



Aalto-yliopisto
Insinöörیتieteiden
korkeakoulu

Building 2030: Suunnitteluprosessi 2.0 Loppuraportti

Kirjoittajat:

Aalto-yliopiston tutkijat: Olli Seppänen, Eelon Lappalainen

Aalto-yliopiston opiskelijat: Sándor Bárány, Lauri Mäki-Petäys



Aalto-yliopiston Rakennustekniikan laitoksen Building 2030 tutkimuskonsortion jäsenet tutkimusvuonna olivat: A-Insinöörit, Fira, Granlund, Haahntela, Hilti, Jatke, Lujatalo, Magicad, Parma, Peab, Pohjola Rakennus, Ramboll, Rejlers, Ramirent, Skanska, SRV, Stark, Tocoman, Trimble, Vastuu Group ja YIT.

7.8.2024

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	3
1.1	Tutkimuksen tausta	3
1.2	Tutkimuksen tavoite	3
1.3	Tutkimusmenetelmät	3
2	Tuottavuutta palveleva suunnitteluprosessi (Bárány 2023)	4
3	BIM-analytiikka osana suunnitteluprosessia	8
4	Suunnitteluprosessin 2.0 kehittäminen työpajatyöskentelynä.....	10
4.1	Työpajoissa tunnistetut haasteet.....	10
4.2	Työpajoissa tunnistetut ratkaisut.....	13
4.3	Yleissuunnitteluprosessi 2.0.....	15
4.4	Toteutussuunnitteluprosessi 2.0	17
4.5	Jatkokehitys hankkeen jälkeen.....	18
5	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	20
	Lähdeluettelo	21

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Building 2030 -konsortion tutkimuksen ensimmäiseksi teemaksi vuonna 2016 valittiin lean-suunnittelunohjaus. Tuolloin keskityttiin työkaluihin, joilla suunnittelua voi paremmin hallita ja luottamusta parantaa osapuolten välillä. Myöhemmät tutkimukset ovat tuottaneet tietoa suunnittelutyön haasteista ja niiden juurisyistä. Vuosien varrella tutkimusta on tehty liittyen suunnittelun hukkaan, suunnittelusta tahtituotantohankkeissa ja viime vuosina erityisesti esivalmistusasteen noston edellyttämästä suunnittelusta. Tutkimukset ovat keskittyneet yksittäisiin ilmiöihin tai työkaluihin. Toistaiseksi ei olla arvioitu suunnitteluprosessia kokonaisuutena.

1.2 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli kirkastaa ideaalisuunnitteluprosessin ero nykyiseen suunnitteluprosessiin. Tutkijoiden tehtävä oli vetää aiemmat tutkimustulokset yhteen ja tuoda niitä osaksi työpajatyöskentelyä, jossa yritykset ja tutkijat yhdessä kehittivät ehdotuksen tulevaisuuden suunnitteluprosessiksi. Tavoitteena oli määritellä prosessi erikseen asuntokohteelle ja PJU-mallilla tehtävälle koululle.

1.3 Tutkimusmenetelmät

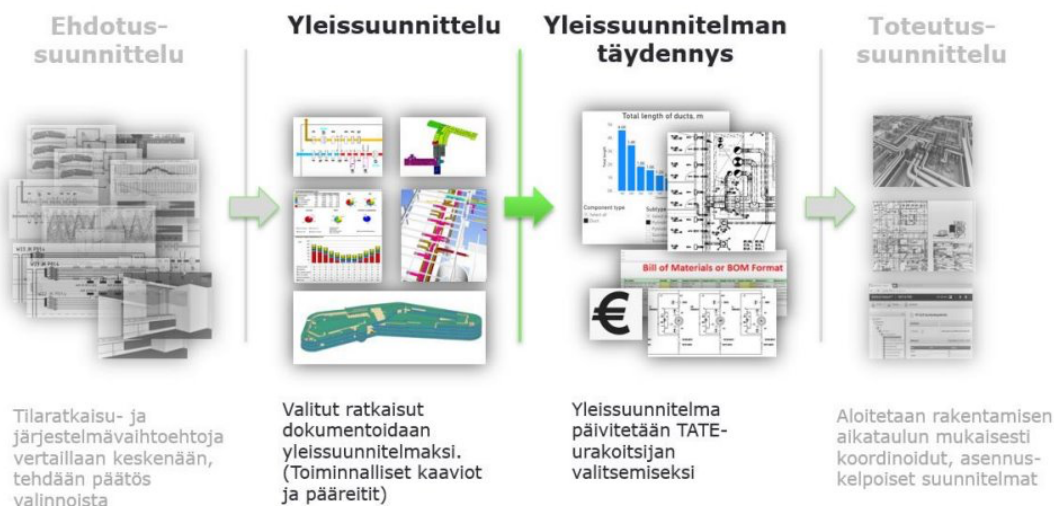
Tutkimus toteutettiin pääosin työpajatyöskentelynä yritysten kanssa. Uutta prosessia tukemaan Granlund rahoitti osatutkimuksena diplomityön, jossa selvitettiin talotekniikkasuunnittelun hukan vähentämistä. Diplomityön tutkimusmenetelmänä oli case-hankkeen dokumentointi ja parannusehdotusten esittäminen suunnittelututkimuksella. Diplomityön tuloksia käytettiin yhtenä lähtötietona työpajoihin ja diplomityön tekijä Sándor Bárány osallistui työpajoihin. Lisäksi jatkettiin edellisen vuoden hankkeessa aloitettuja BIM-analytiikan testejä (Seppänen ym. 2023) ja arvioitiin sen mahdollisuuksia työpajoissa.

