



Euroopan unionin  
osarahoittama



Uudenmaan liitto  
Nylands förbund



HÄMEEN LIITTO  
Regional Council of Häme

# Digipurku-hanke

## Tulosraportti

### R1.3: Kohteiden BIM-mallit

26.3.2025

**Kirjoittaja:**

Mikko Raikaa, Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Mika Leinonen, Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Seppo Törmä, Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Yan Peng, Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Kathia Saldana Valdez, Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Zhongcheng Ma, Hämeen Ammattikorkeakoulu  
Ari Laitala, Suomen ympäristöopisto SYKLI



## Sisällys

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Johdanto                                                 | 3  |
| Työpaketti TP 1                                          | 3  |
| Työpaketti TP 1.4                                        | 3  |
| Purkuhankkeen tietomallintaminen                         | 4  |
| Geometria mallinnus                                      | 5  |
| Tietosisältö tuottaminen                                 | 6  |
| Tiedonhallintaympäristö (CDE)                            | 6  |
| Kokeilukohteet                                           | 9  |
| Kohde Riihimäki                                          | 9  |
| Kohde Savonkatu                                          | 11 |
| Kohde Järvenpää                                          | 13 |
| Kohde Hämeenlinna                                        | 15 |
| Purkumalli ja uudelleenkäytön tietomalli                 | 17 |
| Tietojen tuottaminen natiivi ohjelmistossa               | 17 |
| IFC tietosisältöjen rikastaminen                         | 18 |
| Tietojen hyödyntäminen                                   | 20 |
| Tulokset                                                 | 23 |
| Mallinnus- ja tiedonhallintaprosessi purkurakentamisessa | 23 |
| Purkumallinnuksen mallinnusohje                          | 26 |
| Revit mallipohja                                         | 30 |
| Tekoäly pohjainen tietomallintaminen                     | 34 |
| Pohdintaa                                                | 36 |
| Mallinnus osana purkuhankintaa                           | 36 |
| Purkukartoitus tietomallien kanssa                       | 36 |
| Purkurakentamisen digitaalinen osaaminen                 | 36 |
| Jatkokehitys                                             | 37 |
| Liitteet                                                 | 37 |



## Johdanto

Digipurku hankkeessa tutkittiin laajasti ja monipuolisesti purettavien rakennuksien digitaalista tiedon tuottamista ja siirtämistä sekä purkuhankkeen että uudelleenkäytettävien rakennusosien näkökulmasta. Tavoite oli luoda laaja-alainen tutkimus tietomallien hyödyntämisestä ja sen mahdollisuuksista parantaa ja tehostaa purkuhankkeiden toimintaa sekä rakennuksien kiertotaloutta. Tässä raportissa käsitellään monipuolisesti hankkeen kokeilukohteiden tietomallien tuottamista sekä purkuhankkeen digitalisointia.

## Työpaketti TP 1

Digipurkuhankkeen työpaketti 1 on Metropolia Ammattikorkeakoulun päätoteutus vastuulla ja sen tavoitteena on saada selvitettyä purkukohteen purettavien materiaalien ja sen osien tärkeimmät ominaisuudet, kuten mitat ja muodot datamuodossa, jotta ne saadaan purkualan toimijoiden käyttöön. Tavoite on saada selvää vaatimuksista ja mahdollisuuksia digitaaliselle alustalle purkumateriaalien, suunnittelijoiden, muiden purkumateriaalien uudelleenkäyttöön ja kierrättämiseen erikoistuneiden toimijoiden näkökulmasta.

Työpaketti 1 sisältää neljä kokonaisuutta, joista tässä raportissa käsitellään yksi.

### Työpaketti TP 1.4

Kolmen kokeilukohteen rakennustietomallin (BIM-malli) laatiminen

- TP 1.2:ssa asetettujen tavoitteiden ja rajausten mukaisesti sekä TP 1.3:n 3D-kartoitusten pohjalta siten, että se sisältää purkamisen ja uudelleenkäytön kannalta olennaiset tiedot.
- BIM-malliin sisällytetään tietoja rakenneseosien geometriasta, materiaaleista ja niiden kierroksista, haitta-aineista, hinnoista, purkujärjestyksestä.
- Tietoja saadaan näkyviin erilaisiin havainnekuviin, taulukoihin, määräluetteloihin sekä tietomallista tuotettaviin piirustuksiin ja kaavioihin.
- BIM-malliin suunnitellaan yleisesti hyödynnettävä julkinen käyttöliittymä.

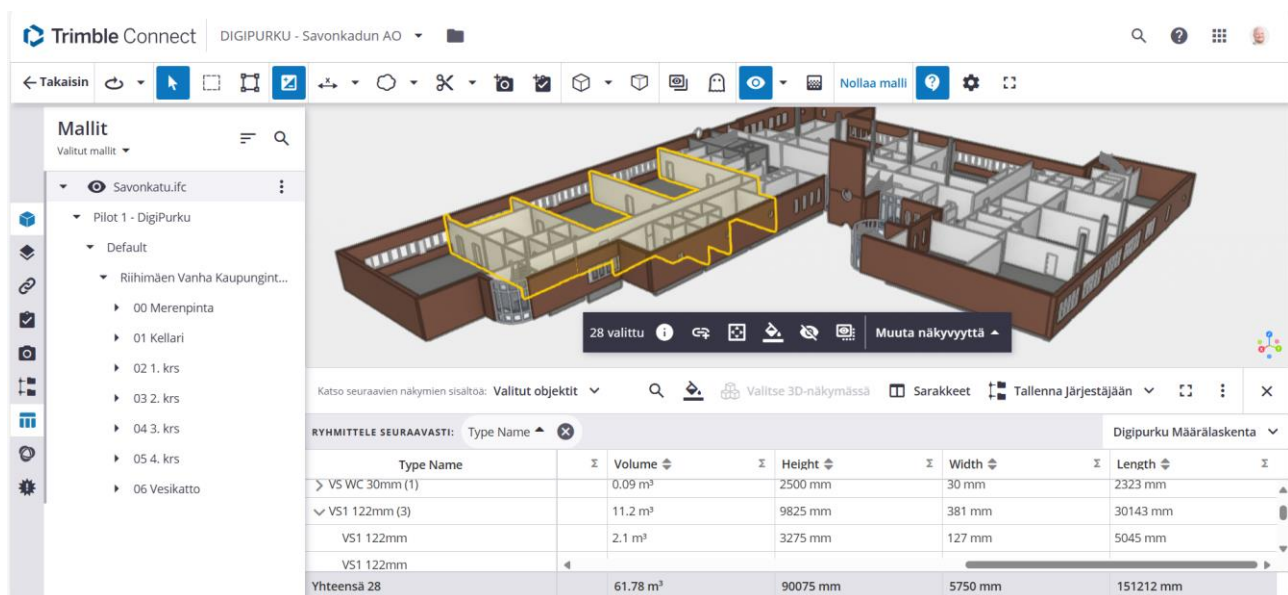
Työpaketin toteutus tehtiin yhteistyössä muiden hankkeen osatoteuttajien kanssa. Hämeen Ammattikorkeakoulu HAMK otti vastuulleen kahden kohteen mallinnuksen, jotka oli itse kartoittanut. Metropolia Ammattikorkeakoulu vastasi samalla tavalla omista kohteistaan.



## Purkuhankkeen tietomallintaminen

Tietomallintaminen, eli Building Information Modeling (BIM), on digitaalinen prosessi, joka mahdollistaa rakennusten ja infrastruktuurien suunnittelun, rakentamisen ja hallinnan tehokkaammin ja tarkemmin kuin perinteinen 2D suunnittelu. BIM yhdistää kolmiulotteisen suunnittelun ja tietokannan, joka sisältää kaikki rakennuksen elinkaaren aikana tarvittavat tiedot.

Tietomalli koostuu kahdesta kokonaisuudesta. Ensimmäinen on rakennusosan 3D-geometria mallinnus, joka havainnollistaa rakennusosan sen todellisessa muodossa ja oikeassa sijainnissa rakennuksessa. Toinen elementti on rakennusosan tietosisältö, joka kertoo kaikki kyseiseen rakennusosaan liittyvät tiedot kuten tunnus, tyyppi, materiaali, paino, tilavuus, kuormitus, suunnittelunlähdetiedot, aikataulu, kustannus jne. Yhdessä nämä luovat hyvin tietorikkaan ja tarkan kuvauksen suunnitellusta rakenteesta ja sen liittymisestä ympäröiviin rakenteisiin. (Kuva 1. Hankkeen tietomalli)



Kuva 1. Kerrosleikkaus kokeilukohteen tietomallista ja tietosisällöstä

Tietomallintaminen on ollut vakioitu toimintatapa toteuttaa uudiskohteen suunnittelua ja toteutusta jo vuosikymmenen ajan. Jo kohteen hankevalmistelun yhteydessä tietomallien tuottamiseen ja käyttöön luodaan hankekohtainen tietomallisuunnitelma, joka toimii koko hankkeen suunnittelun toteutuksen ohjenuorana. Se myös kertoo mitä tietomalleja luodaan, miten ne jaetaan, miten malleja hyödynnetään rakennuksen elinkaaren aikana ja minne ja missä muodossa tietomallit arkistoidaan.

Rakennushankkeen tietomalleja ja tiedonsiirtoa hallinnoidaan erilaisten tiedonhallintajärjestelmien avulla, johon kaikilla hankkeen osapuolilla on pääsy. Näistä tiedonhallintajärjestelmistä käytetään usein lyhennettä CDE (Common Data Environment) ja usein nämä ovat pilvipohjaisia alustoja, jotka voidaan linkittää suoraan erilaisiin suunnittelu ja tuotannonhallinta ohjelmistoihin. Tätä varten luodaan joko erillinen tiedonhallintasuunnitelma tai se liitetään osaksi tietomallisuunnitelmaa.

Tietomalleja luodaan yleensä erilliset mallit arkkitehtisuunnittelusta ja erikoissuunnittelusta kohteen vaatimusten mukaisesti. Yleensä rakennesuunnittelu ja talotekniikka suunnittelu luovat



omat mallinsa, jotka voidaan yhdistää muiden suunnittelualojen mallien kanssa yhdistelmämalliksi. Korjausrakentamisessa luodaan vielä erillinen lähtötietomalli (inventointimalli) joka toimii korjaus ja muutossuunnittelun pohjana. Lähtötietomalli pohjautuu olemassa olevan rakennuksen vanhoihin piirustuksiin tai rakennuksesta tehtyihin skannauksiin.

Kun puhutaan tietomalleista niin usein viitataan kahteen termiin tietomallien yhteydessä. Natiivi malli ja jaettu malli. Natiivi malli on tietomallin luojan erityisellä tietomallinnusohjelmistolla käytettävä malli versio, jossa voidaan muokata objektien geometriaa ja tietosisältöä. Natiivi mallien käsittely vaatii tehokkaita tietomallinnusohjelmistoja, joiden hallinta vaatii laajempaa osaamista ja suunnittelija kokemusta. Natiivi mallit ovat mallinnusohjelmisto kohtaisia, joten ne aukenevat vain tietyllä ohjelmistolla ja ohjelmistoversiolla.

Jaetulla mallilla viitataan *openBIM* tiedonjako muotoon, jolloin suunnittelijan tuottamasta natiivi mallista tehdään avoimesti eri ohjelmistojen kanssa yhteensopiva tietomalli. Yleisin tietomalli formaatti jaetuilla malleilla on Building Smartin määrittämä IFC formaatti. IFC muodossa olevaan tietomalliin voidaan käsitellä erilaisilla mallien katseluohjelmistoilla ja IFC malleja voidaan käsitellä referensseinä suunnittelijan mallinnusohjelmistoissa. IFC muodossa olevaa tietomallia ei voida enää muokata vaan objektin geometria ja tietosisältö ovat lukittuja ilman erityisiä ohjelmistoja. Näin suunnittelijan luomaa suunnitelmaa ei voida muokata mallin katselijan toimesta ja se voidaan turvallisesti jakaa.

IFC tietomallia voidaan kuitenkin hyvin monipuolisesti hyödyntää erilaisilla tuotannon ohjelmistoilla, jotka voivat lukea tietoa objekteilta ja tutkia mallin geometriaa. Tietyillä ohjelmistoilla, kuten Digipurku hankkeen testissä olevalla Trimble Connect ohjelmistolla, objektien tietokenttiä voidaan rikastaa ja täydentää. Tämä on hyvin käytännöllinen tapa laajentaa tietomallien käyttöä tuotannossa ja projektinohjauksessa, kun objekteille voidaan asettaa omia tietokenttiä ja niille haluttuja arvoja.

## Geometria mallinnus

Purkumallin geometrinen mallinnus eroaa merkittävästi tavallisen uudiskohteen mallinnuksesta. Purkumallissa geometriaa ei mallinneta samalla tarkkuudella kuin uudis- tai korjauskohteessa, koska se ei ole samalla tavalla tarpeellista, koska kohde tullaan purkamaan pois. Tämän takia uudisrakentamisen tietomallin luonti ei ole paras vertailukohta purkumallintamiselle. Sen sijaan korjausrakentamisen inventointimallit ovat lähempänä, vaikka niissäkin todettiin olevan suuria eroja.

Inventointimallissa rakennuksen elementit pyritään mallintamaan mahdollisimman tarkasti todellisen kohteen ja sen vaatimustason mukaan. Tarkka mallinnus on oleellista, kun uudet rakenteet tulee liittyä vanhoihin rakenteisiin. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi seinät mallinnetaan tarkasti saadun lähtöaineiston mukaisesti. Vanhoissa rakennuksissa pystyrakenteet eivät usein ole täysin kohdakkain, joten mallissa pystyrakenteiden linjat voivat poiketa kerroksittain. Rakennusten luonnollinen eläminen, taipuma, siirtymä sekä rakentamisen aikana tapahtuneet mittavirheet ovat tärkeä mallintaa millitarkasti, jotta esimerkiksi tekniikka muutokset saadaan toteutettua todellisen tilanteen mukaisesti.

Purkumallissa tällaista tarkkuutta ei vaadita hankkeen tarkoituksiperän takia. Purkumallintamisessa hyödynnetään laserkeilausta ja olemassa olevia rakennusdokumentteja paljon suurpiirteisemmin.





Tärkeintä on mallintaa kantavien rakenteiden sijainnit suhteessa moduuliverkkoon todellisilla mittasuhteilla, jotta rakennuksen kokonaisuus, toiminta ja massat saadaan tutkittua. Esimerkiksi pystyrakenteet kohdistetaan kohdakkain kerroksissa, mikä ei ole sallittua korjausrakentamisen ja inventointimalleissa.

Purkumallin tärkein tavoite on saada massat mallinnettua siten, että mallin eri osien määrät saadaan selville mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tämä tarkoittaa, että rakenteiden rakennekerrokseen ei oteta heti kantaa, vaan ne pyritään mallintamaan dimensioiltaan oikein. Sama pätee rakennusosiin, kuten ikkunoihin ja oviin. Kun kevyt, raakamalli on luotu, sitä voidaan täydentää lähtöaineistojen perusteella tarkemmaksi. Tässä suhteessa mallinnus muistuttaa uudiskohteiden mallinnusta, jossa raakamalli vastaa luonnosmallia.

