testauksia voidaan suunnitella. Käytön alentaminen prosessissa tarkoittaa, että jos tuote ei enää täytä rakentamisessa käytettyjä standardeja, se voidaan käyttää johonkin sellaiseen tarkoitukseen, jossa siltä ei vaadita enää kyseisiä vaatimuksia.

Taulukko 6. Betonielementtiin suunniteltu kaavio

Materiaali / osa Nimike	Betoni	Reiät	Ei
Homogeeninen / heterogeeni- nen materiaali	Heterogeeninen: betoni – teräs	Ulkorakenne vai sisärakenne	By 42 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2019 mukaan
Altistus säära- sityksille	Ei	Osan rasitukset	Pilari, 3 krs. sisätila
Elementtityyppi	Pilari p ⁽¹⁾	Liitokset	pultti- tai hitsausliitoksin
Korkeus	2500 mm	Rasitusluokat	XC3
Paksuus	300x300 mm	Puristuslujuus	C25/30
Tilavuus	0,225 m ³	Palonkesto	R60
Tilavuusmassa	25 kN	Laadunvalvonta	CE-merkintä, hEN, ETA tai EAD tuotehyväksyntä
Raudoitus esimerkiksi ->	Hitsattava harja- tanko: T = B500B SFS 1300 Verkot: K = B500A SFS 1300 Ruostumaton harja- tanko: E = B600KX SFS 1259	Puristuslujuus	Kimmo- ja puristuslujuuskoe standardien SFS-EN 12504-2:2013 ²⁴ ja SFS-EN 13791:2019 ²⁵ mukai- sesti tai puristuslujuuskoe laborator- iossa BY 65 Betoninormin 2016: 5.2.3.3 mukaan
Jätenro	17 01 01	Karbonatisoi- minen	Karbonatisoitumiskoe
Loppusijoitus Käyttökohde	Autotalli	Käyttöikä entinen / tuleva	100 v / 50 v

Käytön alentaminen prosessissa	Kyllä	Maarakennus	MARA-asetuksen mukaisesti (VNa 843/2017)
--------------------------------	-------	-------------	--

Betonielementtejä on mahdollista käyttää uudestaan, sen sijaan paikalla valetut laatat ja perustukset joudutaan usein murskaamaan (Zhu ym. 2022). Huomioitavaa on, että betonielementit, jotka ovat rakennuksen sisätiloissa säilyttävät paremmin ominaisuutensa. Säärasitukselle ja klorideille altistuneet ulkoseinät vaativat testauksen. Asuinkerrostalotuotanto perustuu BES-järjestelmään (Hytönen & Seppänen 2009). Siinä on huomioitava helposti rikkoutuvat liitososat.

Taulukossa 7 esitellään puutuotteeseen liitettävä purkusuunnittelutaulukko. Puutuotteiden arviointiin riittää silmämääräinen tarkastelu, ellei uudelle tuotteelle tule kestävyysrasituksia. Silloin puutuotteelle täytyy suorittaa lujuuslaskentaa. Puutuotteet ovat yleensä käsiteltyjä palonsuoja-aineilla, tuholaismyrkyllä tai kosteutta eristävillä tuotteilla. Tämän vuoksi puun käsittelyaineista täytyy saada tietoa kierrätetyn puutuotteen terveellisyyttä ja turvallisuutta mitoittaessa. (Taulukko 8)

Taulukko 7. Puuelementtiin suunniteltu kaavio

Materiaali / osa Nimike	Hirsi	Reiät	Kiinnitysten aiheuttamat reiät
Elementtityyppi	Pilari	Liitokset	Puutappiliitokset Naulalevyristikko tuotestandardi EN 14250
Korkeus	2500 mm	Liima	
Paksuus	300 x 300 mm	Käsittelyaineet	
Tilavuus	0,225 m ³	Pinnoitteet	
Tilavuusmassa	5 kN	Laadunvalvonta	CE-merkintä, hEN, ETA tai EAD tuotehyväksyntä
Käyttöluokka	KL1	Luokka	Puhdas puu luokka A, Käsitelty puu luokka B,

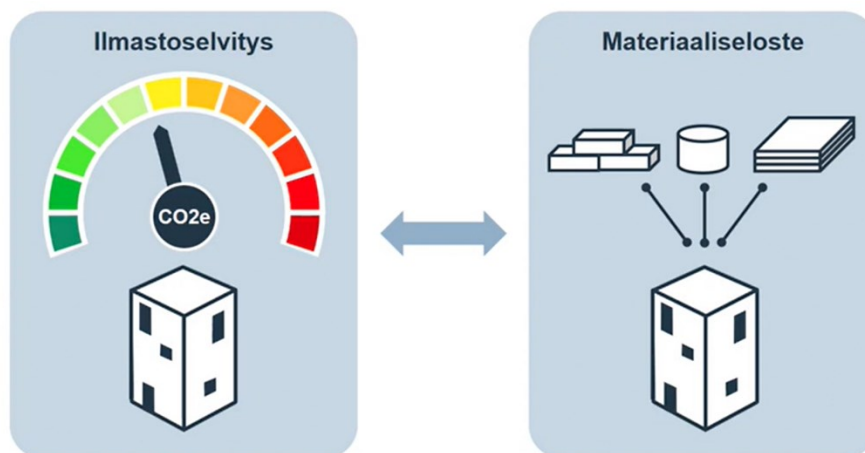
			Voi sisältää orgaanisia halogenoituja yhdisteitä tai raskasmetalleja luokka C, Sisältää suuria määriä yllä mainittuja luokka D VTT-M-01931–14
Jättenro:	17 02 01	Puristuslujuus	sahatavaran CE-merkintä perustuu standardiin SFS-EN 14081-1:2016+ A1:201929. Liimapuulle SFS EN 14080.
Loppusijoitus Käyttökohde	Talon runko	Huomioitavaa	Viruma, halkeamat, muodonmuutokset, lahot, hyönteiset
Käytön alentaminen prosesseissa	Ei	Tarkastus	Silmämääräisesti Koneellinen lujuuslajittelu

Taulukko 8. Yleisimmät haitta-aineet puurakenteissa

Epäpuhtaudet:	
CCA	Kromi-kupari-arseeni
CC	Kromi-kupari suolat
Kreosootti	
Liimat	Formaldehydihartsit (bakeliittiliima)

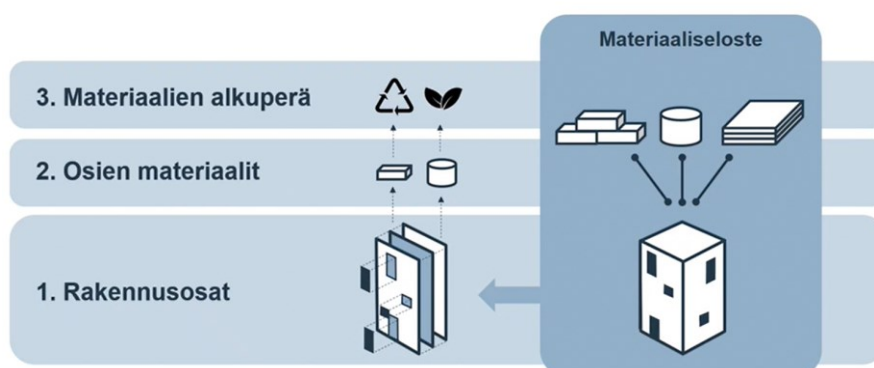
Tiedot jäsenellään IFC-komponenttiin, nimikkeistöön tai taulukkoon ja niistä kehittyä esimerkiksi EAN-koodi tai QR-koodi. IFC4-komponentin määrittely löytyy liitteestä 4. Rakennusjätteestä on taulukointi, joka asettuu IFC-tiedostoformaattiin. Myös toisinpäin, eli IFC-tiedostoformaattiin tallennettu tieto avautuu koneluettavaksi. Purkumateriaalin varmennus ja testaus tiedot voidaan tallentaa IFC-tiedostoon tai muuhun tiedostoon jälkeenpäin.

Valmiit aineiden purkutaulukoinnit nopeuttavat purkutuotteiden erittelyä. Taulukoiden täytyy olla päivitettävissä Internetissä. Taulukoiden täytyy olla Open directory –tietoa. Kaikilla on oikeus käyttää purkutaulukkoa.



Kuva 36. Rakennuslupahankkeeseen tulee Ilmastoselvitys ja materiaaliloste (Kuittinen 2022)

Ympäristöministeriö on suunnittelemassa rakennusluvan uusimista. Rakennuslupaan ollaan liittämässä ilmastoselvitys (kuva 36) ja materiaaliloste. Materiaalilosteeseen kerätään tietoja materiaaleista. (kuva 37) Materiaalien kierto ja osien suunnittelu voitaisiin yhdistää tietokannassa, jossa materiaalit ovat varastossa rakennuksessa rakennuksen käyttöön ja palautuvat kiertoon ja kunnostettavaksi rakennuksen purkamisen yhteydessä. Moduulirakentamisessa rakennuksen osa, tai huoneisto voidaan irrottaa rakennuksesta, huoltaa, korjata tai lisätä uusi osa moduulirakenteeseen. Talon rakentaminen alkaa järjestelmänä muistuttaa enemmän auton huoltoa, jossa rikkiäinen osa korjataan uudella osalla tai korjatulla ja huolletulla käytetyllä osalla.



Kuva 37. Materiaaliloste (Kuittinen 2022)

Tieto tallennetaan 3D-malliin, josta se saadaan koneluettavasti ulos. Ongelmana on IFC-tiedoston tiedonsiirto niin, ettei mitään tietoa materiaalin koodituksesta häviä matkalla. Myös se, että kooditukset tulevat oikein. Tätä tukee Revit ohjelmistossa TXT-tiedostoon tallennetun litterointitiedoston tuominen suoraan Assembly code ja Keynote -valikkoon. Tekla-ohjelmistossa tiedot joudutaan hakemaan erillisestä luettelosta ja näppäilemään koodi manuaalisesti.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Laadullinen jakauma eri prosesseissa

Purkusuunnittelun IFC-mallintamiselle ei tarvitse luoda yhtä paljon attribuutteja kuin esimerkiksi rakentamisessa käytettävässä suunnittelussa. Tärkeintä on saada mallista aineen määrittäminen ja paino tonneina. Aineen määrittämisessä on tärkeää, että se voidaan jaotella jäteluokitukseen ja kierrätyskelpoisuuteen.

IFC-malliin voidaan kuitenkin lisätä tietoa pitkin purettavan tuotteen elinkaarta kohti seuraavaa käyttötarkoitusta. Jos objekteille lisätään tunnistusarvoja, kuten sijainti, ikä ja kunto, voitaisiin elementti tai prosessi jatkokehittää jätteen kierrätyksessä. Niin, että jätteen tai materiaalin ollessa tilassa: "Waste", siinä olevat tiedot olisivat tallennettuina mallissa ja kun materiaali haluttaisiin ottaa uudelleen käyttöön, tilaksi muutettaisiin "End of waste" (EoW, ei-enää-jätettä) ja tuotteen uudelleen käyttöön mahdollistavat testaukset voitaisiin suorittaa ja merkitä objektiin ja näin jätteen kierrätyksessä syntyisi tietoa materiaalin kiertokulusta.

Vielä eteenpäin mennessä objekteille voitaisiin lisätä arvoja kuten: Korroosio, kosteusaste, karbonatisoituminen, veto- ja puristuskuormitus, homogeenisyys tai objektin monimateriaalisuus, elektronilataus, pinnoitusaineet, puhdistus- ja uudelleenmuotoilutarpeet, kertyneet kustannukset (irrotus, logistiikka, säilytys ym.) ja objektiin voitaisiin lisätä anturi mittaamaan joitakin näitä asioita.