Työpajoja järjestettiin hankkeen aikana neljä. Niihin osallistui tutkijoiden lisäksi asiantuntijoita konsortion jäsenyrityksistä. Ensimmäisessä työpajassa kartoitettiin haasteita ja toisessa jo tiedossa olevia ratkaisuja. Kolmas työpaja keskittyi yleissuunnitteluvaiheen prosessin kehittämiseen. Neljännessä työpajassa tehtiin ehdotus toteutussuunnitteluvaiheen prosessiksi. Kaikki ehdotetut prosessit suunnattiin PJU-mallilla toteutettavan koulurakennuksen suunnitteluun. Ensimmäisessä työpajassa käsiteltiin myös asuntorakentamisen suunnittelun haasteita. Rajaus tarkennettiin muissa työpajoissa koulurakennuksiin, koska suurimmalla osalla työryhmän jäsenistä ei ollut kokemusta asuntorakentamisesta.

2 Tuottavuutta palveleva suunnittelu-prosessi (Bárány 2023)

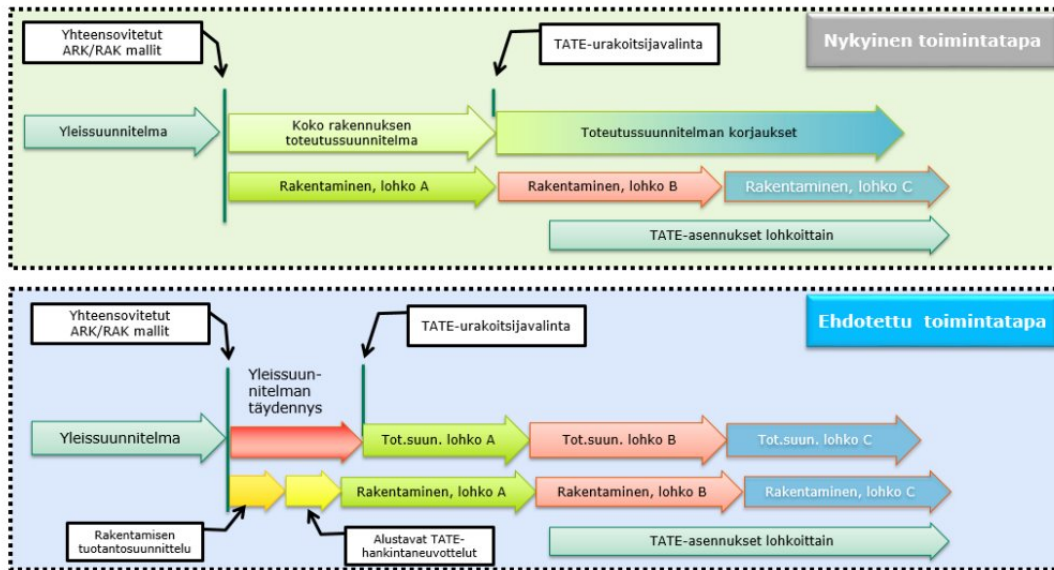
Sándor Bárány (2023) tutki SKOLin (2021) kehittämää ratkaisumallia, jossa lisätään perinteiseen suunnittelun vaiheistukseen yleissuunnitelman täydennysvaihe aliurakoitsijan valintaa varten. Ratkaisumallia testattiin tapauskohteessa. Mallin toimivuutta arvioitiin haastattele-malla osallistujia ja analysoimalla hankkeen tietomalleja ja dokumentteja. Diplomityön löydök-siä esiteltiin tutkimushankkeen työpajoissa ja hyödynnettiin suunnitteluprosessin 2.0 kehittä-misessä.