## **Tietosisältö tuottaminen**

Purkumallia luotaessa on tärkeää ymmärtää, että kyseessä ei ole käyttöön tulevan rakennuksen mallintaminen, vaan purettavan rakennuksen, jonka osia saatetaan käyttää uudelleen. Tästä syystä alussa tietosisältö voi olla hyvinkin suppea ja koostua pääasiassa käytettävän ohjelmiston tarjoamista massatiedoista, kuten määristä ja pinta-aloista. Hankkeen edetessä tietoa tulee kuitenkin pystyä täydentämään ja muokkaamaan saatujen lähtötietojen tarkentuessa. Purkumallissa tietosisältöä lisätään osittain räätälöityjen tietokenttien avulla, kun taas uudissuunnittelussa tieto on usein valmiina perusobjekteissa.

Hankkeessa tietomallintamisessa käytettiin Autodesk Revit mallinnusohjelmistoa. Revit-ohjelmistossa tietosisältö tulee malliin familyiden (objektien) kautta. Purkumallinnuksessa ei yleensä voida käyttää samoja objekteja kuin uudisrakennusmallinnuksessa ilman jonkin tasoisia muokkauksia. Tässä hankkeessa osa objekteista tehtiin hyödyntämällä uudisrakentamisen lokalisointikirjastoa, kun taas esimerkiksi ikkunat ja ovet luotiin alusta alkaen purkuhankkeisiin sopiviksi.

Purkumalleihin sisällytetään alusta alkaen mittaus- ja mallinnustarkkuus, laatu ja kierrätettävyyys. Näiden avulla mallissa voidaan suodattaa elementtejä piiloon tai näkyviin tietyn tarkkuuden mukaan. Lisäksi purkumalleissa tulee olla tietoa laadusta ja kierrätettävyydestä, mikä tukee elinkaariajattelua ja myöhemmin mahdollista kierrätettävien osien uudelleen suunnittelua. Nämä tiedot voisi olla mukana myös uudissuunnittelun tietomalleissa tulevaisuudessa, kun rakennusten kiertotaloutta viedään eteenpäin.

Purkumallissa tietoa ja geometriaa tarkennetaan tarpeen mukaan ja vain tarvittavilta osin, ei koko mallista. Esimerkiksi uudelleenkäytön osalta voidaan lisätä tietoa pilareista ja palkeista, kuten lujuudesta ja tarkemmista dimensioista. Hankkeen aikana myös tuotetaan paljon täydentävää tietoa objekteihin kuten kuntoluokitusta, purkutietoa, kunnostustieto jne. Uudissuunnittelussa koko malli on tietosisällöltään ja mallinnustarkkuudeltaan yhteneväinen ja tässä aiheessa purkumallit poikkeavat paljon.

## **Tiedonhallintaympäristö (CDE)**

Tiedonhallinta ja tallentaminen on jokaisen rakennushankkeen kriittisiä järjestelmiä ja tehtäviä. Uudishankkeen alussa tilaaja lähes aina luo keskitetyn tiedonhallinta ja -jako alusta, jonka kautta kaikki hankkeen dokumentointi tallennetaan ja jaetaan. Usein tällaisista järjestelmistä puhutaan





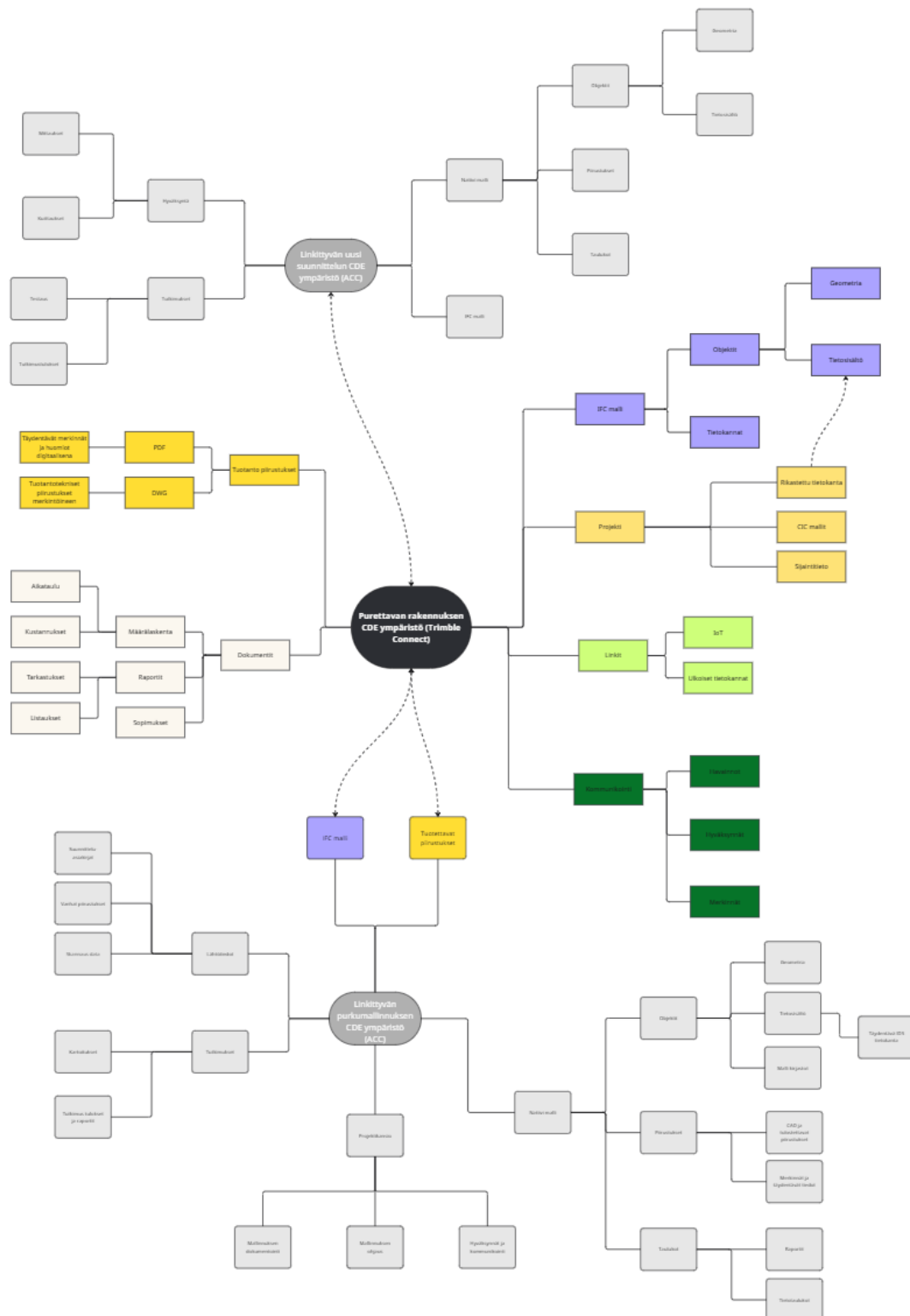
termillä projektipankki. Riippuen hankkeen tavoitteista, laajuudesta ja hankemuodosta, nämä projektipankit voivat vaihdella paljonkin, mutta yhteistä niillä on, että siellä voidaan kaikkea dokumentti dataa tallettaa ja sinne on pääsy vain hankkeen osapuolilla. Yksinkertaisimmillaan projektipankkina toimii serveri tai pilvipohjainen alusta, jonne erilaisia hankkeen tiedostoja tallennetaan ja versioidaan.

Projektipankit ovat jo vakioitu tapa tallentaa hankkeen digitaalista tietoa, mutta näitä voidaan hyödyntää myös paljon laajemmin. Useat eri tietomalliohjelmistot toimivat jo pilvipohjaisina tallennusjärjestelminä, jolloin tietomallit toimivat yhteistyöalustoina useiden eri mallintajien välillä ja muutokset tallennetaan suoraan pilvialustalle eikä fyysisesti omalle tietokoneelle. Tällöin tiedonsiirto on suoraviivaista ja nopeaa ja uusi / muuttunut tieto saavuttaa muut mallintajat nopeasti ja varmasti.

Tällaisten älykkäiden järjestelmien apuna usein samassa pilvessä käsitellään myös kaikkea muuta hankkeen dokumentaatiota tietomallien lisäksi ja näistä järjestelmistä käytetään nimikettä tiedonhallintaympäristö eli *Common Data Environment* CDE. CDE-järjestelmissä tietomalleja voidaan suoraan katsella, tutkia, mitata ja kommentoida ja kommentteihin voidaan liittää erilaisia kuvia, liitteitä, merkintöjä ja tehtäviä. Näin koko hankkeen KAIKKI data voidaan tallentaa keskitetysti yhden avoimen ja turvallisen järjestelmän sisään, mukaan lukien erilaiset tehtävät, tarkastukset, hyväksynnät ja kommunikointi. Kaikki data on hankkeen omistajalla tallessa eikä esimerkiksi sähköposteissa, erillisillä tietokoneilla tai henkilön oman Windows -tunnuksen takana, joissa data on vaarassa hävitä, jos henkilö vaihtaa yritystä esimerkiksi.

Tiedonhallintaympäristöissä on tärkeä hahmottaa, että usein eri hankkeen toimijoilla voi olla useita järjestelmiä käytössä rinnakkain. Tällöin on tärkeä luoda hankkeen CDE-järjestelmistä karttakuva, jossa voidaan tarkemmin hahmottaa miten data liikkuu eri järjestelmien ja ohjelmien välillä ja kenellä on oikeudet mihinkin järjestelmän osaan. Tutkimushankkeessa ideaa tutkittiin ja testattiin teoriallasolla ja pystyttiin viiteryhmiä keskusteluiden ja tutkimusryhmän asiantuntijoiden luomaan case esimerkki tällaisesta CDE-järjestelmin kartasta. Case esimerkki esitettyä kuvassa 2.





Kuva 2. Teoreettinen case esimerkki purettavan rakennuksen tiedonhallintaympäristöjen järjestelmistä



Purkuhankkeissa tällaisia järjestelmiä on hyvin vähän käytössä. Toisin kuin uudisrakentamisessa ei koeta, että digitaaliset CDE järjestelmät tuottaisivat lisäarvoa välttämättä ja uusien järjestelmien käyttöönotto vaatii aina investointia ja kouluttautumista. Tämän takia useat purkuhankkeiden tiedonhallinta on järjestetty perinteisellä käyttäjä ja yritysten sisäisten järjestelmien tiedonhallinnalla. Hankkeet ovat lyhytaikaisia ja hankkeen aikana luodulle datalle ei nähdä uudelleen käyttöarvoa samalla tavalla kuin uudishankkeissa.

## Kokeilukohteet

### Kohde Riihimäki

Riihimäen kokeilukohteessa tavoitteena oli luoda rakennuksen tietomalli pohjautuen vanhoihin piirustuksiin sekä laserkeilaimella tehtyyn pistepilveen. Mallinnuksen lähtötasona pidettiin normaalin inventointimallinnuksen vaatimuksia ja tavoite oli tutkia niiden soveltuvuutta purkumallinnukseen. Rakennuksesta mallinnettiin vain sen purettava osuus. Mallintamiseen käytettiin Autodesk Revit mallinnusohjelmistoa sen vakiona saatavilla kirjastoilla ja työvälineillä. Tavoite oli testata ohjelmiston soveltuvuutta sellaisenaan mitä ohjelmistotoimittajalta on saatavana.

Kohteessa mallinnettiin purettavan rakennuksen seinät, alapohja, väli- ja yläpohjat, vesikatto, portaat, ikkunat ja ovet sekä vesikalusteet osittain. Laserkeilauksen pistepilvestä ja 360-kuvista voitiin tulkita suurin osa rakennuksen rakenteista ja piiloon jäävät osat tulkittiin piirustuksista. Mallinnus tehtiin vaiheessa, kun rakennus oli jo tyhjillään, mutta purkua ei ollut vielä aloitettu. Tämän takia kaikki piilossa olevat rakenteet kuten alakaton ja välipohjien rakenteet ei voitu todentaa. Myös identtiset kerrokset skannattiin vain yhden kerroksen osalta ja tehtiin oletus toistuvuudesta.

Mallinnus tehtiin kertaluonteisesti ja mallin toimivuutta arvioitiin hankkeen osapuolten kesken ainoastaan, koska kohteen purku ajoittui ennen kuin mallinnus saatiin tehtyä loppuun. Mallia hyödynnettiin erilaisiin teoreettisiin testauksiin ja tulevien kokeilukohteiden testauksien suunnitteluun. Tässä vaiheessa huomattiin jo seuraavia oleellisia tekijöitä (Taulukko 1) purkumallin luomisessa.

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mallinnusohjelmisto        | Autodesk Revit mallinnusohjelmisto toimii hyvin myös purkumallinnuksen ohjelmistona. Ohjelmiston käyttö vaatii osaamista ja kokemusta kuten muutkin tietomallinnukseen soveltuvat ohjelmistot, mutta osaava mallintaja pystyy hyvin luomaan purkukohteen geometriamallin ja siihen soveltuvan tietosisällön. Ohjelmistosta voidaan myös tuottaa piirustukset sekä jaettavaksi muodoksi soveltuva IFC tietomalli. |
| Ohjelmiston oletuskirjasto | Ohjelmiston oletuskirjasto (familykirjasto) ei ole sellaisenaan soveltuva purkukohteen tietomallin luomiseen. Perusobjektit toimivat geometrian luomiseen mutta niistä puuttuu paljon oleellisia tietoja, joita tarvitaan purkumallintamisessa. Näitä tietokenttiä tulee luoda ja muokata mallintajan toimesta mikä lisää huomattavasti mallintajan osaamisvaatimusta ja työmäärää.                              |





|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Geometria mallinnuksen tarkkuus       | Lähtötasona mallinnusta aloitettiin toteuttamaan inventointimallinnuksen tarkkuustason mukaisesti. Tämän takia mallinnuksessa huomattiin paljon pieniä mittapoikkeamia seinä- ja pilarilinjoiissa sekä muita epätarkkuuksia. Laserkeilain aineisto antaa hyvin tarkan todennuksen rakennuksesta ja tätä seuraamalla tuotetaan paljon ylimääräistä työtä ja aiheuttaa mallin käsittelylle paljon manuaalista selvitystyötä.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Rakenteiden tunnistaminen ja tyypitys | Olemassa olevista rakenteista ei saatu lähtötiedoista kattavaa tietoa millaisia rakennetyyppejä missäkin sijaitsee. Väliseinissä huomattiin keilauksen pohjalta paksuuspoikkeamia, joka vaikeutti tyypitystä, kun rakennetyyppejä ei ollut dokumentoitu. Useat väliseinät jouduttiin tyypittämään vajavaisesti ja niiden varsinaiset materiaalit arvioimaan kuvista.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Tietosisältövaatimukset               | Purku-urakoinnilta tai rakennuksen omistajalta ei saatu tietosisällölle vaatimuksia vaan niitä piti kehittää mallinnustyön ja testauksen myötä. Yleisesti ei ole määritetty purkumallinnukselle vaatimuksia tietosisällölle tai tiedon käytettävyydelle.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Määrätietojen käytettävyys            | Kun mallinnukselle ei ole olemassa vaatimuksia samaan tapaan kuin uudisrakentamiselle, eikä olemassa olevien rakenteiden tyypitystä voida varmistaa ja monet piilossa olevat rakenteet jäävät huomioimatta, on tietomallipohjainen määrälaskenta hyvin haastavaa eikä voida kokonaisvaltaisesti koko rakennusta laskea. Kantavat betoni ja teräsrakenteet voidaan tunnistaa ja määrät suhteellisen tarkasti mallintaa ja arvioida. Mutta esimerkiksi ala-, väli- yläpohjarakenteiden määriä on todella vaikea arvioida mallipohjaisesti koska kyseisiä rakenteita ei ole mallinnettu. Samoin ongelmaksi huomattiin kevyet väliseinät, joiden rakennekerroksia ei ollut selvennyt lähtötiedoissa ja jouduttiin arvaamaan.                                                |
| Lähtötietojen tarkkuus ja saatavuus   | Kohteen lähtötietoina saatiin purku-urakan tarjousmateriaali HILMA järjestelmästä. Näiden tietojen pohjalta hankkeen purkumalli voidaan luoda mutta silloinkin joudutaan yhdistämään ja tulkitsemaan useita lähtötietoja. Purkuhankkeiden lähtötiedot ovat usein paperisten piirustusten digitalisoituja versioita ja purkukartoitus mahdollisineen haitta-aine raporteineen. Näissä tiedoissa löytyy usein poikkeamia todellisuuden kanssa varsinkin piirustusten ja alkuperäisten suunnittelu dokumenttien osalta. Tästä syystä mallinnus voi olla vain niin tarkkaa kuin saatavilla oleva materiaali mahdollistaa. Vasta kohdekäynnit, keilaukset ja tarkentavat tutkimukset täydentävät käytössä olevaa dataa ja sitä kautta purkumallit voidaan luoda tarkemmiksi. |

Taulukko 1: Havainnot Riihimäen kohteen purkumallin luonnista



## Kohde Savonkatu

Savonkadun kokeilukohteessa tavoitteena oli tutkia tarkemmin ja monipuolisemmin tietomallintamisen prosessia purkuhankkeissa ja tuottaa tietomalliin tarvittavia purkumallinnuksen tietokenttiä. Tutkitaan mitä tarvittavia parametreja ja arvoja tarvitaan ja miten nämä voidaan tuottaa mallinnusohjelmistolla. Eli hankkeessa luotiin huomattavasti pidemmälle kohteen tietomallia huomioiden purkuhankkeen tarpeet ja mahdollinen uudelleen käytettävyys ja rakenteiden kierrättäminen. Tämän takia yhdeksi tavoitteeksi asetettiin, että Savonkadun kohteen tietomallista luodaan Autodesk Revit ohjelmistolle case esimerkin mukainen aloituspohja tulevia jatkohankkeita ja kehitysprojekteja ajatellen.