JÄTTEEN KIERTOKULKU

Waste
End of waste
Puhdistus
Tuotesuunnittelu
Laadun varmistus
asumisterveysasetus
Kemialliset päästöt

Esim. jäteikkunan käyttö kasvihuoneessa. Eli tuotteen alentaminen kierto-prosessissa.

Tulo ja poistoilman päättölaitteiden käyttö uudelleen: poistoilma päätteissä ei ole standardia ja ne eivät juurikaan kulu käytössä. Voi uudelleen käyttää!!

Romumetallista on kova pula. Koronan ja Ukrainan sodan myötä metallien tuonti on vaikeutunut.

Kuva 38. Jätteen kiertokulku

Tällä hetkellä jättemateriaalin ja rakennusmateriaalin lainsäädäntöä ohjaa kaksi erillistä lainsäädäntöä: Jätelaki ja Maankäyttö- ja rakennuslaki. Rakennustuotteiden tulee olla CE-merkittyjä tai niiden tulee saada eurooppalainen tekninen hyväksyntä. Tuotetestaukseen käytetään harmonisoitua testausta materiaalin yhden ominaisuuden osalta. Ongelmakohtia rakennusmateriaalin muokkaamisessa jätteestä uudelleenkäyttöön aiheuttavat testauskulut, materiaalin logistiikka ja varastoiminen. Uudelleenkäytettävän materiaalin tulisi olla halvempi, kuin neitseellisistä aineista tuotettu materiaali.

Logistiikka ongelmaan vastauksena voisi olla, että betonielementtitehtaan lähistölle tehtäisiin purettujen elementtien varasto. Näin betonielementtejä kuljetettaessa rakennuskohteeseen kuljetusajoneuvo voi takaisin tullessaan tuoda matkan varrelta uutta materiaalia eli kierrätysmateriaalia purkurakennuksista varastoon. Näin tulisi menetellä myös puuelementti- ja tiilielementtitehtaiden kanssa.

Samoin muut lailliset esteet tulisi poistaa. Esimerkiksi se, että ikkunoiden U-arvo eli lämmönläpäisyarvo (W/m^2K) on nykyikkunoissa noin 10 kertaa parempi kuin 1960-luvulla valmistetuissa ikkunoissa. Tämän voisi kiertää niin, että tuotteen käyttöä alennettaisiin prosessissa, eli tuvan ikkunaa voisi käyttää pihasaunassa tai kasvihuoneessa. Purettavista tuotteista pitäisi saada tallennettua tietoa helposti ja niin, että tieto kulkisi tuotteen mukana, vaikka tuote ei heti löydä uutta kohdetta.

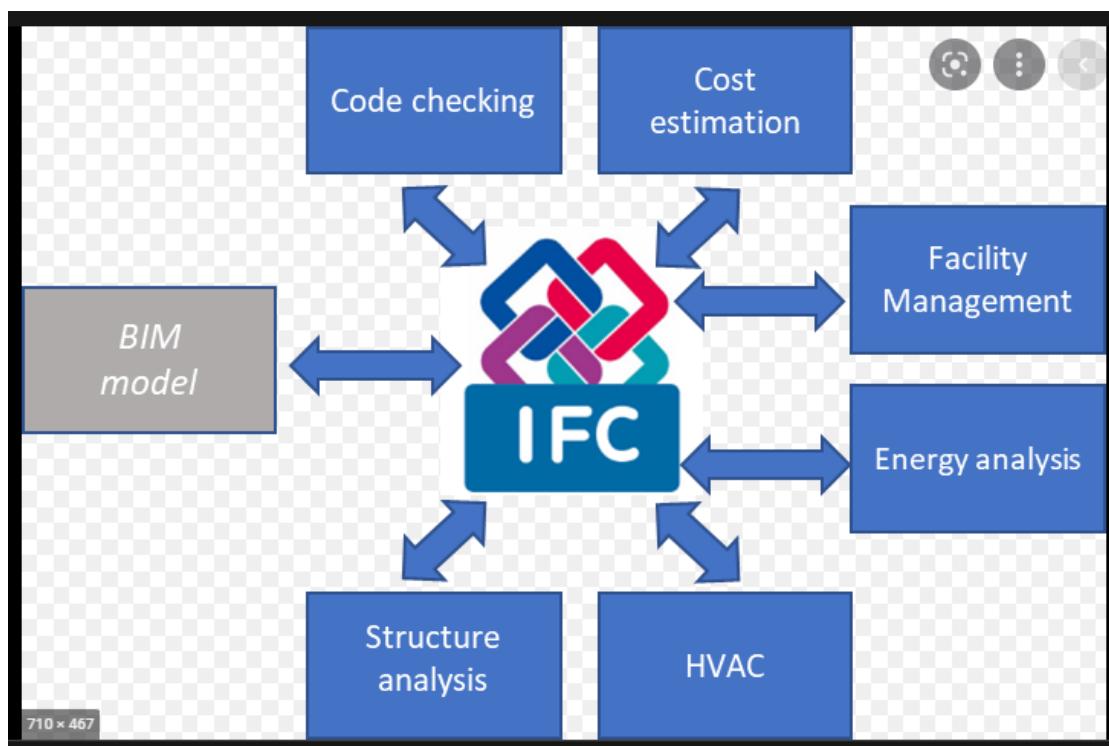
3D-mallintamisen helppous molemmissa sekä Tekla-ohjelmistossa että Revit-ohjelmistossa olivat erinomaiset. Tekla-ohjelmistossa seinämateriaalien mallintaminen ja materiaalitietojen asettaminen tuntui helpolta, koska ohjelmisto oli ennestään tuttu. Revit-ohjelmiston käyttö oli myös helppoa, kun tarvittavat rakennekirjastot olivat käytössä. Ikkuna- ja ovikomponenttien asetteluun helpoutta ei voi verrata, koska Tekla:lla luodussa purkus suunnittelussa käytettiin referenssinä arkkitehdin piirustusta ja Revit:ssä pistepilveä.

Tekla:n ja Solibri Anywhere-katseluohjelman välinen IFC-tiedonsiirto onnistui moitteettomasti. Ainoastaan hirreksi mallinnettu rakenneosa näkyi Solibri:ssa betoniosana. IFC-tiedonsiirto toimi Revitissä parhaiten IFC4-tiedostolla ja Solibri Anywhere -ohjelmiston uusimmalla versiolla. Revit-ohjelmiston tiedonsiirto toimii parhaiten omien ohjelmistojen välillä.

5.2 Muita IFC-suunnittelun tuomia etuja

Paperille tulostetussa kaksiulotteisessa mallintamisessa suunnittelijoiden töitä ei saada samaan yhteiseen malliin, tieto hajaantuu ja kuivien päivitykset eivät kulje ajan tasalla. Koska suunnittelijoilla on käytössä paljon erilaisia ohjelmia, natiivimallia ei voi jakaa. 3D-mallintamisessa tieto jaetaan pilvessä olevasta emomallista kerroksittain tai lohkoittain eri alojen suunnittelijoille. Näin eri alojen suunnittelua voidaan suorittaa samaan aikaan. Tämä vähentää suunnittelu-aikaa.

Emomallista jakaminen tapahtuu IFC-tiedoston avulla, jota useimmat eri suunnitteluohjelmat osaavat lukea. Lohkojen tiedot päivittyvät emomalliin, kun muutokset tallennetaan projektipankkiin. (Kuva 39)



Kuva 39. IFC-formaatti yhdistää eri suunnittelijoiden mallit yhteiseen emomalliin. (BuildingSmart 2020)

Ympäristöministeriön RAVA2-kehityshankkeessa on myös puollettu 3D-mallin lisäämistä rakennuslupahakemukseen. Syynä on, että 2D-piirustukset tallennetaan pdf-muotoon. Vaikka koneäly pystyykin lukea PDF-muotoista tekstiä, se ei pysty lukemaan PDF-muotoista semanttista rakennetta. (RAVA2-kehityshanke. 2021, 3)

BIM-mallintamisen hyödyiksi voi myös lukea sen, että rakennusta purettaessa siitä jää digitaalinen muisto tulevia sukupolvia varten. Rakennushistoriallisesti merkittävät rakennukset pyritään pitämään kunnossa, jotta niitä ei tarvitse purkaa, mutta joskus emme voi tänä päivänä tietää, mikä on tulevaisuudessa rakennushistoriallisesti merkittävää tai kaunista.

6 POHDINTA

6.1 Mallintaminen, rakentaminen ja tutkimus Suomessa

Suomella on erinomaiset mahdollisuudet olla suunnan näyttäjänä rakennusteollisuuden digitalisoitumisessa. Suomessa sijaitsee Euroopan Turvallisuus- ja

kemikaalivirasto ja tulossa 2023 Euroopan laajuisesti merkittävä puutuotelaboratorio Savonlinnaan, jossa kelpoisuuteen erikoistunutta mittausta ja testausta voidaan suorittaa. Nämä elementit vahvistavat teollisen puurakentamisen kasvua Suomessa.

Nykyään rakennuksia ja infraa suunnitellaan enenevässä määrin tietomallinuspohjaisesti. Tässä tutkimuksessa otetaan kantaa IFC-tiedonsiirtoon purkusunnittelun osalta. Tulevaisuudessa suurin osa kiinteistöistä on BIM-mallinnettu ja rakentamisen purkamiseen liittyvä suunnittelu voidaan suorittaa kiinteistön elinkaaren aikana. Voidaan siis sanoa, että tämän kaltaiselle mallintamiselle on työtä noin 50 vuodeksi, jonka jälkeen rakennuskanta on jo mallinnettu.

Dovre Group Finland ja eSite haluaa olla mukana 3D-suunnittelun ja pistepilven avulla tehdyn BIM-suunnittelualan kehityksessä ja takaamassa asiakkailleen uusimman tiedon ja parhaat resurssit rakennushankkeiden ja BIM-mallintamisen projekteissa. Dovre Groupin tulevaisuudenkuvaan ja mallintamisen kehittämiseen liittyy 360°:n kuvamateriaalin ja pistepilvimateriaalin BIM-mallintaminen tekoälyllä. Kuvantunnistuksella kohteen kuva-aineistosta pystyttäisiin automattisesti tunnistamaan esimerkiksi ikkunat ja ovet. Oven kahvojen ja saranoiden tunnistuksella voitaisiin määritellä oven oikea- ja vasenkätisyys, sekä avautumissuunta. Yläpohjan ja lattiatason tunnistamisella voitaisiin määritellä välipohjan paksuus. Ohjelmaa kehittäessä, sen olisi mahdollista tunnistaa kuvan perusteella myös materiaaleja, kuten betoni ja puu. Pintamateriaalin tunnistamisen varmistamiseen tarvittaisiin kuitenkin todennäköisesti ihmissilmää.

Koneälyllä luotu pohja-aineisto Inventointimallinnukselle vähentää mallintajan työtaakkaa ja vapauttaa suunnittelijan tärkeämpiin tehtäviin, kuten mallin lopulliseen tarkastamiseen, aikataulun luontiin ja yhteistyökumppaneiden kanssa kommunikointiin.

Tämä alue mallintamisesta kehittyä hurjaa vauhtia. Kaikki tieto mitä opin tutkimusta tehdessäni on omalla tavallaan uusinta uutta. Alan hurjassa kehityksessä, tämäkin tutkimus saattaa parin vuoden päästä olla vanhentunutta tietoa. Uusia tuotteita tulee markkinoille ja kilpailuasetelmat määräävät mitkä tuotteet ja tekemisen tavat tulevat jäädäkseen. Kuitenkin 3D-mallintamiseen

liittyvät ohjelmistot, kuten Tekla ja Revit ovat säilyttäneet kilpailuasetelmiaan jo 30-vuoden ajan. Niiden keskinäinen kilpailu ajaa tuotekehitystä eteenpäin. IFC-mallin käytön helppous tulee olemaan osana mallinnusohjelman suosiota.