SKOLin (2021) ratkaisumallissa yleissuunnitelman täydennysvaihe erottaa yleis- ja toteutus-suunnitteluvaiheet toisistaan ja mahdollistaa urakoitsijavalinnat, tavoitehinnan asettamisen ja hankinnat aiemmassa vaiheessa (kuvat 1 ja 2). Mallin päätavoite on mahdollistaa urakoitsija-valinta kevennetyllä aineistolla oletuksiin perustuen. Käytännössä urakoitsijoille annetaan määrät niiden suoritteiden osalta, joita ei voi laskea yleissuunnitelmavaiheen suunnitelmista ja joita ei ole järkevää mallintaa tai suunnitella toteutussuunnitelman tasolla, koska lähtötiedot muuttuvat vielä (esim. muuttuvien tilaosien putki- ja kanavaosat). (SKOL 2021)



Kuva 1: SKOL-mallin vaiheet. Yleissuunnitelman täydennys lisätty perinteisiin vaiheisiin (SKOL 2021)

Aikajana



Kuva 2: SKOL-malli aikajana (SKOL 2021) suhteessa nykyiseen toimintatapaan

Normaalisti PJU-hankkeissa tuhlataan suuri määrä tunteja siihen, että taloteknistä suunnittelua tehdään liian tarkalle tasolle liian aikaisessa vaiheessa hankintaa varten, jolloin uudelleensuunnittelua tapahtuu paljon. Hukkaa syntyy, koska lähtötietoja puuttuu tai ne muuttuvat. Suunnittelijoille tulee tarpeetonta kiirettä ja resurssipiikki, mikä johtaa suunnitteluvirheisiin. Toisaalta urakoitsijat tulevat mukaan vasta siinä vaiheessa, kun toteutussuunnittelu on jo pitkällä, mikä tekee vaikeaksi urakoitsijan osaamisen hyödyntämisen. Kaikki nämä seikat yhdessä aiheuttavat hukkaa sekä suunnittelijoille että urakoitsijalle. (Bárány 2023)

Diplomityön case-kohteeksi valittiin PJU-mallilla toteutettava koulurakennus. Pääanalyysimenetelmänä oli laskenta-analyysi, jossa verrattiin lopullisten toteutussuunnitelmien määriä täydennysvaiheen arvioihin. Arvioita verrattiin lisäksi aliurakoitsijan tekemän määrälaskennan tuloksiin. Hankkeessa ei tapahtunut toteutussuunnitteluvaiheessa järjestelmiin vaikuttavia merkittäviä muutoksia, joten täydennysvaiheen arvioita voitiin verrata toteutuneisiin määriin. Taulukossa 1 on esitetty tärkeimmät havainnot järjestelmittäin. Taulukosta on nähtävissä, että kokonaisuus (putki- tai kanavametrit) on monen järjestelmän osalta hyvin arvioitu laskennallisesti mutta eri putkikoot tuottavat haastetta. Tulosta voi parantaa jatkossa lisäämällä referenssihankkeita, joiden pohjalta määriä arvioidaan.

Vertailtaessa tuloksia urakoitsijan urakalaskentaan kävi ilmi, että laskentaohjeessa on parantamisen varaa. Epäselvyyttä liittyi mm. vesikalusteiden laskemiseen, koska esimerkiksi pesualtaita ei pitänyt laskea vesipisteeksi. Viemärijärjestelmän putkimetrit laskettiin vesipisteiden kautta eikä esimerkiksi lattiakaivojen kertoimena. Tarkentamalla ohjeistusta voitaisiin vähentää tulkintaeroja.