Rakennus mallinnettiin kokonaan päärakennuksen osalta, mutta kiintokalusteiden osalta mallinnusta ei tehty, koska lähtöaineisto ei ollut riittävää. Skannatusta aineistosta olisi voinut arvioida osan kalusteista, mutta se ei olisi ollut riittävän kustannustehokasta. Portaiden kaiteet mallinnettiin massoitteperiaatteella, jotta niiden määrät saatiin selville, mutta tarkempaa mallinnusta ei tehty.

Mallinnuksen alkuvaiheessa pistepilvissä oli poikkeamia verrattuna dokumenteissa oleviin korkolukuihin, eivätkä ne täsmänneet rakennuksen oikeisiin korkoihin. Työnkulun kannalta mallinnuksen lähtöaineiston saatavuuden järjestys poikkesi suositellusta: ensin olisi pitänyt saada PDF- ja 2D CAD -dokumentit ja vasta sitten pistepilvet. Tämä järjestys olisi mahdollistanut raakamallin sujuvamman ja nopeamman toteutuksen, jota olisi voitu tarkentaa ja varmentaa pistepilviaineiston avulla. PDF-dokumenttien saaminen lähtöaineistoiksi kesti odotettua kauemmin, joten mallinnus tuli aloittaa pistepilvidatan pohjalta.

Mallinnus aloitettiin liian tarkasti ja samoilla periaatteilla kuin inventointimalli korjaus- tai restaurointikohteeseen. Kuten muussakin mallintamalla tapahtuvassa suunnittelussa, tässäkin huomattiin, kuinka tärkeää on olla olemassa perusobjektikirjasto rakennusosille. Alussa voitiin hyödyntää ohjelmistoon tehtyä lokalisointia, mutta mallinnuksen edetessä huomattiin, että lokaalin objektikirjaston parametrit ja tietokentät eivät olleet yhdenmukaisia. Tämän vuoksi tehtiin paljon uusia objekteja, jotka ovat nyt osa Digipurku-aloituspohjaa tulevia projekteja varten.

Mallia tarkennettiin ja työstettiin useaan otteeseen hankkeen aikana ja sitä hyödynnettiin monella eri tavalla testauksessa. Mallin avulla testattiin kommunikointia eri ohjelmistojen ja CDE ympäristöjen välillä, tiedon rikastamista ja sen siirtämistä katselu ohjelmistosta natiivi ohjelmistoon, kenttä testausta mobiili laitteiden kanssa sekä erilaisia skannaus ja lähtötietojen keräämisen tapoja. Tärkeimpiä havaintoja tämän kokeilukohteen purkumallin luonnista ja käytöstä on esitetty taulukossa 2.

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Oikea aikainen mallintaminen | Purkuhankkeessa oikea aikainen mallintaminen on hyvin oleellisessa osassa mallinnusprosessia. Kokeilussa aloitettiin mallintaa alussa liian tarkasti ja suoraan pistepilvi aineiston pohjalta, joka johti suureen määrään pieniä mittavirheitä. Oikea aikainen mallintaminen hankkeen alussa on tärkeä toteuttaa nopeasti ja suurpiirteisesti piirustusten avulla ja tätä aineistoa voidaan sitten tarkentaa pistepilviaineiston avulla esimerkiksi uudelleenkäytettävien rakenteiden kohdalta. |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



|                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Purkumallintamisen kirjastonluonti            | Valmiit kirjastot eivät sellaisenaan sovellu purkumallintamiseen vaan vaatii oman kirjaston luontia. Luonti onnistuu helposti, mikäli mallintajalla on tähän osaamista ja kokemusta. Hankkeen testi luonteisuuden vuoksi kirjastoa luotiin ja täydennettiin useissa vaiheissa hanketta ja tämä pitää ymmärtää ja huomioida nyt kun alaa kehitetään jatkuvasti eteenpäin.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Purkurakentamisen parametrit                  | Rakennuksen purkuajatellen objekteille tulee luoda ja täydentää parametrejä, joita oletuskirjastoissa ei ole. Näitä ovat esimerkiksi purun aikataulutukseen ja purkujärjestykseen liittyvät tietokentät. Purkutapaan tarvitaan myös tarkentavia tietoja esimerkiksi murskeeksi tai ehjänä purun määrittämisen osalta. Tärkeimmiksi parametreiksi nousi materiaali- ja massatiedot, joita tarvitaan erilaisten määrä- ja päästölaskemien toteutukseen. Tutkimuksessa nousi esille, että esimerkiksi haitta-aineiden ja muut turvalliseen purkamiseen vaikuttavat tekijät olisi hyvä tuottaa malliin. Näitä ei kuitenkaan testattu.                                                                                                                      |
| Kierrättämisen ja uudelleen käytön parametrit | Rakennusosien kierrättämiseen ja uudelleenkäytettävyyteen tulee luoda myös täydentäviä parametrejä oletuskirjastoihin. Näitä ovat mm. purkukartoituksen yhteydessä tehtävä uudelleen käytettävyyssuoritus ja sen antamien luokitusten määrittäminen objekteille. Uudelleenkäytettävyyden lisäksi huomattiin, että erilaiset kunto- ja rasitusluokitustiedot tulevat kartoituksessa tärkeiksi. Uudelleen käytettävyyttä vaatii myös erilaisia kunnostus-, koestus- ja varastointitietojen parametrejä objekteille. Hankkeessa ei näitä kaikkia tutkittu tai testattu vaan keskityttiin prosessin tutkimiseen.                                                                                                                                           |
| Tiedonsiirto ohjelmistojen välillä            | Kohteessa testattiin ja kehitettiin tiedonsiirtoa mallinnusohjelman Autodesk Revit ja CDE tiedonhallintaympäristön Trimble Connectin välillä. Kokeilukohteessa mallit ja piirustukset siirrettiin natiivi mallista IFC ja PDF muotoisena CDE ohjelmistolle, jossa niitä tutkittiin ja käsiteltiin. Dokumentteihin ja malleihin luotiin kommentteja ja merkintöjä, joita mallintaja pääsi käsittelemään CDE ympäristössä ja sen jälkeen toteutti tarvittavat korjaukset ja täydennykset natiivi malliin. Suoraa linkitystä ei saatu hankkeessa toimimaan vaan työ vaati edelleen mallintajalta molempien ohjelmistojen käyttöä ja manuaalista työtä. Kuitenkin kommunikointi saatiin hyvin toimimaan CDE järjestelmässä ja kaikki data saatiin talteen. |
| Tiedon rikastaminen ja täydentäminen          | CDE ympäristössä IFC tietokantaa rikastettiin uusilla Trimble Connect ympäristössä luoduilla parametreilla ja arvoilla. Trimble Connectissa luotiin arvoja, joita voitiin muuttaa ja muokata vapaasti järjestelmän sisällä eri toimijoiden puolesta. Tämä tieto ei siirtynyt automaattisesti mallintajan Revit suunnitteluohjelmistolle, vaan tiedot tuli ensin raportoida ulos, jonka jälkeen sama tieto voitiin kirjoittaa myös natiiviohjelmaan. Tämän jälkeen uuden IFC ajon jälkeen tieto löytyi myös IFC ohjelmistosta mutta myös edelleen Trimble Connectin                                                                                                                                                                                     |





|                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                          | järjestelmästä. Eli tieto oli nähtävillä 2 kertaan, joka ei ollut käytännöllistä.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Mallintaminen kevyen skannauksen pistepilvien mukaisesti | Pistepilvistä oli suuri hyöty mallinnuksessa. Mallinnuksen yhteydessä kävi ilmi, miten tärkeää olisi olla mahdollisimman selkeät pistepilvet ilman ylimääräisiä elementtejä. Käytännössä tämä on haastavaa, koska usein kohteet ovat sellaisia, jotka ovat vielä käytössä ja niitä ei voi tyhjentää ylimääräisistä kalusteista. Pistepilvien korkomaailman puutteita ja virheitä ei huomattu ennen kuin oli saatu perinteisistä kuvista tarkistettua oikeat korot. Kuitenkin pistepilviin perustuva mallinnus on kokonaisuudessaan oleellinen osa purkumallinnusta. |
| Määrälaskenta materiaalin tuottaminen                    | Mallista tuotettiin määrälaskenta materiaalia testaustarkoituksessa. Huomattiin että koska lähtötiedot olivat vajavaiset, jonka takia myös tietomallin tiedot olivat osittain vajavaisia niin määrälaskennan tuottaminen on haastavaa. Lisäksi materiaali tiedot jouduttiin usein päättelemään tai arvaamaan ja ilman kohdekäyntiä näitä ei voida varmentaa. Tämän takia määrälaskenta tuotti vain suuntaa antavia kokonaisuuksia ja uudisrakennuksen tarkkuuteen määrälaskennassa ei päästä.                                                                       |

Taulukko 2. Havainnot Savonkadun kohteen purkumallin luonnista ja käytöstä

## Kohde Järvenpää

Järvenpään rakennuksen skannauksen ja BIM-mallin luomisen tavoitteena on kerätä palautetta rakennuksen omistajalta ja tutkia BIM-mallin käyttöä rakennuksen purkus suunnittelussa ja edistyneessä hankintaprosessissa.

Rakennuksen käyttäjä on paikallinen poliisilaitos, jonka takia rakennuksen tietojen julkisuus oli rajoitettua. Projektiryhmälle jaettavaksi oli saatavilla vain muutamia piirustuksia, eikä luotua BIM-mallia voitu käyttää projektin ulkopuolella.

Huonekaluja ja alaslaskettuja kattoja ei ollut poistettu ennen skannausta, joten rakenteelliset osat eivät olleet monin paikoin näkyvissä. Jotkut huoneet eivät myöskään olleet saavutettavissa kohteen turvaluokituksen ja salassapidon vuoksi. Näiden huoneiden osalta mallinnuksessa tehtiin valistuneita arvauksia. Materiaalitiedot ja -informaatio eivät olleet saatavilla puuttuvien piirustusten vuoksi, eikä tuhoavia testejä voitu tehdä, koska purkupäätös saatettiin perua skannauksen aikaan. Materiaalitiedot lisättiin visuaalisen tarkastelun ja muutamien piirustusten perusteella. Paikan päällä tehtiin tarkastuksia skannausvaiheen aikana ja palo-ovien, lasiseinien ja portaikon kaiteiden päämitat mitattiin ja suunniteltiin uudelleen käyttöä varten. Tarkempi selostus kokeilukohteen havainnoista on esitettyä taulukossa 3.

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mallinnusohjelmisto | Skannatut raakadatat tuotiin Trimble Realworksiiin (.rwp), projektipilvitiedosto (.rcp) luotiin ja tuotiin BIM-ohjelmistoon Autodesk Revit. BIM-mallin geometria luotiin Revitissä pistepilven perusteella ja materiaalitiedot lisättiin myöhemmin. Koko prosessi toteutettiin sujuvasti. Koska skannaustiedot tallennettiin yhteen projektiin yhtä tasoa varten, raakadatan rekisteröinti yhteen |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|





|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  | rakennusprojektitiedostoon oikeilla tasoilla ja sijainneilla on kriittistä.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Geometrisen mallin tarkkuus      | Huonekalut ja alaslasketut katot eivät olleet poistettu ennen skannausta, joten rakenteelliset osat voivat olla piilossa skannaukselta. Jotkut huoneet eivät olleet saavutettavissa. Rakenteellisten osien ja saavuttamattomien huoneiden luominen perustui rakennuksen omistajan toimittamiin piirustuksiin ja "valistuneisiin arvauksiin". Siksi rakenteellisten osien mitat eivät välttämättä ole tarkkoja.                                                                                                                                                                                           |
| Materiaalitiedot ja -informaatio | Piirustuksia ei yleisesti ollut saatavilla. Materiaalitiedot ja -informaatio kerättiin paikan päällä tehdyistä visuaalisista tarkastuksista. Ulkoseinärakenteesta oli yksi asiakirja. Rakennusajankohtana yleisesti käytetyt rakennuselementit tunnistettiin myös. Rakennusmateriaalitietojen tarkkuus voi olla heikentynyt.                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| BIM-mallikirjasto                | Ulkoseinien ikkunoiden mitat perustuivat pistepilvidatan ja Revit-kirjaston saatavilla olevien ikkunakomponenttien parhaaseen vastaavuuteen. Rakennuksen julkisivun kuvaa tarkasteltiin myös Google Mapsista ulkoisten ikkunoiden muodon tarkistamiseksi. Rakennuksen sisäovet valittiin myös Revit-kirjaston mittojen parhaaseen vastaavuuteen perustuen.                                                                                                                                                                                                                                               |
| Rakennusosat uudelleenkäyttöön   | Paikan päällä tehtiin visuaalisia tarkastuksia rakennusosien uudelleenkäyttöä varten. Päämitat mitattiin paikan päällä ja kirjattiin Exceliin. BIM-mallissa nämä komponentit luokiteltiin ja merkittiin "purettaviksi komponenteiksi". Tämä helpottaa purkusunnittelua uudelleenkäyttöä varten ennen rakennuksen purkamista.                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| BIM-mallin spesifikaatiot        | Rakennuksen omistajalta saadun palautteen perusteella BIM-mallin spesifikaatio suomalaisen standardin RT 103375 mukaan voisi olla erittäin hyödyllinen BIM-mallin käyttäjille. Mallin spesifikaatiodokumentti luotiin tässä projektissa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Robottiavusteinen skannaus       | Robotti oli nelipyöräinen ajoneuvo, jossa on Lidar, kuljettaa laserskanneria ja liikkuu kerroksessa paikasta toiseen. Ajoneuvon pinnan ja skannerin välinen liitinrakenne suunniteltiin ja valmistettiin jotta skanneri pysyy robotissa kiinni. Ajoneuvon integroitiin iskunvaimennin ajoneuvon tietokoneen alle eristämään tärinät, kun liikutaan lattian pienten kohoumien yli. Tässä vaiheessa skannausreitit suunnittelu ja skannauspaikkojen valinta tehtiin manuaalisesti operaattorin toimesta, mikä myöhemmin kehitettiin autonomiseksi suunnittelu- ja optimointiprosessiksi tässä projektissa. |

Taulukko 3. Havainnot Järvenpään kohteen purkumallin luonnista ja käytöstä



## Kohde Hämeenlinna

Päätös purku-urakoitsijan valinnasta eteni nopeasti projektin alussa. Skannaustoiminta aloitettiin osassa E. Kuitenkin osien A ja B vaarallisten asbestimateriaalien vuoksi skannaustyö keskeytettiin kahdeksi kuukaudeksi odottamaan vaarallisten materiaalien ammatillista poistamista. Tämä tapahtui ennen purkutöiden alkamista. Osissa A ja B skannaustyö tehtiin samanaikaisesti purkutöiden edetessä.