Rakennustyömaan automatisaatiota kehitetään myös tietomallintamisen avulla. Esimerkiksi Autodeskin xyzreality.com pyrkii yhdistämään tietomallintamisen edut, rakennustyömaan digitaalisen mallin ja suunnittelun. Siinä käytetään BIM 360°-kuvaamista ja Atom-ohjelmistoa ja yhdistetään tieto suunnittelun tueksi. Navisworks:ia käytetään projektin viemiseen pilvipalvelimelle ja asiakkaan käyttöön. BIM-malli luodaan Revit -ohjelmistossa.

Autodeskin Revit-ohjelmisto ja Trimblen Tekla Structures-ohjelmisto kilpailevat BIM-mallintamisen ja tietomallisuunnittelun johtoasemasta. Trimble on suunnitellut laitteen, jossa laserkeilaus ja takymetria ovat samassa kokoonpanossa (Trimble X7 2022). Teklan Organizer-toiminto mahdollistaa BIM-ohjelmistossa tapahtuvan materiaalin keräämisen ryhmiin ja kokoonpanoihin, painojen ja tietojen luetteloinnin ja yhteen laskeminen tapahtuu napin painalluksella, mikäli tuotteiden Classit ja attribuutit on mallinnettu oikein.

Autodeskin kattava tuotteisto tukee myös pistepilvimallintamista ja tuoteperheestä löytyy erilaisia ohjelmistoja niin pistepilven manipulointiin, kuin BIM-mallin tuottamiseen. Onnistuneen IFC-tiedoston avulla BIM-malli voidaan tuoda Revit-ohjelmistosta esimerkiksi Solibri Anywhere -katseluohjelmaan, jonka BEC-tiedostosta materiaali voidaan siirtää helposti Excelliin. Ainoana ongelmana se, että BEC-tiedosto on suunniteltu betonituotteille, eikä se ymmärrä esimerkiksi hirren olevan puuta. Revitissä aloitusnäkyään voi asettaa parametrit luetteloille esimerkiksi huoneistojen pinta-alat, julkisivumateriaalit tai ikkuna- ja oviluettelot. Näin luettelointi tapahtuu automaattisesti mallintamissa.

Suosittelen kuitenkin, että hanketta määritettäessä sitouduttaisiin joko Autodeskin tai Trimblen -ohjelmistojen käyttöön koko projektin ajalle. IFC-mallin tiedot ja tiedonsiirto täytyy testata, että varmistutaan olennaisen tiedon siirtyminen ja että tietomalli toimisi suunnittelijoilla odotetulla tavalla. Huomioitavaa on, että IFC-mallista saattaa hävitä tietoa, kun sitä käytetään eri ohjelmistojen välillä. Määrälaskenta on myös prosessi, jota voidaan tehdä monta kertaa ja

todellisen määrän arvo iteroituu tarkemmaksi jokaisen laskennan tuloksen myötä. Siksi eri ohjelmien laskennan vertailu voi myös auttaa esimerkiksi rakennusjätteen määrän arvioinnissa.

Purkujätteen kierrätyksessä käytettävässä tietomallinnuksessa on hyvä tutustua

- YTV2012 osa 2, Lähtötilanteen mallinnus
- YTV2012 osa 7, Määrälaskenta

Huomioitavaa on, että hanke tukee tilaajan tarpeita ja että lähtötiedot ovat suunnitelman mukaiset ja mallinnusprosessissa käytetään oikeita parametrejä ja tekniikoita. IFC-mallin automaattisen koneluvun takaamiseksi olisi numeroita, parametrejä ja tietokategorioita yhtenäistettävä, jotta tieto saataisiin luettua helposti ja koneellisesti. Myös rakennusmateriaalien, rakenteiden ja osien nimeämiskäytännöt olisi yhtenäistettävä, jotta tietojen luku mallista olisi koneluettavaa.

Yleisten tietomallivaatimusten päivittäminen on alkanut, kun ympäristöministeriö sitoutui 4.2.2021 KIRAHVI-ryhmässä edistämään päivitystä YTV2020 (KIRAHub 2022). Uudessa tietomallivaatimusten päivityksessä voidaan odottaa ohjeistusta siihen, miten IFC-mallin automaattisen koneluvun helpottamiseksi materiaaleja tulisi numeroida.

Käyttämäni BIM-mallintamisen alustat eivät vielä tukeneet kovin vahvasti puusuunnittelua. Betoniala on ollut vahvasti mukana kehittämässä suunnittelutyökaluja. Puurakentaminen on kuitenkin kovasti nosteessa ekologisten arvonsa vuoksi. Betoniteollisuuskin on tarttunut vakavasti betonituotteiden hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen tuotannossa. Toivottavasti nykyisiin yleisesti käytettyihin mallinnusohjelmiin saadaan puutuoteteollisuuden käyttämät rakenteet ja parametrit helposti käytettäväksi. Kuitenkin modernissa puutalossa asumiseen liitetään yleisesti terveellisuuden näkökantoja ja kuluttajat haluavat myös vaihtoehtoja betonirakentamiselle.

Puurakenteiden kierrätykseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Tällä hetkellä puumateriaali menee suurimmaksi osaksi energian tuotantoon. Puu on kuitenkin arvokas materiaali, ja sen kierrätystä tulisi miettiä tarkemmin. Norwegian

industrial timber construction –webinaarissa kysyin miten norjalaiset ovat ratkaisseet palosuoja-aineiden ja muiden kemikaalien käytön ongelman puun kierrätyksessä. Anders Qvale Nylund Norwegian University of Life Sciencesta vastasi, että he olivat oppilaidensa kanssa tehneet jätetuusta LVL:ää (Metsäkeskus 2022). Tällaisia testauksia tarvitaan, jotta jätetuu saataisiin uudelleen käyttöön.

Puumateriaalin määrittämiseen ja käyttöön BIM-mallintamisessa tarvitaan myös lisäkehitystä. Jos yleisimmät mallinnusohjelmat kuten Tekla ja Revit eivät tue puutuotteiden mallinnusta, on haittana, että mallinnusohjelma menettää suosiotaan puurakentamisen lisääntyessä tai puurakentaminen ei lähde nousuun, koska mallinnusohjelmissa puusuunnittelu on liian vaikeaa.

6.2 Tutkimuksen onnistuminen ja jatkotutkimustarpeet

Tutkimus sujui hyvin omalla painollaan, koska vastaavaa tutkimusaineistoa oli paljon saatavilla. Tietoa on kerätty eri lähteistä ja tuotu samoihin sisältökanssiin. Tietoa voidaan hyödyntää, täydentää ja korjata tulevissa tutkimuksissa. Suurista määristä tekstipohjaista tietoa on myös kerätty taulukoita ja hakemistoja, jotka nopeuttavat ja selkeyttävät tietoa. Tutkimus on kehittämistyön ja kirjallisuuskatsauksen fuusio.

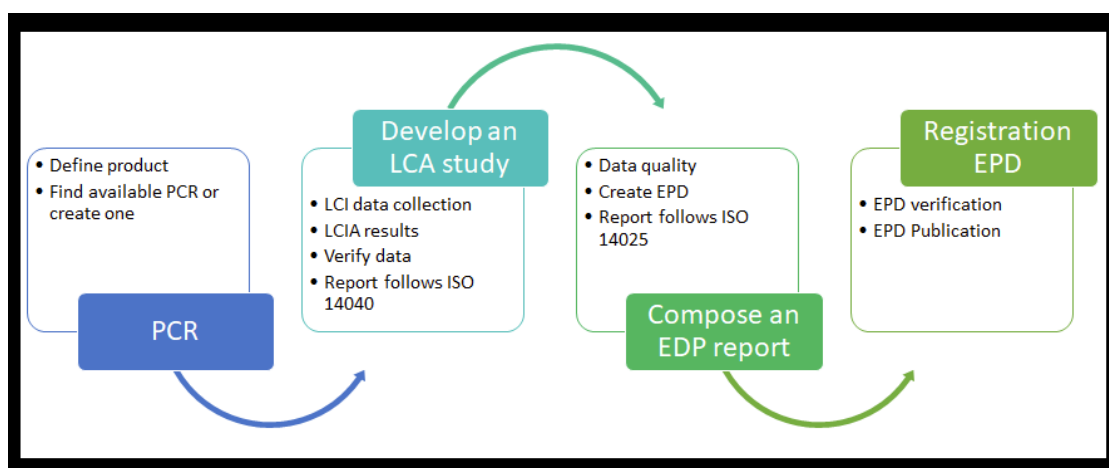
Alustavassa tutkimussuunnitelmassa määriteltävänä oli erilaisten purkusuunnittelumuotojen ajallisen käytön mittaaminen. Tämä osa-alue jäi kuitenkin tutkimuksesta puuttumaan, koska laskentaa tehtiin eri muodoissa samanaikaisesti ja ajan mittaaminen olisi ollut vaikeaa. Referenssikohteet olivat myös hyvin eri kokoisia, joten ajallinen mittaaminen olisi siten ollut epäoikeudenmukaista. Ajallista laskentaa olisi voitu arvioida esimerkiksi kohteen bruttokuutioita ja työaika laskemalla. Jatkotutkimuksessa erilaisten purkusuunnittelumuotojen ajan mittaaminen voisi hyödyntää aikataulutukseen liittyvässä arvioinnissa ja sitä kautta budjetin suunnitteluun.

Tutkimuksen edetessä paljastui oma kokemattomuuteni tietojen käsittelyssä. Tutkimuksen ongelmakohdat liittyivät tutkijan mallinnusnopeuteen. Revit-ohjelmiston käytön sisäistäminen tutkimuksen aikana, oli kaiken muun aineiston

keräämisen lisäksi suuri töistä. Vaikka rakennetietoa ja standardien tunte-
mista on kerääntynyt paljon opiskelun aikana, on tietotekniikan, erilaisten tie-
dostojen ja niiden käsittelyyn liittyvät asiat jääneet vähemmälle. Tutkimus
avasi paljon tiedostojen rakenteista, lähettämisestä ja suojauksesta. Koen tä-
män työn tekemisen erittäin hyödylliseksi tulevaisuutta ajatellen.

Rakennusyrityksissä on myös paljon henkilökuntaa, joilla ei ole kokemusta uu-
sien tekniikoiden mahdollistamista eduista. Näen tämän myös viitteenä siitä,
että eri alojen ammattilaisten tulisi tehdä yhteistyötä keskenään. Tutkimuk-
sessa selvisi, että esimerkiksi datanomien ja rakennusinsinöörin kaksoistutkinto
olisi äärimmäisen palveleva tulevaisuuden yhteiskunnassa. Rakentamispro-
sessi on kaiken kaikkiaan muovautumassa suunnittelupainoiseksi, sillä perin-
teinen käsin tehtävä työ pyritään koneellistamaan.

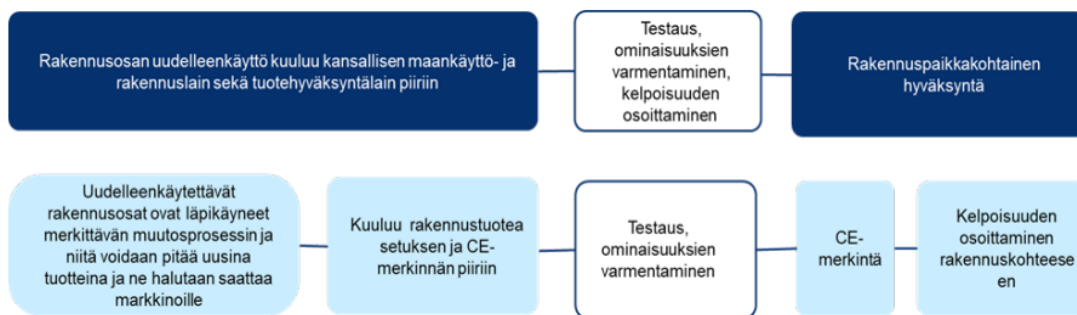
Rakennusjätteen jatkotutkimuksen kannalta voisi olla mielenkiintoista esimer-
kiksi tuotteiden EPD-rekisteröinti (kuva 40). Ympäristöseloste sisältää ympä-
ristötehokkuuslaskelmia, tietoja tuotteen kestävästä kehityksestä, ympä-
ristötuloksista tuotteen eri vaiheissa. EPD-tiedot esitetään EN 15804 standar-
din mukaisesti (Rakennustieto 2022).