Taulukko 1: Yhteenvedo laskenta-analyysin tuloksista

Järjestelmä	Onnistuneet arviot	Epäonnistuneet arviot
Ilmanvaihto	Runkokanavat	Pienet kanavakoot (muuttuvat osat) yliarvioitu, T-haarat puuttuivat urakkalaskenta-aineistosta
Käyttövesi	Kokonaismetrit lähellä (+13 %)	Pienet putkikoot yliarvioitu, isot aliarvioitu
Viemäri		Putkimetrit ja -mutkat selvästi yläkanttiin (+ 89 % / + 110%), T-haarat alakanttiin (-36 %). Pienimmät koot yliarvioitiin eniten.
Lämmitys	Kokonaismetrit tarkat (-4 %), isot putkikoot oikein	Keskikokoisissa putkissa vaihtelua, mutta vaihtelut kumosivat toisensa
Jäähdytys		Iso ero mutta johtui kiinteän osan suunnitteluvirheestä

Osallistujat kokivat ratkaisumallilla olevan useita hyötyjä. Laskennassa säästettiin aikaa, mikä mahdollistaa urakoitsijoiden osallistumisen useampiin tarjouskilpailuihin ja sitä kautta voi lisätä kilpailua. Muutossuunnittelu väheni ja suunnittelijoiden mukaan kiireen aiheuttamat virheet vähenivät. Projektinjohtourakoitsijankin mielestä työmaalla oli tavallista vähemmän merkittäviä suunnitteluvirheitä. Suunnittelu tehtiin oikeilla lähtötiedoilla oikea-aikaisesti, mikä johti suunnittelutuntien pysymiseen kurissa. Suunnittelutunteja käytettiin haastateltujen arvioiden mukaan merkittävästi vähemmän kuin perinteisellä menettelyllä toteutetuissa kohteissa.

Tärkeimmät haasteet liittyivät määräravioiden tarkkuuteen, joka liittyy käytetyn referenssidatan laatuun. Case-kohteen suunnitteluratkaisut poikkesivat merkittävästi referenssikohteen ratkaisusta. Case-kohde oli puurunkoinen ja esivalmistusaste oli korkea. Referenssikohteena käytettiin betonirunkoista koulua, jossa oli vähemmän kantavia rakenteita. Referenssikohteita tarvitaan useampia ja niiden pitäisi paremmin vastata arvioidun kohteen ratkaisuja.

Toinen haaste liittyy asennustyön hinnan arviointiin. Siihen vaikuttavat mm. asennuskorkeus. Urakoitsijoille toimitettaviin määräluetteluihin pitäisi arvioida eri asennuskorkeuksiin tehtävien asennusten osuus. Urakoitsijan laskijan mukaan myös leikkauskuvien toimittaminen osana laskentamateriaalia helpottaisi asennuskorkeuksien arviointia.

Testauksessa paljastui yllättäviä tulkintaeroja. Urakoitsija tulkitse laskentaan liittyviä ohjeita eri tavalla kuin aineiston laatijat. Tulkintaerot aiheuttivat kohteessa selvittelyä lisätyökustannuksista ja hyvityksistä. Samoin kiinteän ja muuttuvan osan rajapinta pitäisi määritellä selkeästi, jottei komponentteja lasketa kahteen kertaan tai jätetä kokonaan laskematta.