Skannaustyön ja BIM-mallin luomisen päätavoite tässä kohteessa on tutkia laserskannausprosessia ja BIM-mallin luomisprosessia. Skannereiden ja ohjelmistojen käyttöä kokeiltiin, ja opittiin teollisuuden purku-urakoitsijan valintaprosessin käytännöistä. Työ loi perustan robottiskannauksen ja edistyneiden hankintamenetelmien kehittämiseksi TP3:ssa.

BIM-mallit luotiin rakennusten purkamisen jälkeen. Osa E luotiin aiemmin tutkimusassistentin toimesta ja osat A ja B toisen tutkimusassistentin toimesta. Molemmilla oli rakennustekniikan kandidaatin tutkinto ja kokemusta Autodesk Revitin käytöstä.

Harakkamäki 5 on asuinrakennus, joka koostuu osista A, B ja E. Rakennus tyhjennettiin kauan ennen skannausta, eikä siellä ollut huonekaluja. Kuitenkin rakennukseen murtauduttiin, ja monet ovet, ikkunat ja väliseinät vaurioituivat. Roskia oli hajallaan tai kasattu lattioille. Osien A ja B kerrokset 2, 3 ja 4 ovat samat, joten vain kerros 4 skannattiin.

Joistakin asuinrakennusten pohjapiirustuksista ja lattiapiirustuksista on saatavilla. Kuitenkin piirustusten mitat eivät olleet saatavilla. Osissa A ja B käytettiin asbestimateriaaleja keittiössä ja eristyksessä, ja ne poistettiin ennen skannausta ja purkutöitä. BIM-mallit Revitin alkuperäisessä muodossa ja IFC-muodossa jaettiin rakennuksen omistajalle rakennuksen purkamisen jälkeen. Tarkemmin kohteen havainnoista on esitetty taulukossa 4.

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mallinnusohjelmisto                     | Trimble Realworksia käytettiin skannatun pistepilven viemiseen Autodesk Revitiin. Pistepilvidata rekisteröitiin eri korkeuksilla. Lattioiden/kattojen ja seinien geometria luotiin Revitissä pistepilven perusteella, ja materiaalitiedot syötettiin malliin myöhemmin piirustusten mukaan.                                                                                              |
| Manuaalinen skannaus ja mallin tarkkuus | Skannaustyö tehtiin Trimble X7 -laserskannerilla, joka oli kiinnitetty jalustaan. Skannauspisteet määritti operaattori rakennusosien näkyvyyden perusteella. Lattioiden rikkoutuneet osat ja roskat lisäävät skannattujen datapisteiden tiheyttä, mikä tekee geometrian luomisesta haastavampaa Revitissä. Skannattuun pistepilveen perustuva mallin geometria verrattiin piirustuksiin. |
| Rakenteiden tunnistaminen               | Asunto tyhjennettiin ennen skannausta, lukuun ottamatta keittiötä. Joitakin ovia ja väliseiniä purettiin, jotta sisäiset rakenteet ja materiaalit näkyisivät. Asunnoissa ei ole alaslaskettuja kattoja. Esivalmistetut betonilattiat/katot ja seinät ovat skannerin näkyvissä.                                                                                                           |
| Vaurioituneet rakennusosat ja roskat    | Vaurioituneet rakennusosat ja roskat lisäävät datapisteiden tiheyttä huomattavasti. Tämä aiheutti lisätyötä ja vaikeuksia geometrian luomisessa. Kuitenkin puretut väliseinät, ovet ja                                                                                                                                                                                                   |



|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | ikkunat antavat hyödyllistä tietoa sisäisistä materiaaleista ja rakenteista. Siksi komponenttien tietojen tarkkuus paranee.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Piirustusten saatavuus  | Projektiryhmällä oli käytettävissään pääasialliset pohjapiirustukset ja joitakin komponenttien spesifikaatioita ilman mittoja. Tämä helpottaa materiaalitietojen syöttämistä ja esivalmistettujen komponenttien valintaa kirjastosta. Piirustuksia voidaan käyttää myös BIM-mallin tarkistamiseen paikan päällä skannatun datan perusteella.                                                                                          |
| Vaaralliset materiaalit | Yleensä vaaralliset materiaalit tulisi poistaa ennen skannaustyön aloittamista. Tämä vaatii ammatillista pätevyyttä, jonka yleensä suorittaa pätevä purku-urakoitsija ennen purkutöiden aloittamista. Silloin on liian myöhäistä, eikä BIM-mallista ole hyötyä. Robottiskannausjärjestelmä voisi ratkaista tämän ongelman. Autonominen skannausjärjestelmä voi mennä rakennukseen ja suorittaa skannauksen ilman ihmisen väliintuloa. |

Taulukko 4. Havainnot Hämeenlinnan kohteen purkumallin luonnista ja käytöstä



## Purkumalli ja uudelleenkäytön tietomalli

Seuraavissa kappaleissa käsitellään kootusti havaintoja ja tutkimuksia mitä hankkeessa toteutettiin purkumallin ja uudelleenkäytettävän tietomallin luonnissa.

### Tietojen tuottaminen natiivi ohjelmistossa

Natiivimallissa tietojen lisääminen tapahtuu objektien (familyjen) kautta. Tämä tarkoittaa, että oletusobjekteissa oleva tieto ei riitä sellaisenaan, vaan purkuhanketta varten täytyy luoda tarvittavat tietokentät jokaiseen objektiin erikseen tai määritellä projektiin projektiparametrit, jotka automaattisesti lisäävät tarvittavat tietokentät objekteihin. Tämä on nopein ja varmin tapa saada tietosisältö objekteihin.

Hankkeessa testatut tietosisällöt koskevat tarkkuutta, laatua ja kierrätettävyyttä ja näille tietokentille luotiin erilaiset luokitusasteet. Luokittelutasot määritettiin käytettävän lähtötiedon tarkkuudelle ja objektin mallinnuksen tarkkuudelle. Kierrätettävyydelle luotiin yhteistyössä UURAKET hankkeen kanssa kierrätettävyyden luokittelu asteikko.

Luodut arvot esitetty taulukossa 5

| Mittaustarkkuuden tietosisältö                                      | Mallinnustarkkuuden tietosisältö                                      | Kierrätettävyyden tietosisällön luokitukset                             |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 0. Mitattu<br>1. Osittain mitattu<br>2. Piirustukset<br>3. Arvioitu | 0. Mitatun mukaisesti<br>1. Mittatarkkuudesta poikettu<br>2. Arvioitu | Ei tiedossa<br>Luokka 1<br>Luokka 2<br>Luokka 3<br>Luokka 4<br>Luokka 5 |

Taulukko 5: Testatut purkumallinnuksen tietosisällöt

Tietojen määrittäminen havaittiin tärkeäksi juuri purkumallinnuksen luonteen vuoksi. Ensinnäkin on tärkeä pystyä erottelemaan objektin lähtötietojen mittaustarkkuus. Usein jouduttiin tilanteisiin, että skannauksen pistepilvi ei voinut osoittaa tarkkaa mitattua etäisyyttä objektien välillä ja tällöin jouduttiin joko päättämään tai katsomaan piirustuksista rakenteiden mittasuhteita. Tämä on tärkeä tieto, kun mietitään määrälaskentaa, että kuinka tarkka tuotettu malli on. Toiseksi huomattiin myös mallinnustarkkuuden olevan tärkeä tekijä. Skannaus data antoi monesti pientä mittapoikkeamaa ja heittoa todellistan rakenteiden elämisen ja asennuksen takia. Kuitenkin mallinnuksellisesti ja purkua ajatellen on tuottavampaa mallintaa esimerkiksi seinälinjat ehyinä pintoina. Tästä syystä on tärkeä kirjoittaa objekteille, että onko mallinnettu mittauksen mukaan vaiko siitä poiketen.

Kierrätettävyyden luokituksessa hyödynnettiin UURAKET hankkeen luokittelumäärittäystä.

- Luokka 1: Rakennusosa on vaurioitunut tai ei muuten sovellu sellaisenaan uudelleenkäytettäväksi
- Luokka 2: Rakennusosa on uudelleenkäytettävissä, mutta se edellyttää merkittävää kunnostusta tai rakennusosa on ominaisuuksiltaan sellainen, että uudelleenkäyttö ei lähtökohtaisesti ole suositeltavaa.
- Luokka 3: Rakennusosa on kunnoltaan vähintään tyydyttävä ja se on uudelleenkäytettävissä sellaisenaan tai kevyellä kunnostuksella. Rakennusosa on irrotettavissa ehjänä kohtuullisin menettelyin.
- Luokka 4: Rakennusosa on hyväkuntoinen ja se on uudelleenkäytettävissä sellaisenaan eikä sen kuntoon (esimerkiksi kontaminoituminen vaarallisilla aineilla) liity havaittuja riskejä. Rakennusosa on irrotettavissa ehjänä kohtuullisin menettelyin.
- Luokka 5: Rakennusosa on uutta (nykymääräysten edellyttämää) vastaavassa kunnossa ja irrotettavissa ehjänä kohtuullisin menettelyin.

Näitä tietoja käytettiin myös Trimble Connectissa tiedon rikastamisessa ja kenttätestauksessa. Kierrätettävyydskartoituksessa voidaan mobiilisti rikastaa tieto objekteille käyttäen samoja parametreja ja arvoja, jotta kartoituksen jälkeen mallintaja voi tarkentaa natiivimallissa tiedot kohdilleen.

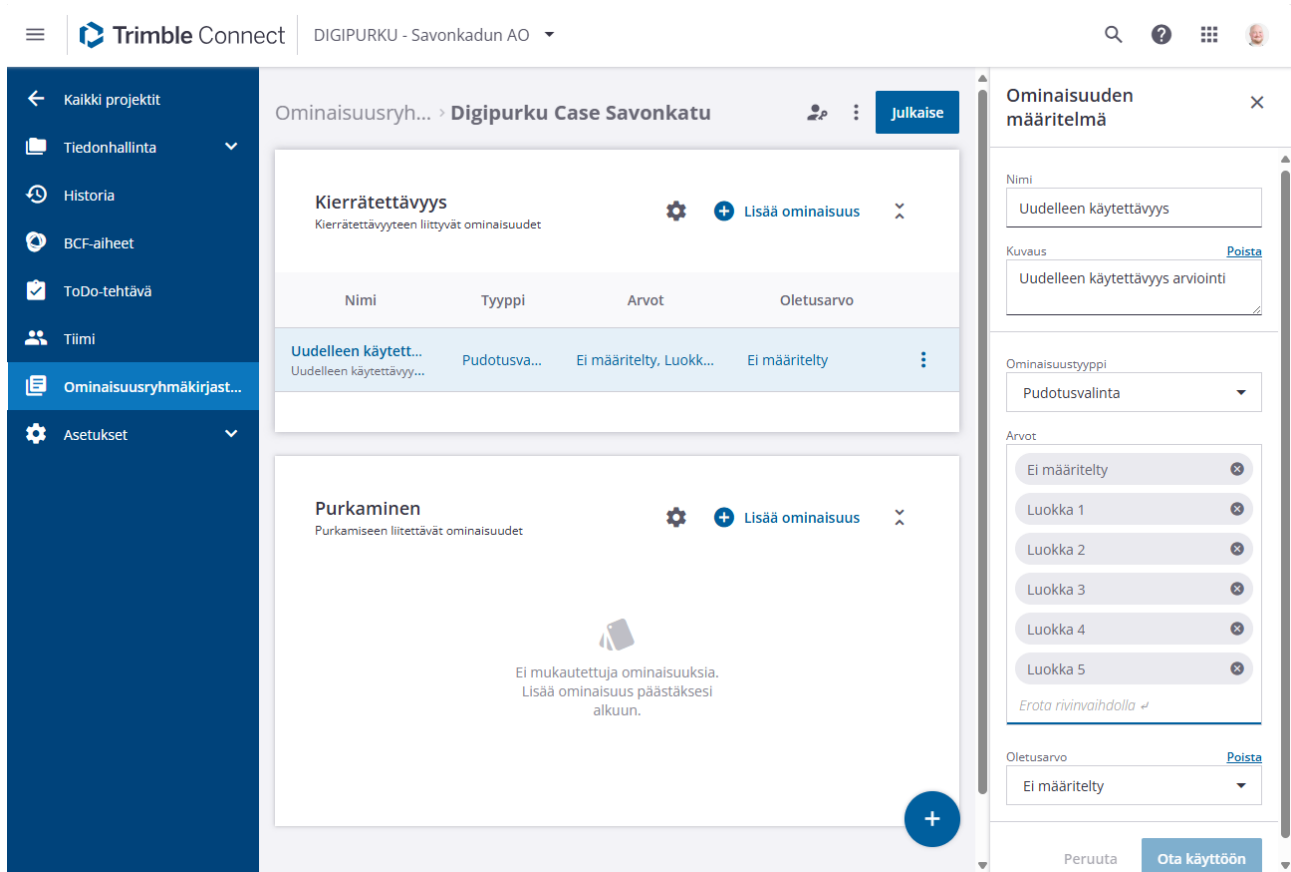
Määriin ja materiaaleihin liittyvät tietosisällöt lisätään objekteihin objektitasolla eli objektit joko tehdään alusta alkaen itse tai muokataan olemassa olevia objekteja. Jotta tietosisältö olisi keskenään yhteensopivaa, täytyy tietosisältöjen perustua jaettuihin parametreihin (Shared Parameters). Tällä tavoin varmistetaan, että tietosisältö on sama kaikissa objekteissa, riippumatta siitä mihin kategoriaan itse objekti kuuluu.