KUVA 40. Tuotteen EPD (Environmental Product Declaration) -merkintä (en.wikipedia.org 2022)

Rakennustuoteasetus ei sisällä säännöksiä uudelleen käyttöä koskien, joten
tämänlaiset säädökset tulisi kehittää. Uudelleenkäytettävien rakennusosien

kelpoisuuden osoittamiseen tarvitaan menettelykuvaus ja ohjeet koko rakennusprosessin eri vaiheisiin ja eri toimijoille (Ying ym 2022, 7). Kuvassa 41 on rakennustuotteiden uudelleenkäytön, testauksen ja hyväksynnän kaavio. Uusien tuotteiden ja tuotantomenetelmien standardoinnissa voi käyttää Certo -palvelua, joka automatisoi rakennustuotteiden CE-merkintään liittyvän dokumentaation laadinnan, julkaisemisen, ylläpidon ja arkistoinnin.



Kuva 41. Rakennusosien uudelleenkäytön, testauksen ja hyväksynnän kaavio (julkaisut.valtioneuvosto.fi 2022)

Tämä tutkimus antaa suuntaa purkutuotteiden erittelyyn, testaamiseen ja määrittelyyn. Liite 3 sisältää kootun taulukoinnin osasta purkumateriaaleja ja niiden uudelleenkäytön suunnittelusta (Zhu ym. 2022). Taulukoita voidaan kehittää tulevissa tutkimuksissa.

Ennen kaikkea toivottavasti mahdollisimman moni pääsee tutustumaan tähän aiheeseen ja saamaan tästä työstä etua itselleen. Koen tämän aiheen erittäin mielenkiintoisena ja luotan tämän tekniikan yleistymiseen. Näen pistepilven käytön ja BIM-mallintamisen potentiaalin rakentamisen (ja purkamisen) yhteiskunnassa.

LÄHTEET

Baznajac, V. 1997. The implementation of industry foundation classes in simulation tools for the building industry. PDF-dokumentti.

Saatavissa: www.ibpsa.org/proceedings/bs1997/bs97_p125.pdf [viitattu 1.7.2022].

BIM Experts 2019. IFC and BIM Interoperability. Global Institute of Technology Dokumenttityyppi: verkkojulkaisu Saatavissa: www.e-zigurat.com/blog/en/ifc-and-bim-interoperability/ [viitattu 1.7.2022].

BuildingPoint 2022. Trimble X7 -Laserkeilain. Dokumenttityyppi: verkkojulkaisu Saatavissa: buildingpointfinland.fi/trimble-x7/ [viitattu 25.9.2022].

bimspot 2022. How does IFC work. Federal Ministry Republic of Austria, Austria witscfafts servise (aws) Dokumenttityyppi: verkkojulkaisu, Saatavissa: www.bimspot.io/blogs/how-does-ifc-file-work/ [viitattu 1.6.2022]. [viitattu 15.10.2022].

Digital Preservation Home 2020 Sustainability of Digital Formats: Planning for Library of Congress Collections. Dokumenttityyppi: verkkoarkisto Saatavissa: <https://www.loc.gov/preservation/digital/formats/fdd/fdd000501.shtml>

Hradil, P. ym. 2019. Purkukartoitus – opas laatijalle. PDF-dokumentti. Saatavissa: julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161883/YM_2019_30.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 26.10.2022].

Hytönen Y. & Seppänen M. 2009. Tehdään elementeistä – Suomalaisen betonielementtirakentamisen historia. Dokumenttityyppi: PDF-julkaisu Saatavissa: <https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/06/Tehdaan-Elementeista.pdf> [viitattu 1.6.2022].

Juutinen, A., 2022. Purkuhankkeen suunnittelu ja purkutyöselostuksen ja kustannusarvion laatiminen. 2–3 Dokumenttityyppi: Opinnäytetyö Saatavissa: www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/753557/Juutinen_An_u.pdf?sequence=4&isAllowed=y [viitattu 7.10.2022].

Keitaanniemi A., 2021. Mikä on pistepilvi ja miten sitä käytetään talonrakentamisessa Dokumenttityyppi: Verkkojulkaisu Saatavissa: buildingpointfinland.fi/mika-on-pistepilvi-ja-mihin-sita-kaytettaan-talonrakentamisessa/ [viitattu 1.8.2022].

Kinnunen E., 2022. Rakennusmateriaalit kierto – 4 vaihetta kustannussäätöihin. A-insinöörit. Dokumenttityyppi: Artikkelit Saatavissa: www.ains.fi/asiantuntija-artikkelit/purkukartoitus-edistaa-materiaalien-uusiokayttoa [viitattu 25.9.2022].

Kuittinen M., 2019. Kiertotalous julkisissa purkuhankkeissa, hankintaopas. Ympäristöministeriö. Dokumenttityyppi: Verkkajulkaisu Saatavissa: julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161882/YM_2019_31.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 1.11.2022].

Lehtonen K., 2019. Purkutytöt - Opas tekijöille ja teettäjiille. Dokumenttityyppi: Ympäristöministeriön julkaisu Saatavissa: julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161884/YM_2019_29.pdf [viitattu 26.10.2022].

Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999

Mills M., 2021. Mille LiDAR anturi on tarkoitettu iPhonessa? ITIGIC Dokumenttityyppi: Verkkajulkaisu. Saatavissa: itigic.com/fi/what-is-lidar-sensor-on-iphone-for/ [viitattu 1.6.2022].

Phillipp D., 2021. How does IFC work? Dokumenttityyppi: Verkkajulkaisu Saatavissa: www.bimspot.io/blogs/how-does-ifc-file-work/ [viitattu 20.6.2022].

PointFuse user guide 2022. Dokumenttityyppi: Verkkajulkaisu. Saatavissa: userguide.pointfuse.com/Content/Pointfuse%20User%20Guide/User%20Guide%20help%20Home.htm [viitattu 20.6.2022].

Raiskila M. & Tuikka J., 2017. IFC- tiedostomuodon käyttö FEM-mallinnuksen apuna esimerkkitapauksessa Dokumenttityyppi: Artikkel: 244 Rakenteiden Mekaniikka Vol. 50, Nro 3, 2017, s. 244–251. Saatavissa: kaakkuri.finna.fi/rakenteidenmekaniikka.journal.fi/index <https://doi.org/10.23998/rm.64903> [viitattu 1.7.2022].

RT 10-10918 Talonrakennus 2000 Hankenimikkeistö 2008, Rakennusosat Saatavissa: kaakkuri.finna.fi/ [viitattu 1.7.2022].

RT 10-10963 Talonrakennus 2000 Tuotantonimikkeistö 2009, Rakennus- ja tekniikkaosat Saatavissa: kaakkuri.finna.fi/ [viitattu 1.7.2022].

RT-10-11067 YTV2012 Osa 2. Lähtötilanteen mallinnus Saatavissa: kaakkuri.finna.fi/ [viitattu 1.5.2022].

RT-10-11071 YTV2012 Osa 6. Laadunvarmistus Saatavissa: kaakkuri.finna.fi/ [viitattu 1.5.2022].

RT-10-11072 YTV2012 Osa 7. Määrälaskenta Saatavissa: kaakkuri.finna.fi/ [viitattu 1.5.2022].

2019 SFS. Rakennusalan standardit ja eurokoodit nyt. Dokumenttityyppi: Verkkouutinen Saatavissa: sfs.fi/rakennusalan-standardit-ja-eurokoodit-nyt/ [viitattu 1.10.2022].

Sireeni J., 2022. Kaupunkimallinnuksen ohjekirja 2016. Dokumenttityyppi: Tietolähde Building SMART Finland Wiki Saatavissa: wiki.buildingsmart.fi/fi/04_Julkaisut_ja_Standardit/YKV [viitattu 1.10.2022].

Suomen ympäristökeskus 2021. Rakentamisen päästötietokanta CO2data.fi. Dokumenttityyppi: Verkkojulkaisu. Saatavissa: www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Tyokalut/Rakentamisen_paastotietokanta [viitattu 16.9.2022].

Teittinen T., 2022. Määrälaskenta ja sen kehittäminen. Dokumenttityyppi: Webinaari, Karelian AMK 20.10.2022 [viitattu 1.11.2022].

Tekla user assistance 2022. Teklan kanssa yhteensopivat tiedostoformaatit Dokumenttityyppi: Verkkojulkaisu. Saatavissa: support.tekla.com/doc/tekla-structures/2021/int_compatible_software [1.8.2022].

Tähtinen L., 2019. Purkukartoituksen raportointilomake_Dokumenttityyppi: Excel. Saatavissa: ym.fi/documents/1410903/40549091/Purkukartoituksen+raportointilomake+15.11.2019.xlsm/edee6706-0208-dbcc-76e9-7e5491114e11?t=1618292983935 [viitattu 1.6.2022].

The Natural Step 2021.

Backcasting-analyysi. Dokumenttityyppi: Verkkojulkaisu. Saatavissa: www.naturalstep.ca/backcasting

ABCD-metodi. Dokumenttityyppi: Verkkojulkaisu. Saatavissa: www.naturalstep.ca/abcd [viitattu 1.9.2022].

Wilska J., 2021. Rakennemallin vakioidun tietosisällön testaus tiedonsiirrossa. Dokumenttityyppi: Opinnäytetyö. Saatavissa: www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/500656/Opinnaytetyo_Wilska_Jose.pdf?sequence=2&isAllowed=y [viitattu 1.6.2022].

Yleisen tietomallinnuksen vaatimukset 2012. Dokumenttityyppi: Verkkojulkaisu. Saatavissa: [ytv2012_osa_7_maaralaskenta.pdf \(buildingsmart.fi\)](http://ytv2012_osa_7_maaralaskenta.pdf(buildingsmart.fi)) [viitattu 1.5.2022].

Hakaste H. & Kuittinen M. 2019 Uudet oppaat rakennusten kestäväan purkamiseen. ymparisto.fi Dokumenttityyppi: Tiedote. Saatavissa: [www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Uudet_oppaat_rakennusten_kestavaan_purka\(52764\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Uudet_oppaat_rakennusten_kestavaan_purka(52764)) [viitattu 26.10.2022].

Ympäristöministeriö 2022. Maankäyttö- ja rakennuslain uudistuksen jatkosta linjaus. Dokumenttityyppi: Ympäristöministeriön tiedote. Saatavissa: Maankäyttö- ja rakennuslain uudistuksen jatkosta linjaus: uusi rakentamislaki sekä alueidenkäytön digitaalisuus eduskuntaan syksyllä - Ympäristöministeriö [viitattu 1.10.2022].

Ympäristöministeriö 2022. CE-merkintä Dokumenttityyppi: Verkkojulkaisu. Saatavissa: ym.fi/ce-merkinta [viitattu 8.10.2022].

Zhu Y. ym. 2022. Purkumateriaalien kelpoisuus eri käyttökohteisiin turvallisuuden ja terveellisuuden näkökulmasta. Dokumenttityyppi: Verkkojulkaisu, Valtioneuvoston selvitys ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:15, 9. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163832/VN_Teas_2022_15.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 16.9.2022].

Zhu Y. ym. 2022. Rakennusosien uudelleenkäytön edellytykset Suomessa. Dokumenttityyppi: Verkkojulkaisu. Saatavissa: julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163832/20-2022-Rakennusosien%20uudelleenk%C3%A4yt%C3%B6n%20edellytykset%20Suomessa.pdf?sequence=4&isAllowed=y [viitattu 16.9.2022].