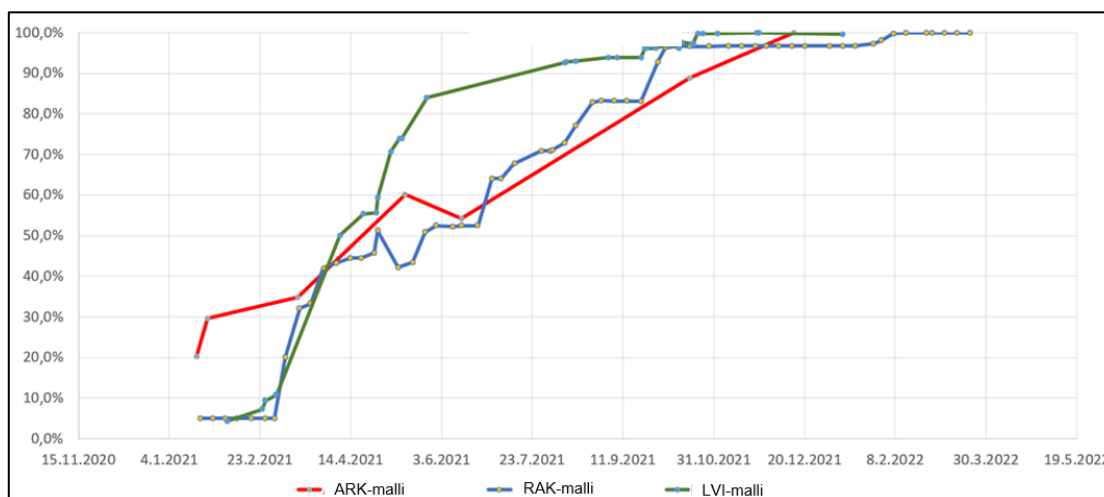
Case-kohteessa ei päästy täysimääräisesti hyödyntämään urakoitsijan osallistumista toteutus-suunnitteluvaiheeseen. Urakoitsijan rooli suunnitelmien kehittämisessä jäi vähäiseksi. Tiedonvaihto suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välillä tapahtui pääurakoitsijan välityksellä. TATE-urakoitsija oli sitä mieltä, että heillä ei ollut riittävästi vaikutusmahdollisuuksia, ja esitettyjä muutoksia hylättiin. Jatkossa aikaisin valitun talotekniikkaurakoitsijan tehtävät tulisi määrittellä tarkemmin. Kiinteähintainen urakka ei mahdollista urakoitsijan osallistumista kehittämiseen, joten tulisi harkita esimerkiksi tavoitehintaista urakkaa.

Kokonaisuutena ratkaisumalli vähensi suunnittelijoiden kiirettä ja resurssipiikkejä sekä uudelleensuunnitteluun kuluva-aikaa. Lisäksi suunnitteluvirheitä tapahtui tavallista vähemmän. Urakoitsijaa ei saatu osallistumaan suunnitteluun toivotusti mutta se selittyy kiinteähintaisella sopimuksella ja tehtävien puutteellisella määrittelyllä. Toimintamalli vaatii jatkokehitystä erityisesti tulkintaerojen vähentämiseksi. Jatkokehitettyä mallia on hyvä lähtökohta suunnittelu-prosessille 2.0.

3 BIM-analytiikka osana suunnittelu- prosessia

Hankkeen aikana kehitettiin eteenpäin tietomallissa tapahtuvien muutosten analytiikkaa. Kehitetty ohjelma arvioi muutokset IFC-tiedostojen välillä. Ohjelmaa testattiin konsortion jäseniltä saaduilla IFC-malleilla. Toinen testihankkeista oli teollisuuskohde ja toinen oli yliopistorakennus. Molempien suunnitteluvaiheista saatiin IFC-mallit, jotka oli tallennettu uutena versiona säännöllisesti suunnitteluvaiheen aikana. Työryhmä arvioi mallien muutosten mittareiden käyttökelpoisuutta suunnittelun johtamiseen.

Kiinnostava tulos oli, että arvioimalla mallien välisiä eroja saatiin sama tulos kuin Bárányn (2023) tutkimassa ongelmassa. Kuvassa 3 on näytetty arkkitehtisuunnittelun, rakennesuunnittelun ja LVI-suunnittelun eteneminen (% lopullisesta laajuudesta). Talotekninen suunnittelu hyppää muiden mallien edelle hankintavaiheessa. Kuvan 4 kuvaajissa talotekniikka esiintyy kaksihuippuisena ja ensimmäinen huippu sekä mallinnettujen uusien elementtien (ylin osa kuvasta), elementtien sijainnin muutoksista (keskellä) ja elementtien geometrian muutoksista liittyy hankintavaiheeseen. Yhteensovitus- ja detailjointivaiheessa korostuvat elementtien siirtymiset ja geometrian muutokset.



Kuva 3: Mallinnuksen eteneminen suunnittelualueittain (100 % on lopullinen laajuus arvioituna elementtien lukumäärällä). Taloteknisen mallin valmiusaste nousee muiden suunnittelualueiden edelle hankintavaiheessa. (Seppänen ym. 2023)



Kuva 4: Uudet mallinnetut elementit (ylhäällä), elementtien sijainnin muutokset (keskellä) ja elementtien geometrian/ominaisuuksien muutokset (alhaalla) rakenne- ja LVI-suunnittelussa.