Jotta tarvittavat määrät objekteista saadaan luetteloitua tarvittavalla tarkkuustasolla, joutuu esimerkiksi ikkunoihin ja oviin tekemään objektitasolla laskenta kaavoja, jotka laskevat esimerkiksi elementin osan tilavuuden. Tämän tiedon avulla voidaan projektin puolella tehdä luetteloissa laskentakaavoja hyödyntämällä lisälaskentaa. Tosin tällä hetkellä rajoitteena Revitin luetteloissa tai IFC-exportissa se, että laskentakaavoilla saadut tiedot eivät kovin hyvin tai ollenkaan siirry IFC-formaattiin.

## IFC tietosisältöjen rikastaminen

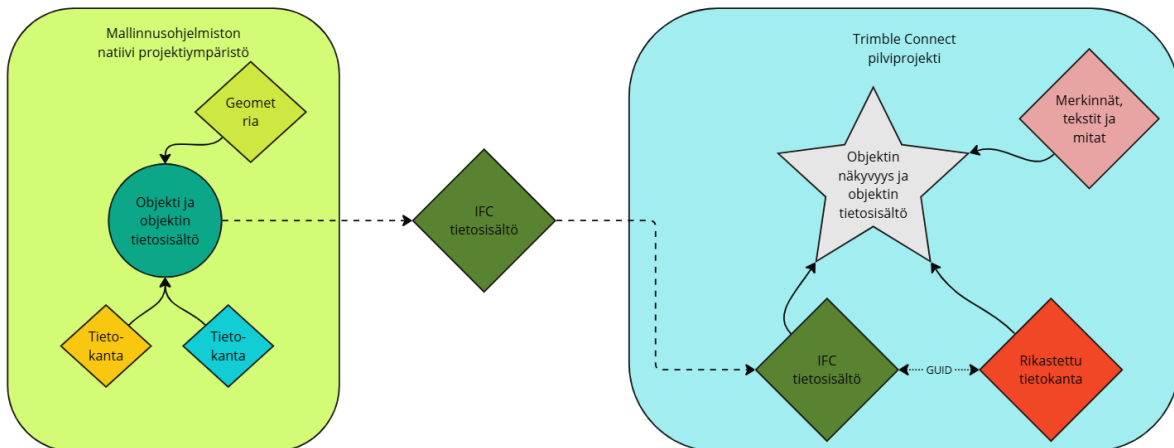
Tutkimuksen toteuttamisessa huomattiin, että purkukohteen kaikkia tietoja ei voida tunnistaa ja tietää vielä mallin luonnin yhteydessä, vaan tietoa syntyy, kun hanketta valmistellaan ja kohteen tutkimukset etenevät. Tämän takia tiedon rikastaminen hankkeen etenemisen aikana on tärkeä ja oleellinen asia tietomallien käyttäjille. Ongelmaksi kuitenkin syntyy nopeasti se, että tietomallien käyttäjät hyödyntävät vain IFC muodossa olevia tietomalleja eikä käsittele alkuperäistä mallinnusohjelmistoa, jolla natiivimalli luodaan. IFC-formaatti taas itsessään on muoto, jonka tietosisältöjä ei ole helppo muuttaa ilman siihen soveltuvia ohjelmistoja (kuten SimpleBIM), jotka eivät taas tue samalla tavalla mallien hyödyntämistä ja tutkimista kuin katseluohjelmat.

Hankkeessa pilotointi ohjelmaksi valittiin Trimble Connect ohjelmisto koska se mahdollistaa IFC tietojen rikastamisen ohjelman pilviprojektissa. Connect ohjelmiston avulla käyttäjä voi itse luoda uusia tietokenttiä objekteille ja antaa niihin haluttuja tietoja joko valmiista alasetvalikoista tai kirjoittamalla haluttuja tietoja. (Kuva 3)



Kuva 3. Trimble Connect ominaisuuskirjasto esimerkki.

Tällä tavalla tietomallien loppukäyttäjä (tässä tapauksessa esimerkiksi purku-urakoitsija, kartoittajat, tutkijat, projekтинjohto) voivat itse rikastaa hankkeen tietomalleja objektikohtaisesti ja tiedot ovat käytettävissä ja raportoitavissa samalla tavalla kuin mallintajan luomat tietokentät natiivimallissa. Tieto on tallennettu Trimble Connectin sisäiseen tietokantaan täydentämään IFC-tiedoston tietokantaa. Tiedot linkittyvät yhtenäiseen muotoon IFC objektien GUID tiedon avulla. (Kuva 4)



Kuva 4. IFC tiedon rikastamisen kaavio

Ongelmaksi ilmeni, että tiedot eivät kuitenkaan tallennu suoraan IFC tiedostoon tai alkuperäiseen natiivi ohjelmiston objekteihin. Tämä vaatii edelleen mallintajan työtä valita muokattavat objektit, määrittää niille uudet tietokentät ja tuottaa vastaava tieto natiiviohjelmiston objekteille. Työnä tämä ei ole suuri panostus kopioida tietokenttiä. Näin IFC malli voidaan uudelleen julkaista ja siirtää Trimble Connect projektin ulkopuolelle sisältäen loppukäyttäjän täydentämät asiat. Ongelmalliseksi kuitenkin ilmeni, että kopioinnin ja IFC tiedoston uudelleen julkaisun jälkeen tietokentät löytyvät tuplana Trimble Connectista. Tämän takia hankkeessa on tärkeä yhteisesti tietomallien käytöstä ja tietojen täydentämisestä hankkeen aikana.

## Tietojen hyödyntäminen

Seuraavissa kappaleissa on tuotu esiin tutkimushankkeen aikana selvinneitä purkumallin tietojen hyödyntämiskäyttötapauksia. Vastaavia käyttötapauksia on varmasti paljon enemmän mutta seuraavat aiheet nousivat parhaiten esille.

## ***Materiaalien kierrätys***

Yleisin tapa vähentää rakennuksen purun CO2 päästöjä on kierrättää rakennuksen materiaaleja. Usein tämä tarkoittaa esimerkiksi betonimurskeen käyttöä tiepohjana tai raudotteiden / teräsrakenteiden uudelleen sulattamista.

Tietomallien tietosisältö voidaan materiaalien kierrättämisessäkin hyödyntää. Kaikki laskenta ja arviointi perustuu määrälaskentaan ja tämä voidaan toteuttaa hyödyntäen tietomallien geometriaa sekä materiaalitietoja. Riippuen tietomallin tarkkuudesta sekä rakenteiden oikeasta tyypityksestä, voidaan tietomalli objektin geometria tietoja hyödyntää erilaisten määrälaskentojen toteuttamiseen. Tässä asiassa tutkimuksessa huomattiin kuitenkin merkittävä haaste.

Tietomallin lähtötiedot (vanhat piirustukset, 3D skannaukset, kartoitukset) eivät aina anna riittävän tarkkaa tietoa rakenteiden tyypityksistä ja käytetyistä materiaaleista. Piirustuksissa ei aina ole

määritetty jokaisen seinän, väli-, ylä- ja alapohjan kerroksia ja materiaaleja ja purettavissa rakennuksissa on usein tehty korjauksia ja muutoksia, joita piirustuksessa ei ole. Eli käytettävä lähtötieto mallinnukseen ei vastaa todellisuutta ja monia tietoja joudutaan arvioimaan, päättelämään tai arvaamaan. Vasta tarkemmat koeporaukset, avaamiset ja tutkimukset voivat varmentaa rakenteet ja sitä kautta tarkentaa mallin tietosisältöä ja määrälaskentaa.

### ***Materiaalin määrälaskenta kierrätystä ja CO2 laskentaa varten***

Rakennuksen materiaalien määrälaskenta on jokaisen projektin kriittisiä toimia niin uudis-, korjaus- tai purkuhankkeissa. Kustannukset, toimitukset, aikataulu ja muut laskennat sidotaan usein määrälaskennan tuloksiin ja vaikuttaa sitä kautta hankkeen toteutukseen. Tietomallipohjainen määrälaskenta on uudisrakentamisessa jo normaali toimintatapa vaikkakin automaattista laskentaa joudutaan usein vielä manuaalisesti varmentaa ja täydentää. Tietomalleista on kuitenkin käytettävissä hyvinkin tarkat määrät eri muotoisina ja yksikköinä, mutta tämä vaatii hyvää ja vakioimuotoista mallintamista. Jotta määrätietoon voidaan luottaa, tulee geometria, laskenta, tietosisältö ja tyypitys olla yhdenmukaista sekä mallintajalla että määrälaskijalla.

Kun ajatellaan purkurakentamista, niin määrät ovat siinä myös hyvin oleellisessa roolissa. Purettavan rakennuksen massat tulee voida luotettavasti arvioida / laskea purkutarjousta antaessa ja syntyviä jätemääriä myös valvotaan tarkasti. Urakoitsijan tulee toteuttaa purettavasta rakennuksesta luotettavat selvitykset ja laskelmat purkamisesta syntyvästä jätteestä ja ilmastovaikutuksista eli CO2 päästöistä.

Purkumallista tuotettu määrälaskenta on kuitenkin haastavaa. Lähtötietojen laajuuden mukaan malli voidaan toteuttaa vain tiettyyn tarkkuustasoon asti. Jos esimerkiksi rakennetyyppejä ei voida tunnistaa tai määrittää niin määrälaskennan luotettavuus laskee merkittävästi. Vanhat piirustukset eivät välttämättä ole ajantasaisia, jolloin luotettavuuden takia tarvitaan vähintään kohdekäynti ja kartoitus tai skannaus. Kerrokselliset rakenteen mallinnetaan usein vain yhtenä objektina, jolloin määrät ovat korkeitaan suuntaa antavia. Suuret rakenteet ovat selkeitä mutta esimerkiksi ikkunat ja ovet ja muut detalji rakenteet tuottava paljon purkumateriaalia, jota ei voida sellaisenaan mallista laskea. Usein näissä tapauksissa hyödynnetään vain suhteellisia arvoja.

CO2 laskentaa varten tarvitaan hankkeen eri materiaalien määrät ja tieto, miten materiaaleja kierrätetään tai menevätkö ne loppusijoitukseen. Tämä tieto on siis tärkeä liittää malliin. Laskennoissa käytettävät yksiköt vaihtelevat ja sisäkkäin olevia rakenteita ei usein mallinneta, jonka takia laskenta tulee usein joka tapauksessa luoda erilaisilla laskentaohjelmistoilla.

### ***Purkuprosessin hallinta***

Purun aikana ja purun suunnittelussa digitaalisia tietoja ja tietomalleja voidaan hyödyntää monellakin eri tapaa. Ennen varsinaista purkua tulee suunnitella, miten purkaminen voidaan toteuttaa turvallisesti ja tehdä sitä varten tarvittavat rakennesuunnitelmat. Tässä voidaan hyödyntää tietomallien antamaa geometria sekä materiaali tietoja ja käyttää uudissuunnittelussa käytössä olevia rakennelaskenta ohjelmistoja. Väliaikaiset tuennat voidaan suunnitella, laskea ja hahmottaa tietomalliin visuaalisen ymmärtämisen helpottamiseksi.



Purkujärjestys voidaan suunnitella ja visualisoida tehokkaasti tietomallien avulla. Jokaisella purettavalle rakennusosalle voidaan asettaa purkuaika, toteutustapa, purkaja jne. ja vastaavasti rakennettaville väliaikaisille tuennoille ja rakenteille voidaan esittää vastaavat asiat. Näiden tietojen avulla koko hankkeen aikataulu voidaan esittää 4D simulaationa ja näin varmistaa turvallinen ja tehokas purkuaikataulu ja -järjestys.

Purun aikana on todella tärkeä tutkia ja tunnistaa rakennuksen haitta- ja vaaralliset aineet. Kun haitta-ainekartoitus tehdään niin tutkinta pisteet voidaan esittää tietomallissa ja tietomallien objekteihin voidaan tallentaa tunnistetut aineet. Nämä on helppo visualisoida ja purku voidaan suunnitella ja toteuttaa turvallisesti.

### ***Rakennusosien uudelleenkäyttö***

Kun kierrättämisestä halutaan siirtyä laajempaan rakennusosien uudelleenkäyttöön, tulee tietomallien tietosisältö huomattavasti tärkeämpään rooliin. Tällöin tärkeintä on tuottaa ja täydentää tarkentuvaa tietoa koko purkuhankkeen ajan. Lähtötiedot, tutkimukset, kartoitukset, purkaminen, kuljetukset, kunnostukset, varastoinnit jne. tiedot tulee olla tallennettuna tai linkitettyinä tietomalli objekteihin, jotta rakennusosia voidaan hyödyntää uusisuunnittelu tietomallien avulla. Tutkimushankkeessa tuloksia yhdistettiin vahvasti **UURAKET** ja **RECREATE** hankkeen kanssa.



## Tulokset

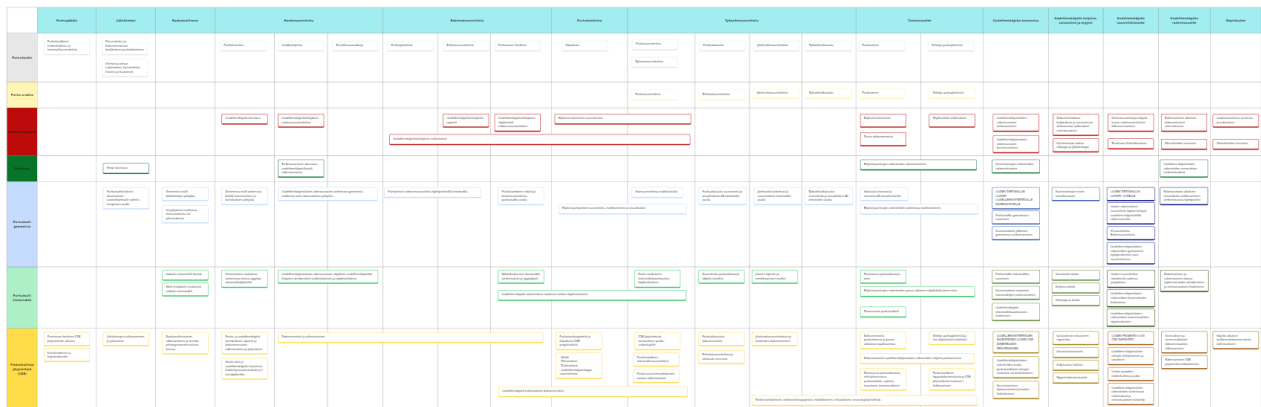
Seuraavissa kappaleissa on nostettu esiin tämän tutkimuksen merkittävimmät tulokset ja tuotokset mitä tutkimushankkeen aikana toteutettiin.

### Mallinnus- ja tiedonhallintaprosessi purkurakentamisessa

Tutkimushankkeen toteutuksen aikana viiteryhmien keskusteluissa selvisi nopeasti, että purkurakentamisen prosessissa ei ole tutkittu tai kehitetty tarkemmin mallinnuksen tai tiedonhallinnan prosesseja. Joitain alustava tutkimuksia asiasta oli luotuna mutta keskittyivät usein vain hyvin kapeaan sektoriin. Tämän takia hankkeessa kehitettiin case esimerkki, miten purkuhankkeen tiedonhallinta, tiedon tuottaminen ja tietomallintaminen toimisi.

Projektin edetessä yhteistyö UURAKET hankkeen kanssa toi paljon ymmärrystä uudelleenkäytettävyyden vaatimuksista ja tehtävistä hankkeen aikana. Tästäkään ei ole olemassa selkeää prosessikuvausta, joten uudelleenkäytön tehtävät ja datan hallinta otettiin mukaan prosessikuvaukseen.