KUALUETTELO

- Kuva 1. Tuotestandardit ja viitestandardit 2021. Saatavissa: [hEN Helpdesk](#)
- Kuva 2. Rakennushankkeen pääprosessit ja tiedon siirtyminen (Kokko P. & Karhu V., 2021) Saatavissa: https://kirahub.org/wp-content/uploads/2021/04/YM_RAVA2_IFC_CityGML-12.4.2021.pdf
- Kuva 3. Building Information Modeling (bimspot.io 2022) Saatavissa: [pimspot 2022](#)
- Kuva 4. IFC-formaatti tiedonsiirrossa (Tweet 2020) Tweet: Architectural Association of Kenya Saatavissa: <https://www.bimspot.io/blogs/how-does-ifc-file-work/> [Lainattu: 29.5.2022]
- Kuva 5. IFC-tiedostomuodon käyttö FEM-mallinnuksen apuna esimerkkitapaauksessa (Raiskila & Tuikka 2017) Saatavissa: <https://rakenteidenmekaniikka.journal.fi/article/view/64903>
- Kuva 6. Vasemmalla koulurakennus 1890-luvulta, keskellä pohjaKuva, oikealla 3D-Kuva irtaimistoinen. (Kuvat eSiteView)
- Kuva 7. Vasemmalla pistepilvi-Kuva (Revit2023-ohjelmisto). Oikealla kasarmirakennuksen poikkileikkaus (arkkitehdin Kuva 1992).
- Kuva 8. Ylhäällä terveyskeskusrakennuksen julkisivu, alhaalla vasemmalla pohjaKuva ja alhaalla oikealla 3D-leikkausKuva (Kuvat eSiteView 2022)
- Kuva 9. PointFuse –ohjelman tiedoston vientiin käytettävät tiedostot ([PointFuse User Guide](#))
- Kuva 10. Leica TS16 Takymetri (leica-geosystems.com 2022)
- Kuva 11. [Leica Captivate Surveying Field Software](#) (leica-geosystems.com 2022)
- Kuva 12. YTV2012 osa 2, Lähtötilanteen mallinnus (Excel-tiedosto 2022)
- Kuva 13. Tekla-ohjelmiston Wall layout -työkalu 2022
- Kuva 14. Teklan Class-numerointiohjeet (Tekla 2022)
- Kuva 15. Tekla-objektin referenssitietojen lisäys (Tekla-ohjelmisto 2022)
- Kuva 16. pilvipalvelimesta voi ladata Point cloud e57 –tiedoston (eSiteView 2022)
- Kuva 17. Pistepilven osa Kuvattuna eri puoliilta (Autodeskin ReCap Pro 2023)
- Kuva 18. Vasemmalla ReCap-ohjelmiston valintarivi ja oikealla tiedoston tallennus painike (Autodeskin ReCap Pro 2023)
- Kuva 19. Kasarmirakennusten pohjapiirustukset BIM-mallintamisessa. (Revit 2023)
- Kuva 20. Kerrokset on väritetty mallintamislohkojen havainnollistamiseksi (Revit 2023)
- Kuva 21. Revit 2023 -ohjelmaversion IFC-vienti
- Kuva 22. Revit 2023 -ohjelmaversion Property Sets-välilehti
- Kuva 23. Advanced settings, Revit-mallin IFC-vientiin (Revit 2023)
- Kuva 24. Revit ohjelmistolla monen suunnittelijan työskentely samanaikaisesti onnistuu Collaborate –toiminnon avulla (Revit 2023)
- Kuva 25. Yhdistelmämalli BIM-suunnittelussa (Oikarinen T., 2020. BIM-aloituspohjan kehittäminen arkkitehtisuunnittelun näkökulmasta, Theseus. 14) Saavuus:https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/341034/Oikarinen_Tiina.pdf;jsessionid=5D1E44553F739E61AF003C4D9D9BD8A6?sequence=2
- Kuva 26. IFC-tiedoston kehitys (BuildingSMART 2013) Saatavuus: https://www.researchgate.net/figure/History-of-IFC-development-BuildingSMART-2013a_fig49_259196734
- Kuva 27. Tiedostohierarkia, (Wiki.osearch.org)

- Kuva 28. Ympäristöministeriön purkukartoitus-Excel, ohjaava välilehdistö (Tähtinen 2019)
- Kuva 29. Ympäristöministeriön Purkukartoitus –Excel, Rakennusosat (Tähtinen 2019)
- Kuva 30. Muut purkumateriaalit, erittely (Tähtinen 2019)
- Kuva 31. Solibri Anywhere -katseluohjelmalla voi tarkastella 3D-kuvia ja IFC-tiedostossa tuotuja tietoja. (Solibri Anywhere 2021)
- Kuva 32. Identiteetti-välilehdeltä löytyy IFC-kokoonpanoon tuotuja tietoja. (Solibri Anywhere 2021)
- Kuva 33. BEC-tiedosto (Solibri Anywhere 2021)
- Kuva 34. Revit-mallin IFC2x3-tiedoston avaaminen Teklassa (Tekla 2022)
- Kuva 35. Ympäristöministeriön luonnos tulevalle tietomallipohjaiselle rakennuslupahakemukselle. (Ympäristöministeriö.fi 2022)
- Kuva 36. Rakennuslupahankkeeseen tulee Ilmastaselvitys ja materiaaliseloste (Kuittinen 2022) (Kuittinen M., 2022. Ilmastaselvitys ja tietomallit, ym.fi) Saatavuus: <https://kirahub.org/rakennuskohteen-hiilijalanjalan-laskenta-ifc-tietomallin-pohjalta-esiselvitystyö-hakee-kommenteja-sidosryhmilta/>
- Kuva 37. Materiaaliseloste (Kuittinen M., 2022. Ilmastaselvitys ja tietomallit, ym.fi)
- Kuva 38. Jätteen kiertokulku
- Kuva 39. IFC-formaatti yhdistää eri suunnittelijoiden mallit yhteiseen emomalliin. (BuildingSmart 2020) Saatavissa: <https://blog.buildingsmart.org/blog/importantifc>
- Kuva 40. Tuotteen EPD -merkintä (en.wikipedia.org) Saatavissa: ([Environmental Product Declaration](https://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_Product_Declaration))
- Kuva 41. Rakennusosien uudelleenkäytön, testauksen ja hyväksynnän kaavio (julkaisut.valtioneuvosto.fi 2022) Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163832/20-2022-Rakennusosien%20uudelleen%C3%A4yt%C3%B6n%20edellytykset%20Suomessa.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Ympäristöministeriön opas (purkutyöt – opas tekijöille ja teettäjiille 2019)

Taulukko 2. Teklan tiedostoformaatit IFC-tiedostojen tuontiin ja vientiin (Tekla User Assistance 2022)

Taulukko 3. IFC-tiedoston kehitys (Zigurat 2019)

Taulukko 4. Yleisimmät rakennuksen purkamisessa syntyvät jätteet (Jäteluetelo 179/2012)

Taulukko 5. ABCD-menetelmä

Taulukko 6. Betonielementtiin suunniteltu kaavio

Taulukko 7. Puuelementtiin suunniteltu kaavio

Taulukko 8. Yleisimmät haitta-aineet puurakenteissa

Liite 1/5

IFC-MALLINTAMISEEN LIITTYVÄÄ KÄSITTEISTÖÄ:

Purkukartoi- tus	on vapaaehtoinen toimenpide purettavan rakennuksen materiaalien ja haitallisten aineiden kartoitukseen. PURKUKARTOITUS http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-037-8
Purkulupa	haetaan silloin, kun rakennus sijaitsee kaava-alueella, tai alueella, joka on kaavan valmistelun vuoksi rakennuskiellossa
Purkuilmoi- tus	riittää silloin, kun rakennus sijaitsee kaava-alueen ulkopuolella tai kyseessä on muu vähäinen rakennus (talousrakennus)
RK9 tilasto- lomake	Ilmoitus rakennuksen poistumasta
Rakennus- jäteselvitys	Sisältää selvityksen terveydelle haitallisista aineista https://www.hanko.fi/files/1795/Opas_rakennuksen_purkajalle.pdf
IFC-tiedosto	on lyhenne sanoista Industry Foundation Classes, Teollisuuden peruskäsitteistö tiedonsiirrossa
natiivimuoto	Ohjelman oma tiedostomuoto
IFC-muoto	Yleinen eri ohjelmien välillä toimiva tiedostomuoto
BIM	on lyhenne sanoista Building Information Modeling, tietosisältöinen rakennuksen 2D- tai 3D-mallintaminen.
AEC	on lyhenne sanoista Architecture, Engineering and Construction ja sitä käytetään rakennusteollisuudessa.
Building SMART Fin- land	Suomalainen tietomallintamisen yhteistyöfoorumi.
YTV 2012 - ohjeistus	Yleiset tietomallinnus vaatimukset
BIM Taso 1	BIM mallin taso YTV2012 osa 2. 5.2.1 s.14 Tilamalli Mittauksien pohjalta laaditaan tilamallitasoinen inventointimalli ja luonnostasoiset piirustukset
BIM Taso 2	BIM mallin taso YTV2012 osa 2. 5.2.2 s.15 Rakennusosamalli Rakennusosamallitasoinen inventointimalli ja pääpiirustustasoiset piirustukset.
BIM Taso 3	BIM mallin taso YTV2012 osa 2. 5.2.3 s.16 Rakennusosamalli Rakennusosamallitasoinen inventointimalli ja yksityiskohtaiset piirustukset.
Backcasting analyysi	Skenaariomenetelmä, jossa pyritään rakentamaan kehityspolku tulevaisuudenkuvasta kohti nykyhetkeä

ABCD-menetelmä	A = Tietoisuus ja visiointi, B = Perusteiden kartoitus, C = Luovien ratkaisujen ideointi ja D = Priorisointi
BEC-tietosisältö	Elementtisuunnittelun mallinnusohje, BEC 2012 Betonielementit
Organizer -työkalu	Tekla Structures työkalu, jolla voidaan jaotella materiaalit luetteloihin
iTWO	on pilvipohjainen 5D-BIM-projektinhallintaohjelmisto, joka mahdollistaa muun muassa määrä- ja kustannuslaskennan sekä aikataulutuksen yhdessä ohjelmistossa
UDA-liitännäistiedot	ovat suoraan malliobjekteilta saatavaa tietoa, jotka rakennesuunnittelija on täyttänyt objektien UDA-muuttujiin natiivimallissa
ISO 10303	Standardi, johon IFC:n määrittely perustuu. Tunnetaan paremmin nimellä STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data)
NavVis IVION	Pilvipalvelu, joka mahdollistaa pistepilven ja 360° kuvatun materiaalin mittaamisen mittatyökaluilla ja lataamisen e57 tiedostomuotona
eSiteView	Dovre Groupin Industrial Virtual Reality solution (VR palvelu), jossa työmaasta tuotettu virtuaalinen kaksonen
pistepilvipalvelu	esimerkiksi eSiteView
fotogrammetria	360° kuvaus
topografia	kartta-aineisto
3D inventointimalli	Kolmeulotteinen lähtötietomalli.
Scan to BIM	Projektimuoto, jossa pistepilven ja/tai fotogrammetrian avulla luotu lähdeaineisto muutetaan BIM malliksi
Digital Twin	Digitaalinen kaksonen
FPC	on laatu- ja työohjeita sisältävä manuaali, jonka työohjeita noudattamalla ja laatudokumentteja käyttämällä varmistetaan tuotteiden vaatimustenmukaisuus
URL	verkkosivuilla on ainutlaatuinen tarkka osoitteensa, kuten www.theseus.fi . URL-osoitteen (Uniform Resource Locator*) avulla löydät verkkosivun.
takymetri	Maanmittauksessa käytettävä mittalaite, jolla mitataan säteittäisesti eli polaarisesti pisteiden sijainteja kojeeseen nähden. Laite toimii napakoordinaatistossa.
European Green Deal	Euroopan komission 2020 hyväksymä sopimus, jossa EU maat pyrkivät ilmastoneutraaliksi vuoteen 2050 mennessä
kiertotalous	Talousjärjestelmä, jossa tuotanto ja talous ja toimivat ympäristön kantokyvyn rajoissa