Työryhmä totesi, että analytiikalla voi saada hyvää lisäymmärrystä suunnittelun etenemisestä. Rajoitteena työssä oli se, että analyysiä tehtiin jälkikäteen. Jälkikäteistarkastelussa tiedetään, mikä on lopullinen määrä elementtejä. Ajantasaista tietomallien versioiden analyysiä pitäisi peilata suunnittelu-aikatauluun. Lisäksi olisi hyvä ottaa huomioon myös suunnittelukokouksien pöytäkirjoissa esitettyjä huomioita esimerkiksi kielimallien avulla. Jatkokehityksessä pyritään kaupalliseen sovellukseen Business Finlandin rahoittamassa Research-to-Business hankkeessa BIMSpect.

4 Suunnitteluprosessin 2.0 kehittäminen työpajatyöskentelynä

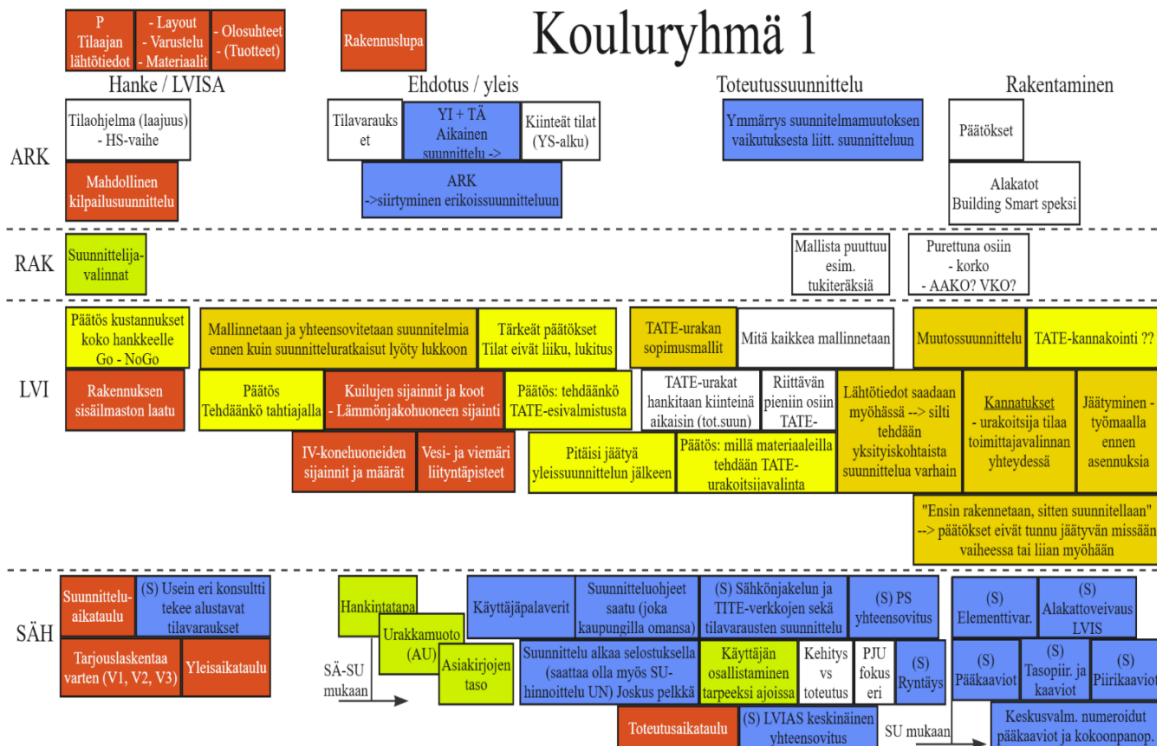
Tulevaisuuden suunnitteluprosessia kehitettiin työryhmän työpajoissa. Työpajoja järjestettiin hankkeen aikana neljä. Lähiosallistujia Aalto-yliopiston tiloissa oli tutkijoiden lisäksi 10–15 osallistujaa, jotka pysyivät pääosin samana työpajasarjan läpi. Lisäksi etäosallistujia oli noin kymmenen joka työpajassa. Mukana oli osaamista kaikilta suunnittelualoilta paitsi arkkitehtisuunnittelusta. Lisäksi edustettuina olivat suunnitteluohjelmistojen kehittäjät ja projektinjohdourakoitsijat. Etäosallistujat tekivät työpajatyöskentelyä ohjeistuksen mukaan hyödyntäen Miro-sovellusta. Lähiosallistujat hyödynsivät post-it-lappuja ja tulokset kerättiin fläppitaululle. Lähiryhmän tulokset siirrettiin myös työpajojen jälkeen Miro-sovellukseen, jossa tuloksia jatkokehityttiin. Työpajat ja niiden teemat on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2: Työpajat ja niiden teemat