Prosessikuvaaja rakennettiin seuraamaan nykyistä purkurakentamisen hankekuvausta, jota myös täydennettiin uusilla vaiheilla lähtötietojen tuottamisen ja uudelleen käytettävyyden ja uusisuunnittelun osalta. Kuvaajan uimaradoille valittiin erityisesti digitaalisuuteen, skannaukseen, tietomallintamiseen ja tiedonhallintaan rivit. Näille riveille luotiin tarvittavat tehtävät oikeisiin vaiheisiin hankkeissa. Kokonaisuus esitetty kuvassa 5 ja tarkemmin prosessikaavio on liitteessä 1.



Kuva 5: Purkuhankkeen tietomallinnus ja tiedonhallinta prosessikaavio

Prosessikaavio antaa siis laajan ja kattavan case esimerkin miten eri digitaaliset prosessit sopivat purkuhankkeen prosessikaavioon. Kaaviota laajennettiin huomioimaan myös purkamisen jälkeiset tapahtumat rakennusosien uudelleenkäytön osalta. Tehtävät kaaviossa on luotu ja toteutettu Digipurku hankkeen toimijoiden kesken ja uudelleenkäytettävyyden uimarataan tehtiin yhteistyötä UURAKET hankkeen kanssa. Prosessikaavio on tällä hetkellä teoreettinen eikä hankkeen tutkimuksessa pystytty prosessia kokeilemaan, vaan tämä katsottiin olevan jatkotutkimuksen oma aihe.

Kaaviossa on tärkeä huomioida kuinka lähtötietojen, skannausten, kartoitusten ja tutkimusten täydentyessä tietomallia tarkennetaan ja täydennetään vaiheittain koko prosessin ajan. Kaiken



toiminnan pohjalla on älykäs tiedonhallintaympäristö CDE, joka palvelee koko hankkeen ajan datan käsittelyn alustana. Siksi CDE ympäristön luominen heti hankkeen alussa on hyvin tärkeässä roolissa koska sen päälle voidaan kaikki muu toiminta rakentaa.

Toinen tärkeä huomio mikä prosessikaavion luonnin yhteydessä tuli ilmi, että kohteen purun jälkeen vastuut toiminnasta siirtyvät eri toimijoille. Tässä vaiheessa on hyvä myös, että CDE järjestelmä, tietomallit ja datan käsittely siirtyvät vastuun mukana (Kuva 6). Esimerkiksi puretun rakennuksen koko tietomallia ei enää tarvita uudelleenkäytettävien osien kunnostuksen, varastoinnin ja myynnin aikana vaan ainoastaan kierrätettävien osien osalta. Tällöin uusi tietomalli tulee luoda palvelemaan tätä tarkoitusta. Sama vaihdos tapahtuu, kun uudelleenkäytettävät rakennusosat siirtyvät osaksi uusisuunnittelua, joka tulee tietenkin tuottaa omaan uuteen tietomalliin. Tämä sama pätee tiedonhallintaympäristön kanssa. Oleellinen tehtävä onkin siis varmistaa datan siirto erivaiheiden, tietomallien, ohjelmistojen ja järjestelmien välissä.





| Uudelleenkäytön kunnostus                                                                                                                                                                                                                            | Uudelleenkäytön kuljetus, varastointi ja myynti                                                                                                         | Uudelleenkäytön suunnitteluvaihe                                                                                                                                                                                                                                                              | Uudelleenkäytön rakennusvaihe                                                                                              | Käyttövaihe                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                            |                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                            |                                                                                    |
| <div>Uudelleenkäytettävien rakennusosien tarkastaminen</div> <div>Uudelleenkäytettävien rakennusosien kunnostaminen</div>                                                                                                                            | <div>Dokumentoidaan kuljetuksen ja varastoinnin aiheuttamat vaikutukset ominaisuuksiin</div> <div>Varmistetaan tiedon säilyvyys ja jäljitettävyys</div> | <div>Ominaisuustietojen käyttö osana uudisuunnittelun dokumentaatiota</div> <div>Tarvittavia lisätutkimuksia</div>                                                                                                                                                                            | <div>Rakentamisen alkainen dokumentointi asennuksesta</div> <div>Olosuhteiden seuranta</div>                               | <div>Laadunvarmistus seuranta ja tutkiminen</div> <div>Olosuhteiden seuranta</div> |
| <div>Kunnostettujen rakenteiden tarkemittaukset</div>                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <div>Uudelleen käytettävien rakenteiden asennuksen tarkemittaukset</div>                                                   |                                                                                    |
| <div>UUDEN TIETOMALLIN LUONTI UUELLEENKÄYTETTÄVILLÄ RAKENNUSOSILLE</div> <div>Purkamallin geometrian tuominen</div> <div>Kunnostuksen jälkeisen geometrian tarkentaminen</div>                                                                       | <div>Kunnostettujen osien siirtoformaatti</div>                                                                                                         | <div>UUDEN TIETOMALLIN LUONTI UUELLE PROJEKTILLE</div> <div>Uuden rakennuksen suunnittelu täydennettynä uudelleen käytettävillä rakennusosilla</div> <div>AI suunnittelu. Erikoissuunnittelu</div> <div>Uudelleen käytettävien rakenteiden geometrian hyödyntäminen uusi suunnittelussa</div> | <div>Rakentamisen alkaisien muutoksien mallintaminen tarkemittauksta hyödyntäen</div>                                      |                                                                                    |
| <div>Purkamallin tietosisällön tuominen</div> <div>Kunnostuksen mukaisen tietosisältöjen tarkentaminen</div> <div>Uudelleenkäytön tietosisältövaatimusten lisääminen</div>                                                                           | <div>Varastointi tiedot</div> <div>Kuljetus tiedot</div> <div>Omistajuus tiedot</div>                                                                   | <div>Uuden suunnittelun tietokentät uudessa projektissa</div> <div>Uudelleen käytettävien rakenteiden historiatiedon lisääminen</div> <div>Uudelleen käytettävien rakenteiden ominaisuuksien täydentäminen</div>                                                                              | <div>Rakentamisen ja rakentamisen aikana täydennettävien tietokenttien ja ominaisuuksien lisääminen</div>                  |                                                                                    |
| <div>UUELLEENKÄYTETTÄVIEN RAKENTEIDEN UUDEN CDE JÄRJESTELMÄN PERUSTAMINEN</div> <div>Uudelleenkäytettävien rakenteiden osalta purkuhankkeen tietojen tuominen tai linkittäminen</div> <div>Kunnostamisen dokumentointi ja tiedon linkittäminen</div> | <div>Varastoinnin olosuhteet raportoitu</div> <div>Varasto inventaario</div> <div>Kuljetusten hallinta</div> <div>Myynti dokumentaatio</div>            | <div>UUDEN PROJEKTIN UUSI CDE YMPÄRISTÖ</div> <div>Uudelleen käytettävien tietojen linkittäminen ja tuominen</div> <div>Uuden projektin tiedonhallinta ja jako</div> <div>Uudelleen käytettävien rakenteiden tarkentavat tutkimukset ja ominaisuuksien käsittely</div>                        | <div>Asennuksen ja asennusalkaisen dokumentaation tallentaminen</div> <div>Rakentamisen CDE ympäristön linkittäminen</div> | <div>Käytön alkaisen tutkimusdokumentaation tallentaminen</div>                    |

Kuva 6: Prosessikaavion vaiheet, jolloin uusi tietomalli ja CDE järjestelmä luodaan



## **Purkumallinnuksen mallinnusohje**

Hankkeen kokeilukohteiden tietomallinnuksen aikana tutkittiin purkumallinnukseen soveltuvaa tietomallintamisen käytäntöjä, jotka poikkeavat normaalista uudissuunnittelun tietomallintamisesta. Hankkeen yhdeksi tavoitteeksi asetettiin luoda kokeilukohteiden pohjalta case esimerkki purkumallinnuksen mallinnusohjeesta auttamaan tulevaisuuden tutkimushankkeiden eteenpäin viemistä sekä todellisten kohteiden pilotointia. Hankkeen mallinnusohje on jaettu erillisiin kappaleisiin, joissa nostetaan erityisesti purkuhankkeen erikoistavoitteet ja piirteet esiin.

### ***Tietomallisuunnitelma***

Tietomallinnetun uudiskohteen suunnittelun alussa luodaan aina hankkeen tietomallisuunnitelma, joka toimii koko hankkeen tietomallintamisen ohjaavana dokumenttina. Tietomallisuunnitelmassa tuodaan esiin hankkeen tietomallintamisen tavoitteet, vaatimukset mallintamiselle ja tietosisällölle, kuvaus miten tietomalleja käytetään ja mitä suunnitelmia tuotetaan mallintamalla ja kuinka nämä yhteensovitetään. Tietomallisuunnitelma luo pohjan yhdenmukaiselle ja tavoitteet täyttävälle suunnittelulle eri suunnittelualojen kesken ja sen avulla sovitaan yhteisistä pelisäännöistä hankekohtaisesti. Tietomallisuunnitelman luo yleensä hankkeen tietomallikoordinaattori yhdessä hankkeen rakennuttajan / tilaajan kanssa ja se on usein osa suunnittelupakettien asiakirjoja.

Purkumallintaminen on vielä vahvasti kehitysasteella olevaa toimintaa, joten tähän ei ole olemassa vakioituja käytäntöjä eikä dokumentteja. Siksi myös mitään valmiita pohjia tietomallisuunnitelmalle ei ole olemassa. Tutkimuksessa kuitenkin tuli hyvin ilmi se, että mallintamisen lähtötiedot, CDE järjestelmät, aloituspohjat, vaatimukset, tarkkuustasot ja tietosisällöt ovat hyvin kohdekohtaisia määrittymiä ja siksi myös purkumallien toteutukselle olisi tärkeä hankkeen alussa luoda kohdekohtainen tietomallisuunnitelma, jossa useat asiat voidaan etukäteen miettiä ja ratkaista. Tämä myös hyvin vakioisi purkumallintamista ja toisi sen mahdollisuudet paremmin esiin.

### ***Lähtötiedot***

Mallinnuksen ja kohteen lähtötiedot nousivat kriittisen tärkeiksi ajatellen purkumallinnusta. Purkumallinnus tulee pystyä toteuttamaan nopeasti ja riittävällä tarkkuudella ja tätä varten tarvitaan hyvät lähtöaineistot. Nopean raakamallinnuksen vuoksi on tärkeä saada purettavan rakennuksen piirustukset PDF ja/tai DWG muodossa, jotta tietomalli voidaan alustaa nopeasti. Piirustuksista tarvitaan minimissään pääpiirustustason taso- ja leikkauspiirustukset sekä rakennetyypit.

Hankkeen edetessä lähtötietoja on hyvä täydentää ja tarkentaa tehtyjen tutkimusten ja kartoitusten mukaisesti. Haitta-aine, purku ja uudelleenkäyttö kartoitukset antavat paljon lisää hyödynnettävää dataa, jota voidaan täydentää malliin. Mikäli hankkeessa tuotetaan skannauksia niin erilaiset pistepilviaineistot, nukkekotimallit ja kuvat ovat tärkeitä tiedonlähteitä mallintamiselle.

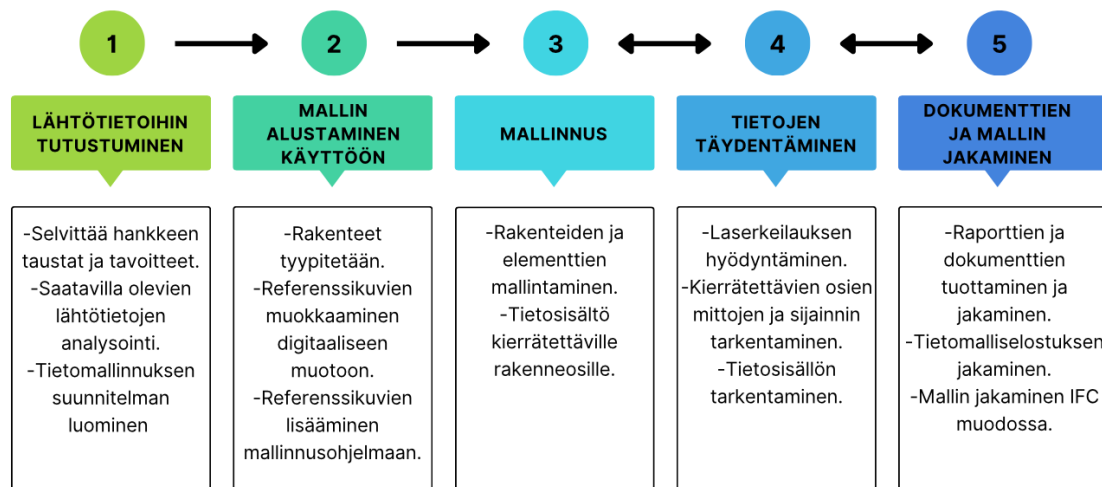
### ***Mallinnus järjestys ja vaiheet***

Purkumallinnuksessa on tärkeä huomioida mitä mallinnetaan ja missä vaiheessa hanketta. Mallinnuksen prosessikuvauksessa (liite 1) on tuotu tarkemmin esiin, miten tietomallintaminen tulee jakaa eri vaiheisiin purkuhankkeen aikana koska eri vaiheissa tarvitaan tietomallia eri tarkoituksiin. Tämän takia ei ole kustannustehokasta mallintaa purettavan rakennuksen tietomallia

heti alussa kovin tarkasti vaan karkeampi raakamallinnus tuottaa jo massoitteluun ja määrälaskentaa soveltuvan tietomallin. Kun hanke etenee ja esimerkiksi uudelleenkäytettävyysskartoitus osoittaa mitä rakenteita tullaan kierrättämään ja millä tavalla, voidaan tarkempaa mallinnusta kohdentaa vain näihin objekteihin.

Mallintaminen on siis hyvin vaiheittain tarkentuvaa ja iteroituvaa prosessia mikä eroaa merkittävästi uudissuunnittelun tietomallintamisesta. Karkeasti purkurakennuksen mallintaminen voidaan jakaa viiteen eri päävaiheeseen, jotka kuvattu alla olevassa kuvassa 7. Vaiheet ovat, 1. lähtötietoihin tutustuminen, 2. mallin alustaminen käyttöön, 3. mallinnus, 4. tietojen täydentäminen ja 5. dokumenttien ja mallin jakaminen.

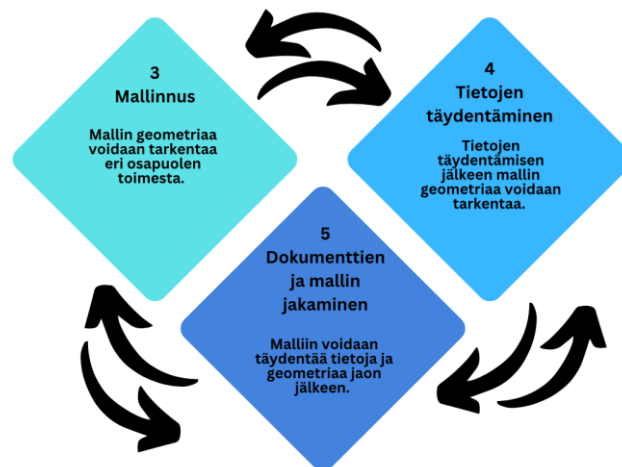
## Mallintajan työvaiheet



Kuva 7. Purkumallinnuksen mallintajan työvaiheet (Antti Virolainen opinnäytetyö)

Vaiheet 3–5 kiertää kehää tai liikkuu mahdollisesti edestakaisin vaiheiden välillä. Olennainen huomio hankkeen vaiheistuksesta on, että tietoa tulee lisätä mahdollisesti useassa vaiheessa malliin ja tämä on täysin hyväksyttävää ja mahdollista toteuttaa tehokkaasti. Vaiheistus tulee suunnitella niin, että saadaan järkevässä kohtaa projektia täydennettyä tarpeeksi tietoa kerralla ja oikea aikaisesti projektiryhmän käyttöön. Seuraavassa kuvassa 8 työvaiheiden kierto tiedon täydentämisessä.