CE-merkintä	valmistaja vakuuttaa, että tuote täyttää EU:n direktiivien vaatimukset ja on läpikäynyt vaaditut testaukset
Eurokoodi	Eurokoodit ovat kantavien rakenteiden suunnittelua koskevia eurooppalaisia standardeja. Eurokoodisarja koostuu tällä hetkellä 58 osasta. Eurokoodit kattavat varmuuden määrittämisperiaatteet, erilaiset kuormat kuten hyöty-, lumi- ja tuuli-, lämpö-, onnettomuus- ja nosturikuormat. Rakennusmateriaaleille on omat yksityiskohtaiset ohjeet. Standardien soveltaminen eri maissa vaatii kansallisten liitteiden (NA) laatimista (Lastunen A., 2021) Eurocodes.fi
SFS	Suomen- ja englanninkielisiä eurokoodeja julkaisee SFS-standardointi.
CEN	Eurokoodit on laadittu CEN:n teknisessä komiteassa CEN/TC 250. TC 250:n alla toimivat alakomiteat kaikille eurokoodiosille (SC). Jokaista osaa varten toimii Suomessa oma seurantaryhmä. Eurocodes.fi
EN osat	<p>1 Soveltamisala</p> <p>2 Velvoittavat viittaukset</p> <p>3 Termit, määritelmät ja symbolit</p> <p>4 Suunnitteluperusteet</p> <p>5 Materiaaliominaisuudet</p> <p>6 Säilyvyys</p> <p>7 Rakenneanalyysi</p> <p>8 Murtorajatilat</p> <p>9 Käyttörajatilat</p> <p>Eurokoodikohtaisia lukuja:</p> <p>Väsyminen</p> <p>Yksityiskohtien suunnittelu</p> <p>Liitosten suunnittelu</p> <p>Normatiiviset liitteet</p> <p>Informatiiviset liitteet Eurocodes.fi</p>
hEN	Harmonisoitu Tuotestandardi
SFS-EN	Suomessa Suomen standardisoimisliitto vahvistaa EN tai hEN standardin SFS-EN-standardeiksi. Eurocodes.fi
ETA	Euroopan Tekninen Arviointi

Liite 2/5

Taulukko 1.1 Elementtitunnukset: Betoniteollisuus ry, versio
10.3.2010

Taulukko 1.1 Elementtitunnukset

ELEMENTTITYYPPI	ELEMENTTI	TUNNUS	
PERUSTUSELEMENTIT	ANTURAELEMENTTI	A	
	PILARIHOLKKIELEMENTTI	PH	
	SOKKELIELEMENTTI (EI KANTAVA)	AN	
	SOKKELIELEMENTTI (KANTAVA)	AS	
	SOKKELIPALKKI	AK	
	SOKKELIRUUTUELEMENTTI (MAANPAINE)	AR	
	SOKKELIELEMENTTI (MAANPAINE, YKSI KUORI)	AV	
	TUKIMUURIELEMENTTI	TKE	
PILARIELEMENTIT	PILARI	p ⁽¹⁾	
SEINÄELEMENTIT	VÄLISEINÄ	V	
	VÄLISEINÄ (SEINÄMÄINEN PALKKI)	VSP	
	RUUTUELEMENTTI (KANTAVA)	S	
	RUUTUELEMENTTI (EI KANTAVA)	R	
	SISÄKUORIELEMENTTI (KANTAVA)	SK	
	SISÄKUORIELEMENTTI (EI KANTAVA)	RK	
	SISÄKUORIELEMENTTI (KANTAVA, ERISTE+RAPPAUS)	SKR	
	SISÄKUORIELEMENTTI (EI KANTAVA, ERISTE+RAPPAUS)	RKR	
	NAUHAELEMENTTI (KANTAVA)	NK	
	NAUHAELEMENTTI (EI KANTAVA)	N	
	KUORIELEMENTTI	KE	
	PALKKIELEMENTIT	PALKKIELEMENTTI (TERÄSBETONI)	K
JÄNNEBETONIPALKKI (I-PROFIILI)		I	
JÄNNEBETONIPALKKI, (HI-PROFIILI)		HI	
JÄNNEBETONIPALKKI, (MUUT PROFIIILIT)		JK ⁽²⁾	
LAATTAELEMENTIT	LAATTAELEMENTTI (MASSIIVILAATTA, VÄLIPOHJA)	L	
	ALAPOHJALAATTA (MASSIIVILAATTA, ERISTETTY)	EL	
	JÄNNITETTY LAATTAELEMENTTI	JL	
	ONTELOLAATTA	O ⁽³⁾	
	ONTELOLAATTA (LÄMPÖERISTETTY)	O ⁽³⁾	
	ONTELOLAATTA (REI90-PALOLAATTA)	15O	
	ONTELOLAATTA (REI120-PALOLAATTA)	2O	
	ONTELOLAATTA (YLÄPUNOSLAATTA)	YO	
	ONTELOLAATTA (KYLPHYUNELAATTA)	OK ⁽⁴⁾	
	KUORILAATTA	KL	
	TT-LAATTA	TT	
	HTT-LAATTA	HTT	
PARVEKE-ELEMENTIT	PARVEKE-ELEMENTTI	C	

	PARVEKELAATTA-ELEMENTTI	CL
	JÄNNITETTY PARVEKE LAATTAELEMENTTI	JCL
	PARVEPIELI-ELEMENTTI	M
	PARVEKEKAIDE-ELEMENTTI	Z
	PARVEKKEEN KATTOELEMENTTI	CX
	JÄNNITETTY PARVEKKEEN KATTOELEMENTTI	JCX
PORRASELEMENTIT	PORRASELEMENTTI	T
HISSIKUILUN ELEMENTIT	HISSIKUILUELEMENTTI	HK ⁽⁵⁾
	HISSIKUILUN POHJAELEMENTTI	HKA
	HISSIKUILUN YLÄPÄÄN ELEMENTTI	HKY
ERIKOISELEMENTIT	HORMIELEMENTTI	H
	ERIKOISKAPPALE	..X ⁽⁶⁾
	GRANIITTILAATTAPINTA	G.. ⁽⁷⁾

- (1) Jos kohteessa on useampia pilarityyppejä, kannattaa käyttää erilaista tunnusta erityyppisille elementeille.
- (2) Tunnuksella JK voidaan tyypittää jännitettävät suorakaide-, leuka- ja ristipalkit.
- (3) Ontelolaatan tunnukseen sisällytetään myös laattatyyppin korkeuden erittelevä numerotunnus. Esimerkiksi ontelolaatta 370mm korkea, tunnus O37-. Eri laattavalmistajilla on käytössä omat etuliitteensä.
- (4) Esimerkiksi 320mm korkea kylpyhuoneontelolaatta, tunnus O32K-.
- (5) Tunnukseen voidaan lisätä elementin muodon kertova tunniste. Esimerkiksi HKU on tasossa U:n muotoinen elementti ja HKL on L:n muotoinen elementti.
- (6) Tavallisesta poikkeavien elementtien tunnukseen lisätään merkintä X. Esimerkiksi; rakennuskohteessa on yksi laattaelementti, jonka paksuus on poikkeava. Poikkeavan elementin tunnus on LX-.
- (7) Graniittilaattapintaisten elementtien tunnukseen lisätään etuliite G. Esimerkiksi; graniittilaattapintainen kuorielementti, tunnus on GKE-.

Liite 3/5
PURKUSUUNNITELUN MATERIAALITAUUKOT

Terveydelle ja tai ympäristölle vaarallisten aineiden käyttöä uusissa rakennusmateriaaleissa voidaan rajoittaa, asettaa luvanvaraiseksi tai käyttö kieltää kokonaan EU:n kemikaalilainsäädännön (REACH-asetus, EY N:o 1907/ 2006) ja POP-asetuksen (EU N:o 2019/1021) nojalla (VTT, 77).

AINEISTOSSA KÄYTETTY LÄHDEVIITTAUSTA VTT ->

[Aineisto koottu VALTIONEUVOKSEN SELVITYS- JA TUTKIMUSTOIMINNAN JULKAISUSARJASTA 2022:15](#)

Haitta-aine	Materiaali tai rakenne ja todennäköisin aikakausi jolloin sitä on voitu yleisesti käyttää
Asbesti	Lattia ja seinätasoitteet (antofyliitti)1950–1970-luku Lattiapäällysteet (krysotiili)19570–1988 Lattiapäällysteet märkätiloissa (krysotiili) 1970-luku Muovitapetit märkätiloissa (krysotiili) 1970-luku Sisätilojen päällysteiden bitumiöljyliimat (antofyliitti tai krysotiili) 1950–1960-luku Keraamisten laattojen kiinnityslaastit (antofyliitti) 1960–1970-luku Julkisivumaalit (krysotiili) 1960–1988 Vedeneristeet/bitumiliuokset (krysotiili) 1927–1986 Palonsuojaruiskutus (krokidoliitti, amosiitti) 1939–1977
Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH-yhdisteet)	Kivihiilitervavalmisteet, puumateriaalien kyllästysaineet, bitumituotteet 1990-luvulle asti
Polyklooratut bifenyylit (PCB-yhdisteet)	Saumasmassat, tiivistysmassat vuoteen 1989 asti Lämpölasit 1960–1977 Korroosionestomaalit
Metalliyhdisteet	Saumasmassat (lyijyä) vuoteen 1989 asti Korroosionestomaalit (lyijyä 1990-luvulle asti) Väriaineet

Kuva 1. Yleisimmät haitta-aineet aikakausineen (VTT, 80)

Taulukko 2.1 maa-aineksesta tarvittavat tiedot

Materiaali	SaSi	Määrittely	Areometrianalyysi Seulonta Rakeisuuskäyrät
Suurin rae- koko		Pienin raekoko	
Tilavuus Kiintotilavuus Irtotilavuus	50 m ³	Maarakennus	MARA-asetuksen mukaisesti (VNa 843/2017)
Tilavuusmassa	25 kN	Laadunvalvonta	CE-merkintä, hEN, ETA tai EAD tuotehyväksyntä
Jätenro:	17 05 04		
Jätenro Pi- laantunut maa PIMA:	17 05 03*	Loppusijoitus Käyttökohde	Työmaa Lapinlahti

Taulukko 2.2 betoniosasta tarvittavat tiedot: EN 1992-1-1

Materiaali / osa Nimike	Betoni pilari	Reiät	Ei
Homogeeninen / heterogeeni- nen materiaali	Heterogee- ninen: be- toni – teräs	Betonipeitteen paksuus	30 mm
Altistus säära- situksille	Ei	Ulkorakenteille Rauditus 200 kpl	By 42 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2019 mu- kaan
Elementtityyppi	Pilari p ⁽¹⁾	Liitokset	pultti- tai hitsausliitoksin
Korkeus	2500 mm	Rasitusluokat	XC3
Paksuus	300x300 mm	Puristus-lujuus	C25/30
Tilavuus	0,225 m ³	Palonkesto	R60
Tilavuusmassa	25 kN	Laadunval- vonta	CE-merkintä, hEN, ETA tai EAD tuotehyväksyntä

Raudoitus	Hitsattava harjatanko: T = B500B SFS 1300 Verkot: K = B500A SFS 1300 Ruostumaton harjatanko: E = B600KX SFS 1259	Puristus-lujuus	Kimmo- vasarakoe standardien SFS-EN 12504-2:2013 ²⁴ ja SFS-EN 13791:2019 ²⁵ mukaisesti tai puristuslujuuskoe laboratoriossa BY 65 Betoninormin 2016: 5.2.3.3 mukaan
Jätenro:	17 01 01	Karbonati-soituminen	Karbonatisoitumiskoe
Loppusijoitus Käyttökohde	Autotalli	Käyttöikä entinen /tuleva	100/50v
Käytön alentaminen prosessissa	Ei	Maarakennus	MARA-asetuksen mukaisesti (VNa 843/2017)

Betonielementtejä on mahdollista käyttää uudestaan, sen sijaan paikalla valetut laatat ja perustukset joudutaan usein murskaamaan. (VTT, 62) Asuinkerrostalotuotanto perustuu BES-järjestelmään. (Hytönen & Seppänen 2009; BES 1969) LIITE 1. Huomioitava helposti rikkoutuvat liitososat.