Työpaja	Päivämäärä	Teema
1	9.2.2023	Nykyisen suunnitteluprosessin haasteet
2	4.4.2023	Tiedossa olevat ratkaisut haasteisiin / parhaan käytännöt
3	1.6.2023	Suunnitteluprosessi 2.0: Yleissuunnittelu
4	31.8.2023	Suunnitteluprosessi 2.0: Toteutussuunnittelu

4.1 Työpajoissa tunnistetut haasteet

Ensimmäisen työpajan tavoitteena oli kuvata nykyinen kouluhankkeen suunnitteluprosessi ja kartoittaa siihen liittyviä haasteita. Työtä teki kolme eri ryhmää. Kuvassa 5 on esitetty yhden ryhmän lopputulos. Ryhmä erotteli eri suunnitteluvaiheet ja toimijat. Haasteina on korostettu mm. sitä, että mallinnus ja yhteensovitus alkaa ennen suunnitteluratkaisujen lukkoon lyöntiä. Lisäksi lähtötietoja saadaan liian myöhään, eivätkä päätökset jäädy, mikä johtaa siihen, että ensin rakennetaan ja sitten suunnitellaan. Yhteensä ryhmien töistä löytyi 31 haastetta, jotka on esitetty taulukossa 3.



Kuva 5: Työpajan ryhmän 1 näkemys nykyprosessista ja sen haasteista (Mäki-Petäys 2024)

Projektinjohtourakan peruslähtökohta on suunnittelun, hankinnan ja rakentamisen limittäminen, jolla haetaan ajallista hyötyä. Myös päätöksenteon mahdollistaminen myöhempään on projektinjohtourakan hyöty tilaajalle. Projektinjohtourakoitsijalla on tavoitteena tärkeiden hankintojen tekeminen mahdollisimman aikaisin. Suunnittelijat joutuvat tässä hankalaan tilanteeseen, koska suunnitelmat halutaan mahdollisimman aikaisin hankintaa varten mutta päätökset halutaan tehdä mahdollisimman myöhään.

Päätöksenteko on työryhmän mukaan tehotonta. Päätöksiä tehdään liian vähällä pohjatyöllä ja niihin palataan. Uudelleensuunnittelua aiheuttaa se, että päätökset eivät "jäädä" tai jäätyvät liian myöhään. Prosessista puuttuu erityyppisille päätöksille "jäädystyspiste", jonka jälkeen kaikki toimijat tietävät, että päätöksen muuttaminen aiheuttaa merkittävää uudelleensuunnittelua ja suunnitelmavirheiden riskiä.

Henkilövaihdoksiin liittyy haasteita. Suunnittelun alkuvaiheessa eri konsultit tekevät alustavia tilavarauksia, jotka eivät sitten riitäkään toteutussuunnitteluvaiheessa. Kehitysvaiheen henkilöt vaihtuvat myöhemmin työmaasta vastaaviin henkilöihin.

Taulukko 3: Työpajassa tunnistetut haasteet (Mäki-Petäys 2024, uudelleen ryhmitelty)