## MALLINTAJAN TYÖVAIHEET 3-5



Kuva 8. Purkumallinnuksen toistuvat työvaiheet (Antti Virolainen opinnäytetyö)

Aikaisessa vaiheessa tehty raakamalli mahdollistaa myös mahdollisten objektien teon, joita todennäköisesti mallissa myöhemmässä vaiheessa tarvitaan ja joita ei ole purkumallinnus aloituspohjassa eikä siihen tarkoitettussa peruskirjastossa. Aikainen raakamallin teko myös mahdollistaa paremman kommunikoinnin jo aikaisessa vaiheessa mallintajan/mallintajien sekä skannaajien että mahdollisten mallin jatkokäyttäjien kesken.

Koska malliversioitu tullaan luomaan useita purkuhankkeen aikana, niin on hyvä sopia yhteisistä mallin nimeämiskäytännöistä. Kullekin vaiheelle on hyvä nimetä erillinen malli, jotta tarvittaessa niihin voidaan sitoa esimerkiksi urakoita tai päätöksiä. Nimiehdotuksina voisi olla esimerkiksi raakamalli, määrälaskenta malli, purkusuunnittelu malli, purkumalli, uudelleenkäyttö malli jne.

Eri mallien osalta on tärkeä sopia milloin ja missä vaiheessa ne julkaistaan. Tässä yhteydessä voidaan soveltaa uudisrakentamisesta tuttua käytäntöä tuottaa tietomalliseloste aina julkaisun yhteydessä. Nyt kun purkumallintamisessa käsitellään objekteja eri tietosisällöillä ja tarkkuustasoilla niin tietomalliselosteen luominen on entistä tärkeämpää, jotta kokonaisuus mallintamisen vaiheesta ja statuksesta saadaan selville.

### ***Aloituspohjat ja mallintamisen alustaminen***

Tutkimuksessa todettiin, että kattavia ja soveltuvia valmiita kirjastoja tai aloituspohjia ei ole tällä hetkellä saatavana, joten tämä on työtä, johon pitää varautua purkumallinnuksen yhteydessä. Kun hanketta työestetään eteenpäin niin hankkeen tavoitteiden mukaisesti uusia tietosisältöjä joudutaan määrittämään tai uusia mallinnus työvälineitä kehittämään. Vasta kun useampi hanke on toteutettu, voidaan eri hankkeiden pohjalta luoda valmista aloituspohjaa suunnitteluohjelmistolle. Tässä hankkeessa luotiin esimerkki aloituspohja Autodesk Revit ohjelmistolle, mutta sekään ei vastaa todellisen projektin tarpeita, vaan sitä tulee jatkokehittää.

## ***Geometria / tarkkuustaso***

Geometria ja tarkkuustaso määräytyvät mallinnusvaiheen mukaan. Purkuhankkeen alussa mallinnetaan yksinkertaistetusti massaperiaatteella, jotta saadaan rakennuksen koko ja määrät tietoon. Geometriaa ei myöskään mallinneta täysin vastaamaan pistepilveä, kuten tehtäisiin korjaus ja inventointimallinnuksessa, vaan rakennusosat mallinnetaan kohdakkain ja moduuliverkkoon keskeisesti sitoen. Tämä sen takia että millimetrin tarkkuus purkamisessa ei ole tarpeen vaan luotettavat vakio määrät ja mitat ratkaisevat. Mallin ei myös tarvitse olla samalla tarkkuustasolla kauttaaltaan vaan siinä voi olla merkittäviäkin eroavaisuuksia objektien geometria ja tietosisältö tarkkuudessa.

## ***Tietosisältö***

Tietosisältö tarkentuu mallinnusvaiheiden mutta myös hankkeen vaatimusten mukaisesti. Tietomallisuunnitelmassa voidaan esittää, tullaanko hankkeen purkumallia hyödyntämään uudelleenkäytön suunnittelussa tai materiaalien kierrätyksessä ja purkus suunnittelussa. Kukin vaihe näistä antaa omat täydentävät vaatimukset objektien tietosisällöille. Kaikkea tietoa ei ole merkityksellistä määrittää heti hankkeen alussa vaan vasta tarvittaessa, mutta missä vaiheessa luodaan tarvittavat attribuutit ja tietokentät objektien kirjastoon, vaikuttaa paljon mallintamisen nopeuteen ja joustavuuteen. Vähimmäistietosisältöä objektien oletustietojen lisäksi ovat tarkkuus, kierrätettävyyys, mittaustarkkuus, mallinnustarkkuus ja kuntoluokitus.

## ***Tietojen rikastaminen ja täydentäminen natiivimalliin***

Purkuhankkeen luonteeseen kuuluu, että tarkentavaa tietoa syntyy jatkuvasti, kun hanke prosessi etenee. Tarkentavat tutkimukset, mittaukset ja kartoitukset antavat jatkuvasti uutta dataa esimerkiksi CDE ympäristön kautta ja tätä dataa on hyvä täydentää myös alkuperäiseen natiivimalliin. Se miten dataa siirretään ja päivitetään natiivimalliin, riippuu paljon hankkeen tiedonhallintaympäristöstä ja käytettävistä ohjelmistoista ja niiden rajapinta työvälineistä. Tietomalleihin voidaan suoraan linkittää erilaisia järjestelmiä ja eri ohjelmistojakin mutta se vaatii hyvää suunnittelua jo hankkeen alussa. Nämä ovat tärkeitä tietoja kirjoittaan hankkeen tietomallisuunnitelmaan.

Esimerkki tilanne tiedonrikastamisesta ja täydentämisestä voi tapahtua esimerkiksi kartoitusten yhteydessä. Kartoittajan tehdessä kohdekäyntiä hän voi mobiililaitteen avulla tallentaa dataa, kommentteja, huomioita ym. suoraan CDE järjestelmään ja kohdentamaan kommentit suoraan joko piirustuksiin tai tietomalleihin. Hän voi myös valita tietomallista objekteja ja rikastaa objektien tietokenttiä paikan päällä kirjaamalla niille haluttuja tai ennalta valittuja arvoja. Hän voi myös ottaa kuvia ja liittää niitä eri kommentteihin ja huomioihin ja tarkentaa näin pistekohtaisesti aineistoa. Haitta-aine näytteet voidaan kohdentaa suoraan piirustuksiin ja kirjata näytteiden tunnuksat näkyviin. Kohdekäynnin jälkeen mallintaja voi kerätä kaiken tuotetun datan CDE ympäristöstä ja päivittää mallin objektien tiedot, mitat, tunnistet ym. ajantasaiseksi. Kun haitta-ainetutkimuksen tulokset saadaan, voidaan näytepisteiden mukaisesti päätellä haitta-aineiden sijainti ja laajuus ja tämä tieto on taas mallinnettavissa objekteille.

## Revit mallipohja

Hankkeen projektien tietomallien pohjalta luotiin aloituspohja sekä peruskirjasto Autodesk Revit-ohjelmistoon helpottamaan purkuhankkeiden tietomallinnusta.

Aloituspohjassa on informaatioarkki, jonka avulla voidaan ylläpitää projektin tietoja mm. siitä milloin erilaisia tulosteita ja tiedostoajoja on tehty, milloin on mallia päivitetty jne.

### DiGi- purku hanke

Ohjelmistoversio: Revit 2025.4

Mallinnus: Etunimi Sukunimi, tutkinto

Audit: 27/2/2025

Mallin päivitys: 27/2/2025

IFC-export: 27/2/2025

DWG-export: 27/2/2025

PDF-export: 27/2/2025

DWF-export: 27/2/2025

Projektiparametrit:

1. Tarkkuus
2. Mallinnustarkkuus
3. Laatu
4. Kierrätettävyys

Malli avattava kahden viikon välein  
Audit - toiminnolla, tällä tavoin saadaan  
pidettyä malli vakaana ja kompaktina.

Aloituspohjaan laadittiin valmiiksi luetteloita, joista saadaan selville mm. rakennusosien määriä. Luettelot luotiin seuraavista rakennusosista:

- Ala- ja välipohjat
- Ikkunat

- Ovet
- Palkit
- Pilarit
- Portaat
- Saniteettikalusteet
- Seinät - ei kantavat sisäseinät
- Seinät - ei kantavat ulkoseinät
- Seinät - kaikki seinät
- Seinät - kantavat sisäseinät
- Seinät - kantavat ulkoseinät

| <MÄÄRÄT Ala- ja välipohjat> |             |           |               |          |                       |                   |           |                    |                  |               |       |
|-----------------------------|-------------|-----------|---------------|----------|-----------------------|-------------------|-----------|--------------------|------------------|---------------|-------|
| A                           | B           | C         | D             | E        | F                     | G                 | H         | I                  | J                | K             | L     |
| Kerros                      | Rakennusosa | Pinta-ala | Mittatarkkuus | Tarkkuus | Mallinnuksen tarkkuus | Mallinnustarkkuus | TALO 2000 | KEYNOTE kierrätett | Kierrätettävyyys | KEYNOTE laatu | Laatu |

Rakennusosien lisäksi aloituspohjassa on valmiiksi luotu tilaluettelo, joka lajittelee tilat kerroksittain, mikäli tilaobjekteja purkumalliin lisätään.

| <TILAT> |      |           |
|---------|------|-----------|
| A       | B    | C         |
| KERROS  | NIMI | PINTA-ALA |

Perusluetteloiden lisäksi tehtiin keynote-luetteloita, joiden avulla saadaan esimääritetyt luokat valmiiksi mittaus- ja mallinnustarkkuuksille sekä laadulle ja kierrätettävyydelle. Esimääritellyt arvot näkyvät rakennusosissa parametreinä alusvetovalikoiden kautta.

Alla esimerkki. Kyseisistä keynote luetteloista

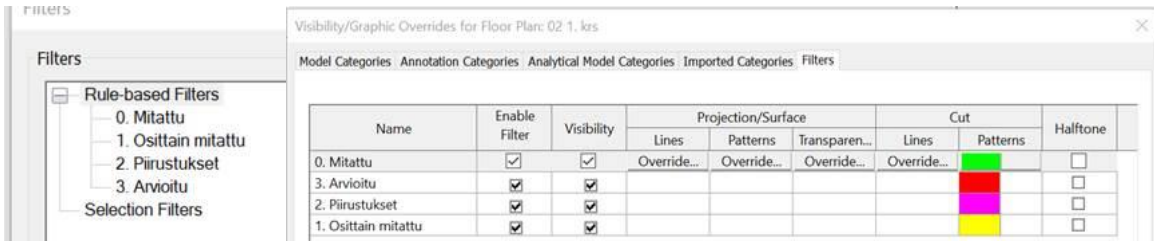
- KEYNOTE AP ja VP kierrätettävyyys
- KEYNOTE AP ja VP laatu
- KEYNOTE AP ja VP mallinnustarkkuus
- KEYNOTE AP ja VP mittatarkkuus

| <KEYNOTE AP ja VP mittatarkkuus> |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| A                                | B                   |
| Key Name                         | Tarkkuus            |
| 0. Mitattu                       | 0. Mitattu          |
| 1. Osittain mitattu              | 1. Osittain mitattu |
| 2. Piirustukset                  | 2. Piirustukset     |
| 3. Arvioitu                      | 3. Arvioitu         |

Edellä mainittujen luetteloiden lisäksi aloituspohjaan on luotu alustava CO2- luettelo, joka toimii Revitin sisällä auttavasti ja suuntaa antavasti, IFC:ssä luettelon tiedot eivät siirry eteenpäin. Kaikki luettelot ovat muokattavissa sen mukaan, miten Revit- ohjelmana kehittyy ja päivittyy.

| <CO2>                                       |          |                |                     |                    |                    |                   |                 |                  |                  |                        |                        |                        |                        |                        |                        |
|---------------------------------------------|----------|----------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| A                                           | B        | C              | D                   | E                  | F                  | G                 | H               | I                | J                | K                      | L                      | M                      | N                      | O                      | P                      |
| Objekt ja tyyppi                            | Tarkkuus | Materiali nimi | Materiali pinta-ala | Materiali tilavuus | Materiali tilavuus | Calculated weight | Materiali paino | Materiali CO2 AP | Materiali CO2 VP | Materiali CO2 AP ja VP | Materiali CO2 AP ja VP | Materiali CO2 AP ja VP | Materiali CO2 AP ja VP | Materiali CO2 AP ja VP | Materiali CO2 AP ja VP |
| CO2 kierrätettävyyden CO2 kierrätettävyyden |          | 0.000          | 0.000               | 0.000              | 0.000              | 0.000             | 0.000           | 0.000            | 0.000            | 0.000                  | 0.000                  | 0.000                  | 0.000                  | 0.000                  | 0.000                  |
| CO2 kierrätettävyyden CO2 kierrätettävyyden |          | 0.000          | 0.000               | 0.000              | 0.000              | 0.000             | 0.000           | 0.000            | 0.000            | 0.000                  | 0.000                  | 0.000                  | 0.000                  | 0.000                  | 0.000                  |

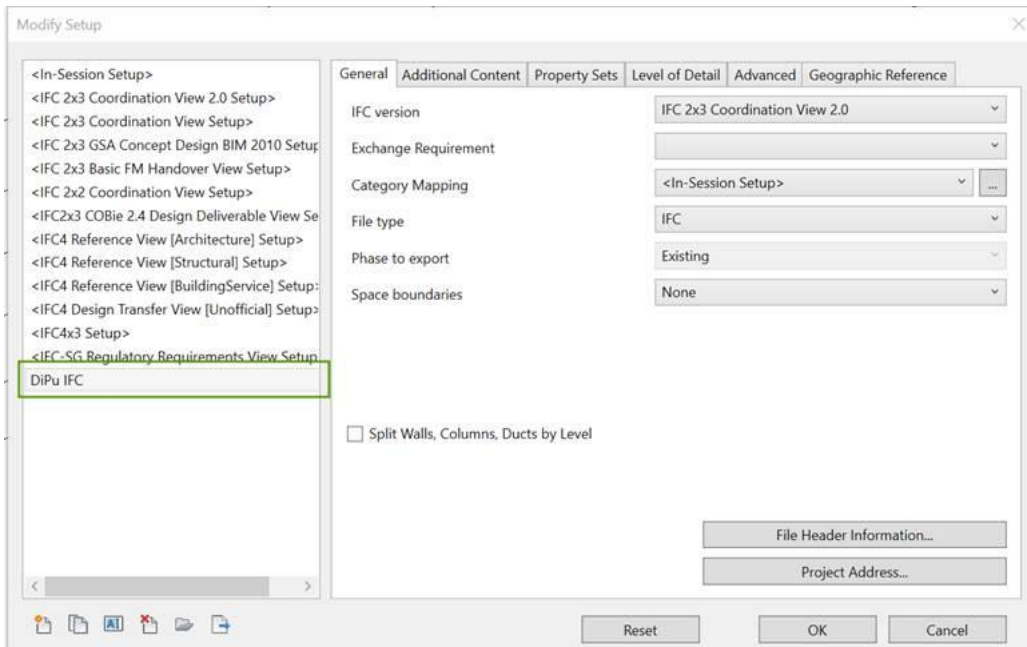
Jotta eri mittaustarkkuuksien mukainen esitystapa olisi helpompaa, on aloituspohjaan määritelty valmiiksi suodattimia, joiden avulla voidaan näkymissä eri mittaustarkkuudet esittää tietomallin eri rakennusosissa eri värein.