Taulukko 2.3 tiiliosasta tarvittavat tiedot

Materiaali / osa Nimike	Tiili Tulisijatiili	Laadunvalvonta	CE-merkintä, hEN, ETA tai EAD tuotehyväksyntä
Korkeus	75 mm	Puristuslujuus	Laboratorio: standardin SFS-EN 772-1+A126
Paksuus	130 mm	Pakkasen kestä- vyys	standardin SFS-EN 772- 328 mukaan tai ohut- hietutkimus
Pituus	270 mm	Vedenimu ominaisuudet	standardin SFS-EN 772- 1127 mukaan
Tilavuus	0,0026325 m ³	Tulisijatiili	standardien SFS-EN 772-1+A1 ⁴⁶ ja SFS-EN 771-1 ⁴⁷
Tilavuusmassa	20 kN	Varmennus	rakennuspaikkakohtai- sella varmennuksella.
Materiaalimäärä		Poltettujen tiilien ominaisuudet	tuotestandardin SFS-EN 771-1 mukaisella CE- merkinnällä.
Laasti / Sau- mausmassa		kansalliset vaati- mustasot	SFS 700148
Jätenro:	17 01 02	Maarakennus	MARA-asetuksen mu- kaisesti (VNa 843/2017)
Loppusijoitus Käyttökohde	Tiilimurske Infra	Ympäristölupa- hakemus	Ei
Käytön alenta- minen proses- sissa	Kyllä		Tiilien koko on standar- doitu kokoon 270x130x75 mm ³ jo vuonna 1897, mutta standardikoko vakiintui vasta 1920-luvulla. (VTT, 65)

Epäpuhtaudet:

Asbesti	Pinnoitteet, liimat, tasoitteet
PAH-yhdisteet	bitumipohjaiset vedeneristeet ja maalit Jäteöljyt, valuasfaltit, puunkyllästysaineet Savukaasut: piiput (Rakennustieto ry, 2016)
bitumipohjaiset tuotteet	bitumiliimat, emulsiot, liuokset, maalit, ja kitit
PCB-yhdisteet	Kondensaattoriöljyvalumat, saumaussmassat
rikkiyhdisteet	fossiiliset polttoaineet: imeytyminen sadeve- sien mukana
lyijy-yhdisteet	kitit, maalit
mikrobiologiset tekijät	kosteus, lämpö =kasvualusta mikrobeille

Taulukko 2.4 kivimateriaaleista tarvittavat tiedot

Materiaali / osa Nimike	Kalkkiahiekka- kivi Marmori	Laadunvalvonta	CE-merkintä, hEN, ETA tai EAD tuotehyväksyntä
Korkeus	75 mm	Puristuslujuus	Laboratorio: standardin SFS-EN 772-1+A1 ²⁶
Paksuus	130 mm	Kalkkiahiekkakivi	SFS-EN 771-2 ⁴⁹
Pituus	270 mm	Laasti / Saumaus- massa	
Tilavuus	0,0026325 m ³	kansalliset vaatimusta- sot	
Tilavuus- massa	20 kN	Varmennus:	rakennuspaikkakohtai- sella varmennuksella.
Materiaali- määrä		Käytön alentaminen prosessissa	
Jätenro:	17 05 04	Maarakennus	MARA-asetuksen mukai- sesti (VNa 843/2017)
Loppusijoitus Käyttökohde		Ympäristölupahake- mus	Ei

Taulukko 2.5 puuosasta tarvittavat tiedot

Materiaali / osa Nimike	LVL	Reiät	Kiinnitysten aiheuttamat reiät
Elementti- tyyppi	Pilari	Liitokset	Naulalevyristikko tuotestandardi EN 14250
Korkeus	2500 mm	Liima	
Paksuus	300 x 300 mm	Käsittelyaineet	
Tilavuus	0,225 m ³	Pinnoitteet	
Tilavuus- massa	5 kN	Laadunvalvonta	CE-merkintä, hEN, ETA tai EAD tuotehyväksyntä
Käyttöluokka	KL1	Luokka	Puhdas puu luokka A, Käsitelty puu luokka B, Voi sisältää orgaanisia halogenoituja yh- disteitä tai raskasmetalleja luokka C, Sisältää suuria määriä yllä mainit- tuja luokka D VTT-M-01931–14
Jätenro:	17 02 01	Puristuslujuus	sahatavaran CE-merkintä perus- tuu standardiin SFS-EN 14081- 1:2016+ A1:201929. Liimapuulle SFS EN 14080.
Loppusijoitus Käyttökohde	Talon runko	Huomioitavaa	Viruma, halkeamat, muodonmuu- tokset, lahot, hyönteiset
Käytön alen- taminen pro- sessissa	Ei	Tarkastus	Silmämääräisesti Koneellinen lujuuslajittelu

Epäpuhtaudet:

CCA	Kromi-kupari-arseeni
CC	Kromi-kupari suolat
Kreosootti	
Liimat	Formaldehydihartsit (bakeliittiliima)

Taulukko 2.6 metalliosasta tarvittavat tiedot

Materiaali / osa Nimike	Teräs I-profiili	Laadunval- vonta	CE-merkintä, hEN, ETA tai EAD tuotehy- väksyntä
Profiili	Putkiprofiili, S355J2H Kuumavalssattu pro- fiili, S355J2G4 Kylmämuovattupro- fiili, S235J2G4 Levyt ja hitsatut pro- fiilit S355J2G3	Puristuslujuus	
Pituus		Hitsausluokka	
Tilavuus- massa	7850 kg/m ³	Pintakäsittely	Kuumasinkitty
Materiaali- määrä		Korroosioaste	
Jätenro:	17 04 05	End of waste - kriteerit	
Loppusijoitus Käyttökohde	Halli	Rauta-, teräs- ja alumiiniro- mulle	Neuvoston asetus (EU) N:o 333/2011
Käytön alen- taminen pro- sessissa	Ei	Kuparirojulle	Komission asetus (EU) N:o 715/2013
Varmennus:		Ympäristölu- pahakemus	Ei

Käyttökriteerit:

Käytetyn romumetallin laadulle:	Esimerkiksi vieraiden aineiden kokonais- määrä saa olla enintään 2 painoprosenttia.
Käsittelyprosesseille ja tekniikoille:	Esimerkiksi alumiiniromun tulee olla ero- teltu ei-metallisista ja ei-alumiinisista osista ja rauta- ja teräsromu on oltava ero- teltu ei-metallisista ja ei-rautametallisista osista. Kaikki mekaaniset käsittelyt (kuten pilkkominen, erotteleminen ja epäpuhtauk- sien poistaminen) on oltava loppuun saa- tettuja.

Lopputuotteelle:	Metalliromun on oltava valmista käytettäväksi sellaisenaan lopullisessa käyttötarkoituksessa kuten tehtaissa ja sulatoissa ja se on luokiteltava asiakkaan tai toimialan spesifikaatioiden mukaisesti. Asetuksissa määritellään vieraiden aineiden enimmäismäärä, mikä on rauta- ja teräsromulla sekä kupariromulla korkeintaan 2 painoprosenttia ja alumiiniromulla korkeintaan 5 painoprosenttia.
Laadunhallintajärjestelmälle ja järjestelmän todentamiselle:	Teräslevyjen pinnoittamiseen on käytetty terveydelle haitallisia lyijyä, asbestia ja PAH-yhdisteitä sisältäviä bitumituotteita, kiviitiiliterva, bitumiasbesti
Vaatimustenmukaisuusilmoitukselle:	

EoW-metallit on REACH-asetuksessa¹⁴ vapautettu aineiden rekisteröintivelvollisuudesta silloin, kun ne hyödynnetään EU:n alueella ja ko. aine on jo rekisteröity. REACH-asetuksessa metallit katsotaan aineiksi ja metalliseokset seoksiksi, jotka koostuvat aineista. Esimerkiksi rauta, alumiini, kromi ja nikkeli puhtaina aineina on rekisteröity, joten metalliseokset, jotka koostuvat näistä metalleista on vapautettu rekisteröintivelvollisuudesta (VTT, 31).

Taulukko 2.7 muoviosasta tarvittavat tiedot

Materiaali / osa Nimike	Muovi		Pakkaus- ja kalvomuovit
Aineosat			
Materiaali- hyötykäyttöön		Tyyppi	PVC (Polyvinyylikloridi) PS (Polystyreeni) PU (Polyuretaani) PE-HD (Suuritiheyspoly- eteeni) PE-RT (PE-Raised Tem- perature, polyeteeni) PP (Polypropeeni),
Energiahyöty- käyttöön		Tyyppi	PE-X (ristisiloitettu poly- eteeni) muu muovi
Eroteltava	komposiitti- putket, metalli ja muovi.	Tyyppi	PE-RT monikerroksisissa vesijohdoissa
tyyppi	Matto	Puhdistus	
Paksuus	3 mm	esikäsittely	murskaus
Tilavuus- massa	20 kN	Kemiallinen kierrätys	Pyrolyysi kaasutus
Jätenro:	14 02 03	Mekaaninen kierrätys	

Muovia on esimerkiksi putki- ja johtorakenteissa, eristeissä, höyrynsulku-
muoveissa, muovimatoissa ja kalusteissa.

Taulukko 2.8 eristeistä tarvittavat tiedot

Materiaali / Nimike	Eriste		EPS (paisutettua polystyreenimuovia), XPS (suulakepuristettu polystyreeni) Pakkaus styroxit
Kierrätykseen soveltuvat	Rakennuslevyiksi Liettuassa	Tyyppi	PIR PUR
	Valmistukseen raaka-aineeksi	Tyyppi	Puhdas polystyreeni
	Puhallusvillan raaka-aineeksi	Tyyppi	Mineraalivillaeristeet sekä puukuitueristeet (lasivilla, kivivilla, vuorivilla)
Ei kierrätykseen	Energiahäydyntämiseen		Fenolieristeet PVC-vahtoeristeet
Jätenro:	17 06 04	Puristus	Kuljetukseen

Epäpuhtaudet:

POP-yhdisteet	Palonestoaineet kuten HBCD
bromi	bromia sisältävät kemikaalit
HFC-kaasut	
Sideaineet	Formaldehydihartsit (bakeliittiliima)

Purkukohteiden eristejätteitä ei toistaiseksi oteta vastaan kierrätykseen (Finnfoam, 2020). Jotta purkukohteiden eristejätteitä voitaisiin kierrättää uusien eristeiden raaka-aineena, lainsäädännön pitäisi mahdollistaa kierrätyksen mukana tulevat pienet jäämät aineita, joiden käyttö on nykyisin kielletty. (VTT, 36)

Eko-Expert Oy:n villaylijäämästä valmistamalla puhallusvillalla on tuotestandardin SFS-EN 14064- 1:201020 mukainen CE-merkintä. (Eko-Expert Oy, 2020). Eko-collect-kierrätysjärjestelmä. (VTT, 36)

SFS-EN 14064-1:2010: Lämmöneristetuet rakentamiseen. Mineraalivillasta (MW) (VTT, 36)

Taulukko 2.9 kipsilevyosasta tarvittavat tiedot

Materiaali / osa Nimike		Käsittelyt	
Korkeus			
Paksuus			
Tilavuusmassa		Laadunvalvonta	
Jättenro:	17 08 02		
Loppusijoitus Käyttökohde		Käytön alentami- nen prosessissa	

Kipsijätettä voi tuoda ainakin Saint-Gobainin Kirkkonummen tehtaalle tai puhdasta kipsilevyn jätettä voi viedä joillekin jäteasemille, josta se toimitetaan eteenpäin tai poltettavaksi.

Taulukko 2.10 bitumiosasta tarvittavat tiedot

Materiaali / osa Nimike		Reiät	Ei
Materiaalin ai- neosat		Palonkesto	R60
Ala		Laadunval- vonta	CE-merkintä, hEN, ETA tai EAD tuotehyväksyntä
Paksuus	7 mm		
Tilavuus	0,225 m ³	Loppusijoitus- Käyttökohde	Asfaltin valmistus
Tilavuusmassa		Käytön alen- taminen pro- sessissa	Kyllä
Jättenro:	17 03 02	materiaalin jatkokäyttö	Asfaltin valmistus

Taulukko 2.11 ikkunoista ja ovista tarvittavat tiedot

Materiaali / osa Nimike	Ikkuna Pokalasi	Käytetyt ma- teriaalit	
U-arvo	2,5 W/m ² K	Liitokset	
Moduulimitta	12 x 12	Paloluokka	
Karmit - puit- teet	Teräs	Ääniluokka	
Jätenro: Lasi Poka	17 02 02 17 04 05		
Loppusijoitus Käyttökohde	Kasvihuone kesämökki varasto	Laadunval- vonta	CE-merkintä, hEN, ETA tai EAD tuotehyväksyntä
Käytön alen- taminen pro- sessissa	Kyllä	Käyttöikä ennen /seuraavaksi	100v/100v

Taulukko 2.12 lasista tarvittavat tiedot

Kierrätykseen kelpaava lasi	float-lasit eli tavallinen rakennuslasi, lämpökarkaistu turva- lasi, laminoitu turvalasi, eristyslaselementit	Väri	Väritön
Kierrätykseen kelpaamaton lasi	tulenkestävä lasi kuten takkaluukkujen lasi, lan- kalasi ja osa palonsuo- jalaseista	EoW-kriteerit	EU Komission asetus N:o 1179/2012
Tilavuusmassa	20 kN	Laadunvalvonta	CE-merkintä, hEN, ETA tai EAD tuotehy- väksyntä
Jätenro:	17 02 02	Puhtaus	
Käyttökohde	vahtolasin valmistus ja lasivillan valmistus tasolasin valmistus	Prosessointi	murskaus

Taulukko 2.13 kokoonpanoista ja osista tarvittavat tiedot

Materiaalit / osat Nimike	Pelti – villa – pelti	Laadunval- vonta	CE-merkintä, hEN, ETA tai EAD tuotehyväksyntä
Profiili	seinäelementti	Tarkastukset	
Aineosat	Pelti – villa	Erottelu	
Pituus		Hitsausluokka	
Korkeus		Korroosioaste	
Tilavuus- massa		Pintakäsittely	Kuumasinkitty
Materiaali- määrä			
Jätenro:		End of waste -kriteerit	
Loppusijoi- tus Käyttökohde		Ympäristölu- pahakemus	
Käytön alen- taminen pro- sessissa		Varmennus:	

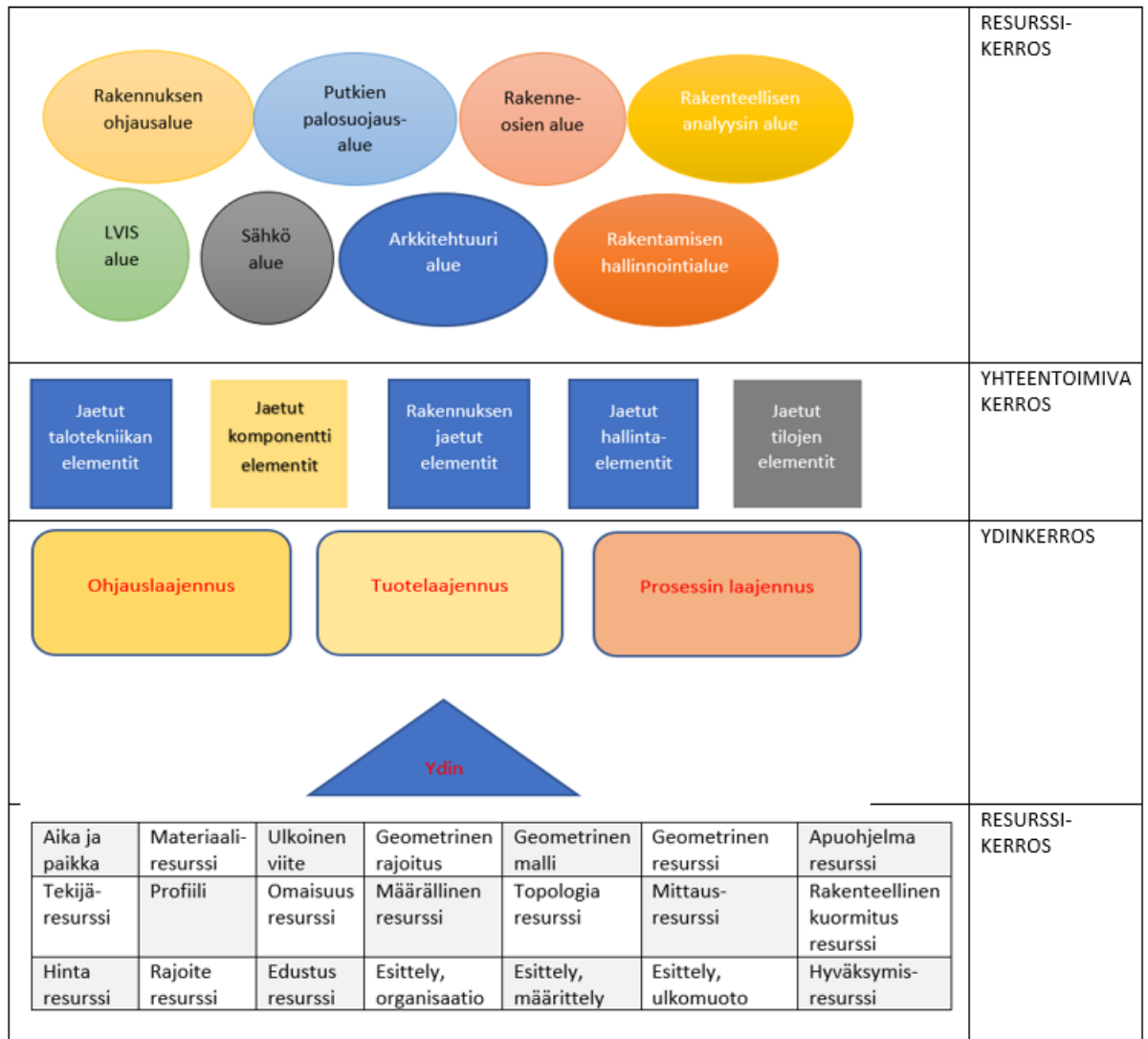
Liite 4/5
IFC4-TIEDOSTON ERITTELY

TAULUKKO 3. IFC-komponentti Petri Kokon ja Vesa Karhun mukaan. (RAVA2-
Kehityshanke. 9)

1. IfcRoot 2. IfcObjectDefinition 3. IfcObject 4. IfcProduct 5. IfcElement		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ IfcBuildingElement 	<ul style="list-style-type: none"> • IfcBeam • IfcColumn • IfcCovering • IfcCurtainWall • IfcDoor • IfcFooting • IfcMember • IfcPile • IfcPlate • IfcRailing • IfcRamp • IfcRampFlight • IfcSlab • IfcStair • IfcStairFlight • IfcWall • IfcWallStandardCase • IfcWindow 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ IfcDistribution Element 	<ul style="list-style-type: none"> • IfcDistributionControlElement • IfcDistributionFlowElement 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ IfcDistributionChamber Element
		<ul style="list-style-type: none"> ◦ IfcEnergyConversion Device
		<ul style="list-style-type: none"> ◦ IfcFlowController

<ul style="list-style-type: none"> ▪ IfcElectricDistribution Point 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ IfcFlowFitting ◦ IfcFlowMovingDevice ◦ IfcFlowSegment ◦ IfcFlowStorageDevice ◦ IfcFlowTerminal ◦ IfcFlowTreatmentDevice
<ul style="list-style-type: none"> ▪ IfcElectricalElement ▪ IfcElementAssembly ▪ IfcElementComponent 	<ul style="list-style-type: none"> • IfcDiscreteAccessory • IfcFastener 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ IfcMechanicalFastener
<ul style="list-style-type: none"> ▪ IfcEquipmentElement ▪ IfcFeatureElement 	<ul style="list-style-type: none"> • IfcFeatureElementAddition 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ IfcProjectionElement
	<ul style="list-style-type: none"> • IfcFeatureElementSubtraction 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ IfcEdgeFeature
<ul style="list-style-type: none"> ▪ IfcChamferEdge Feature 		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ IfcRoundedEdge Feature 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ IfcOpeningElement
	<ul style="list-style-type: none"> • IfcFurnishingElement • IfcTransportElement 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ IfcVirtualElement 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ IfcSpatialStructure Element
<ul style="list-style-type: none"> ▪ IfcSite ▪ IfcBuilding ▪ IfcBuildingStorey ▪ IfcSpace ▪ IfcTypeObject 		

IFC4 erittely:



Kuva 2. IFC4 Tietohierarkia, [Researchgate.net](https://www.researchgate.net)

LIITE 5/5
PISTEPILVEN TIEDOSTOMUODOT

<p>Pistepilvien käsittelyssä on useita erilaisia tiedostomuotoja riippuen käytettävästä ohjelmasta ja tarpeesta. Yleisimpiä ja parhaiten pistepilvien käsittelyyn soveltuvia tiedostomuotoja.</p>	
E57	<p>Laitevalmistajasta riippumaton ja yleisesti käytössä oleva tiedostomuoto pistepilvien tallennusta varten, mikä voi sisältää erilaisia pistepilviaineistoja useissa eri muodoissa. E57 voi toimia pistepilven arkistointi- ja tiedonsiirtoformaattina ja se mahdollistaa pistepilviaineistojen konvertoinnin eri muotoihin jälkikäteen.</p>
LAS	<p>LAS on binäärimuoto, jota käytetään erityisesti LiDAR-tietojen tallentamiseen. Se on alan standardimuoto, joten sitä käytetään laajalti ja se on yhteensopiva useimpien ohjelmien kanssa.</p>
TZF	<p>TZF on Trimblen oma tiedostomuoto, joka on pakattu kojeasema-kohtainen "raaka" pistepilviformaatti, jossa ei ole mukana rekisteröintitietoja.</p>
TDX	<p>TDX on Trimblen on tiedonsiirtoformaatti ohjelmien välillä, joka sisältää kojeasemat, pistepilvet, valokuvat ja rekisteröintitiedot.</p>
<p>Muita tiedostomuotoja, joita käytetään suunnitteluohjelmien yhteydessä (joi-tain pistepilvien ominaisuuksia tai tietoja saattaa puuttua):</p>	
RCF RCS	<p>RCF on Autodesk Revit-ohjelmiston käyttämä pistepilven tiedostomuoto, jota tuotetaan E57-tiedostoista Autodeskin Recap-ohjelmalla. RCS-tiedosto sisältää strukturoimattoman eli yhtenäisen pistepilven.</p>
RCP	<p>RCP on Autodesk Revit-ohjelmiston käyttämä Recap-projektitiedosto, joka sisältää useita RCS-tiedostoja.</p>
LCF	<p>LCF on Graphisoft Archicadin kirjasto-objekti, joka syntyy, kun ohjelmaan tuodaan E57-tiedosto mallinnusta varten.</p>