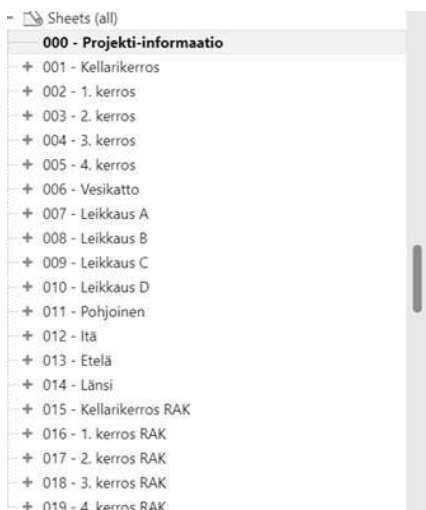
Luetteloiden ja suodattimien ohella aloituspohjan projektiselaimen tehtiin näkymille Näkymälajittelu- parametri, jotta tietomallin eri näkymät ovat helpommin hallittavissa ja löydettävissä projektiselaimesta.



IFC-exportointia varten aloituspohjaan on määritelty valmiiksi asetukset IFC-tiedoston luontiin.



IFC-tiedostoluonnin lisäksi myös DWG- ja PDF-tiedostojen luonnit on otettu huomioon aloituspohjassa, niitä varten on luotu valmiiksi arkkeja, joista voidaan edelleen tulostaa PDF:t sekä tehdä tarvittavat DWG-kuvat.

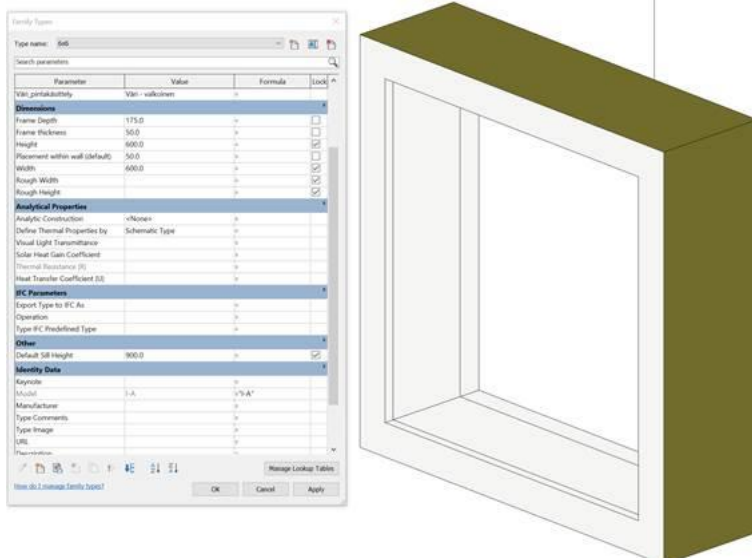


Aloituspohjan tueksi luotiin myös perusobjektikirjasto hankkeessa käytettyjen objektien pohjalta. Objekteissa on perusmitta- ja materiaaliparametrit, jotta niihin tarvittaessa helppo tehdä lisää tyyppejä.

Rakennusosakirjasto luotiin seuraavista kategorioista:

- Ikkunat
- Ovet
- Pilarit
- Palkit
- Ontelolaatat
- Saniteettikalusteet (osittain)

Esimerkki kirjastossa olevasta rakennusosasta:



## Tekoäly pohjainen tietomallintaminen

Hankkeen aikana tehtiin myös kartoitusta tekoäly pohjaisen tietomallintamisen hyödyntämisen mahdollisuuksista purkumallintamisessa. Hankkeessa ei tehty testauksia kokeilukohteiden aineistolla tai rakennuksista mutta tutkittiin viiteryhmän kanssa mahdollisuuksia sekä tehtiin selvitys tämän hetken ohjelmistoista sekä alan kehityksestä.

Tekoälyn kehittyminen ja mahdollisuudet tulevat muuttamaan rakennusalan tietomallintamista merkittävästi tulevaisuudessa. Tekoäly ja konemallintaminen tehostaa jo nyt uudisrakentamisessa monia manuaalisia toimia kuten erilaisten suunnitteluratkaisujen optimointia ja datan automaattista käsittelyä suunnitteluohjelmistoilla.

Tekoäly pohjaisia mallinnus vaihtoehtoja voidaan karkeasti jakaa kahteen eri koulukuntaan. Toinen idea lähestyy 2D piirustuksien tunnistamisesta lähtevään automaattiseen mallinnukseen ja karkean tietomallin luontiin. Ohjelmistot kuten Make A BIM, usBIM ja WiseBIM pystyvät jo tehokkaasti luomaan karkean tietomallin pohjautuen ainoastaan 2D suunnitelmiin PDF tai DWG formaateissa. Tämä nopeuttaa tietomallin luomista merkittävästi, kun objektien geometria voidaan tunnistaa kolmiulotteisesti ja geometriamallit syntyvät automaattisesti. Toiminta ei ole kuitenkaan aivan virheetöntä ja vaatii edelleen ihmisen toimia tarkastaa ja muuttaa koneen luomia tietomalleja. Tässä vaiheessa on myös hyvä huomioida, että nykyinen tekniikka ei vielä tuota ”tietoa” tietomalleihin vaan mallit ovat lähinnä geometria malleja ja rakennusosien tietojen syöttäminen vaatii edelleen ihmisen tulkintaa ja työtä. Tekniikka tosin kehittyy tällä hetkellä valtavasti askelin, ja ohjelmistojen tietojenkäsittely taidot paranevat jatkuvasti.

Toinen koulukunta lähestyy automaattisen tietomallin luontia taas skannaustiedon pohjalta. Pistepilvet tuottavat hyvin tarkkaa dataa rakennuksen todellisesta geometriasta ja nykyisin on jo saatavilla ohjelmistoja, jotka pystyvät tästä pistepilvi datasta luoda 3D geometria malleja. Ohjelmat pystyvät myös tunnistamaan erilaisia rakenteita kuten lattia, seinä, katto, pilari, palkki, putki, ovi jne. ja tietomalli ohjelmat osaavat tekoäly avusteisesti luoda näitä objekteja malliin.

Scan-to-BIM muuttaa fyysiset rakenteet digitaalisiksi malleiksi neljän vaiheen kautta: pistepilvien luominen, esikäsittely, prosessointi ja mallintaminen. Syväoppimisella on keskeinen rooli Processing-vaiheen automatisoinnissa, mikä nopeuttaa tietomallinnuksen työnkulkua. Tässä tutkimuksessa testattiin avoimen lähdekoodin tekoälytyökaluja pistepilvikäsittelyn segmentointi- ja luokitteluhaasteisiin vastaamiseksi keskittyen ajan ja resurssitehokkuuden optimointiin.

Käyttämällä S3DIS-tietojoukkoa ja PointNet ++ -algoritmia PyTorch Geometric -kirjaston kautta segmentoineet pistepilvet SmartLab- ja Hexagon-skannauksista. Tärkeimmät havainnot osoittavat, että korkealaatuiset skannaukset ovat välttämättömiä, koska epätarkkuudet johtavat käyttökeltvottomiin tuloksiin. Neuroverkkokoulutus ja ennustaminen vaativat huomattavaa laskentatehoa tietokoneilta eikä siis sovellu mitenkään vielä jokapäiväiseen työskentelyyn. Lisäksi julkisten merkittyjen tietojoukkojen niukkuus ja yhteensopimattomat tunnisteet IFC-kokonaisuuksien kanssa estävät semanttisen segmentoinnin kehittämistä. Tulevaisuudessa voitaisiin integroida laskennallinen suunnittelu myöhempien mallinnusvaiheiden automatisoimiseksi.

Suuret kielimallit (LLM), kuten ChatGPT, tarjoavat muutospotentiaalia tekstinkäsittelyn ja kommentosarjojen rakentamisessa, mutta pilvipohjaiset ratkaisut altistuvat datalle. Tässä tutkimuksessa testattiin selainpohjaista työkalua, joka käytti paikallisesti isännöityjä LLM:itä (esim.



Llama 3.2 3B) tietomallin tehtävien turvalliseen automatisointiin ilman tietojen lataamista. Pythonin Haystack-kehyksellä rakennettu se integroi RAG (Retrieval-Augmented Generation) -toiminnon asiakirjakyselyihin ja perustoimintoihin, jotka vaativat IFC-/pistepilvitoimintoja.

Tärkeimmät havainnot osoittavat, että asiakirjatietojen haku onnistuu ja funktiokutsu toimii rajoitetuissa tapauksissa. Vaikka avoimen lähdekoodin LLM-yritykset tarjoavat kustannustehokasta, yksityisyyttä suojaavaa automatisointia rutiinitehtäviin, niiden kykyä käsitellä verkkoaluekohtaista logiikkaa on edelleen ratkaisevan tärkeää. Tulevassa tutkimuksessa tulisi keskittyä agenttien integroinnin parantamiseen ja vaihtoehtoisten lähestymistapojen tutkimiseen toimintokutsujen parantamiseksi pienempien LLM-yritysten kanssa.

Rakennusten kiertotalouden ja uudelleenkäytettävien rakennusosien näkökulmasta erilaiset piirustuksista tai pistepilvistä tekoälyn avulla tuotetut tietomallit kuitenkin madaltavat huomattavasti kynnystä luoda myös purettavasta rakennuksesta tietomallit. Tällä hetkellä tarkan ja toimivan tietomallin luonti ja siihen nähtävä ajallinen ja taloudellinen panostus nähdään liian korkeaksi tuottavuuteen nähden, joten tekniikka, joka nopeuttaa esimerkiksi geometria mallin luomista, tulee varmasti tulevaisuudessa tarpeen. Tämä tekniikka ja ala vaatii kuitenkin vielä paljon tutkimus- ja kehitystyötä sekä vakiointia, jotta päästään lähelle kaupallisia ja toimivia ratkaisuja.



## Pohdintaa

### Mallinnus osana purkuhankintaa

Tutkimuksen kokeilukohteet ja niistä saadut tulokset ja mallit ovat hyvä alku purkuhankkeiden digitalisoimiseen ja osoittavat kuinka paljon lisätyötä purkuhankkeen digitalisointi ja mallinnus aiheuttaa. Nykytilanne on kuitenkin melkoisen avoin, koska ei ole olemassa selkeää ja yleispätevää ohjeistusta siitä, kuinka mallinnusprosessi purkuhankkeessa menee ja kuinka koko purkuhankkeiden prosessi etenee, kun mukaan otetaan tietomallintaminen. Digipurkuhankkeen esittämä prosessikuvaus vaatii vielä tarkempaa tutkimista ja testaamista todellisen kohteen avulla.

Digipurku- hanke kuitenkin antaa jo hyvän pohjan lähteä standardisoimaan ohjeita ja menetelmiä sekä antaa tässä tapauksessa Autodesk Revit- suunnitteluohjelmistoon perusaloituspohjan ja kirjaston purkuhankkeita varten. Purkuhankkeet poikkeavat uudis- ja korjaushankkeista ja siten myös tietomallintaminen on erilaista, mikä tarkoittaa sitä, että jonkinlaista koulutusta olisi järjestettävä niin mallinnuksen kuin skannauksenkin osalta sekä prosessin kokonaishallinnan osalta.

Tutkimuksen aikana tuli vahvasti esille kuinka tärkeäksi nousi purkuhankkeen kustannustehokkuus. Jotta purkuhankkeen digitalisaatiota saadaan kehitettyä niin sen tulee tuottaa selkeästi arvoa hankkeen tilaajalle. Digitalisaation tuottamat tietomallit ja tiedonhallintaympäristön tulee tehostaa purkamista ja rakennusosien uudelleenkäytettävyyttä, jotta se voidaan katsoa osaksi purkuhankkeen hankintaa.

### Purkukartoitus tietomallien kanssa

Testauksen aikana kokeiltiin kohteen purkukartoitusta hyödyntäen kohteen CDE ympäristöä ja IFC malleja. Tekniikka ja ohjelmistot tukevat jo mobiilisti tehtävää tiedon luontia ja käsittelyä. Kuitenkaan tätä ei käytetä alan purkukartoituksissa, vaan tiedon käsittely on miltei aina erillisiä järjestelmiä ja tieto ympäristöjä.

Vaikka tietomalleja ei olisikaan saatavilla purkukartoituksen aikana niin myös pelkästään CDE ympäristön käyttäminen datan keräämiseen, merkkäämiseen ja käsittelyyn tehostaisi paljon nykyistä toimintaa.

### Purkurakentamisen digitaalinen osaaminen

Digipurku hankkeen aikana ja keskusteluissa purku-urakoitsijoiden kanssa, nousi esiin alan kehittymisen merkittävä haaste. Purkurakentamisen ja rakennusten purkamisen opettaminen on monelta osin hyvin vajavaista ja alan kouluttajia on vähän saatavilla. Koulutukset ovat monesti vain erikoistumiskoulutuksia tai työnohella itseopiskelua. Tällöin monet alan kehitykset sekä tekniset valmiudet jäävät koulutuksien ulkopuolelle. Purkurakentamisen koulutukset tulisikin uudelleen arvioida ja tuoda niihin vahvasti myös digitalisaatio ja tiedonhallintaympäristöt mukaan.



## Jatkokehitys

Aihe ja ala vaatii vielä paljon jatkokehitystä monelta eri osa-alueelta. Digipurkuhanke loi hyvän yleiskuvan tämän hetken tutkimuksen ja kehitystoiminnan tilanteesta sekä tarvittavista jatkokehitys aiheista.

Purkuprosessin kehittäminen mukaan lukien tietomallintamisen ja uudelleenkäytettävyyden tulisi viedä jatkokehitykseen. Nyt luodulla pohjalla voidaan hyvin lähteä jatkokehittämään sekä testaamaan kehitystä todellisen kohteen mukaisesti. Tällainen *proof of concept* hanke koe ponnistaisi hyvin olemassa olevaa tekniikka ja toisi eteen uusia haasteita, joita selvittää.

Rakennusosien kiertotalouden vahvana ajurina tarvitaan se, että kiertotalous on kokonaisvaltaisesti sekä kustannuksellisesti tehokkaampi vaihtoehto kuin rakentaminen uusilla materiaaleille. Tämä vaatii aivan uutta kehitystä business ideasta sekä alan asennemuutosta. Vanha rakennus tulee nähdä arvona eikä vain haittana kehitykselle.

Purkumallintaminen ja rakennusten uudelleenkäytettävyys vaatii alan vakiointia. Tällä alalta puuttuu yhdistävä ja yksinkertaistava vakiointi mitä ja miten purkumalleja tulisi toteuttaa. Tämä vaatii laajempaa yhteistoimintaa alan yritysten kanssa ja siinä tulee huomioida myös kansainväliset ohjeistukset ja vaatimukset.

## Liitteet

Liite 1. Purkuhankkeen tietomallinnuksen, skannauksen ja tiedonhallintaympäristön prosessikaavio

Liite 2. Autodesk Revitin purkumallin mallipohjan ohjeistus