Ryhmä	Haaste
Päätöksentekoon ja tavoitteisiin liittyvät haasteet	Päätöksenteko vähällä pohjatyöllä
	Suunnitelmat halutaan mahdollisimman aikaisin, ja päätökset <u>halutaan tehdä mahdollisimman myöhään.</u>
	Päätökset eivät jäädy/jäätävät liian myöhään
	Päätöksentekoprosessi on kompleksinen ja työläs
	Käyttäjien päätöksenteon ohjaaminen
	Tavoitteiden auki kirjaaminen
	Epätieto, saako tilaaja As Built -mallin
Työnjakoon liittyvät haasteet	Eri konsultit tekevät alustavat tilavaraukset
	Yleissuunnitelman tilavaraukset ovatkin riittämättömät toteutussuunnitteluvaiheessa.
	Kehitysvaiheesta vastuussa olevat vaihtuvat työmaasta vastaaviin <u>työntekijöihin</u>
Suunnittelun ja hankinnan yhteensovittamiseen liittyvät haasteet	Suunnitelmapakettien ja hankinnan yhteensovitus
	Hankinnalle ei ole varattu tarpeeksi aikaa; muutokset
Mallinnukseen liittyvät haasteet	Liian tarkkaa suunnittelua liian aikaisin, esim. mallinnus ja <u>yhteensovitus ennen suunnitelmien lukkoon lyömistä</u>
	TATE suunnittelee liikaa BIM-mallien kautta
	Lähtötiedot saadaan myöhässä; silti tehdään yksityiskohtaista <u>suunnittelua liian varhain</u>
	Kannatusten ja TATEn yhteensovitus jää myöhäiseksi
	Puutteelliset mallit
	Mallista puuttuu tukiteräksiä yms.
	TATE-suunnittelu ei tee tarpeeksi asennuskelpoisia alueita
	Vanhentunut YTV ohjeistus
Prosessiin liittyvät haasteet	Kiire
	Suunnitteluresurssien epätasainen jakautuminen
	Suunnittelun resurssihiikki
	TATE-asennusten huono aikataulutus
	Lähtötiedot käyttäjältä eivät tule sopivaan aikaan
	Hankesuunnitteluvaiheen suunnitelma ei kohtaa budjettia; <u>uudelleensuunnittelu</u>
	Muutosmenettelyt
	Ei tarpeeksi muuntojoustavuutta rakennuksen aikana (palokat- kot revitään auki)
Kouluhankkeiden erityishaasteet	Eri kaupungeilla eri suunnitteluohjeet
	Luvituksessa haasteita
	Koulujen vuosikello

3D-mallinnukseen ja yhteensovittamiseen liittyen tunnistettiin yllättävän paljon haasteita. Mallinnus alkaa liian aikaisin ennen suunnitteluratkaisujen lukkoon lyömistä tai lopullisia lähtötietoja. Erityisesti talotekninen suunnittelu perustuu liikaa malleihin. Malleista puuttuu olennaisia asioita, esim. tukiteräksiä. Osa mallinnuksesta tapahtuu liian myöhään, esimerkiksi kannatusten ja talotekniikan yhteensovittaminen. Osasyynä haasteisiin on puutteellinen ja vanhentunut YTV-ohjeistus.

Edellä mainitut haasteet johtavat haasteisiin prosessissa. Suunnitteluresurssit jakautuvat epätasaisesti ja hankintavaiheeseen liittyy resurssihiippiä ja kiirettä. Lähtötietojen myöhäinen saaminen johtaa uudelleensuunnitteluun. Muutoksia syntyy paljon ja muutosmenettelyt ovat haastavia. Usein havaitaan liian myöhään, että hankesuunnitteluvaiheen suunnitelma on liian kallis ja joudutaan tekemään uudelleensuunnittelua myöhäisessä vaiheessa.

Haasteet ovat tyypillisiä projektinjohtourakan haasteita, jotka esiintyvät myös muissa kuin kouluhankkeissa. Nimenomaan kouluhankkeisiin liittyviä haasteita liittyy luvitukseen, koulujen vuosikellosta johtuviin aikataulun pakkopisteisiin ja eri kaupunkien erilaisiin suunnitteluohjeisiin.

4.2 Työpajoissa tunnistetut ratkaisut

Moniin haasteisiin on jo tiedossa ratkaisuja. Ratkaisuja on jo useissa hankkeissa käytössä mutta ne eivät ole vielä niin vakiintuneita, että niitä käytettäisiin kaikissa hankkeissa. Hankekohtaisesti valitaan osallistujien aiempien kokemusten pohjalta, mitä ratkaisuja kyseisessä hankkeessa käytetään. Jokaisessa hankkeessa jää useita haasteita ratkaisematta. Tästä syystä koko suunnitteluprosessi on tarpeen miettiä uudelleen siten, että tärkeimmät haasteet ratkaistaisiin jokaisessa hankkeessa.

Toisessa työpajassa kerättiin osallistujien kokemuksia ja ajatuksia ratkaisuksi tunnistettuihin haasteisiin. Taulukossa 4 on esitetty ryhmiteltynä osallistujien esittämät ratkaisut. Monet ratkaisuista ovat jo laajasti käytössä Suomessa, esimerkiksi CBA:n käyttö päätöksentekomenetelmänä (Arroyo ym. 2016) ja Last Plannerin käyttö suunnittelunohjauksessa (Ballard 2000; Ballard & Tommelein 2021). Building 2030:ssa on aiemmin tutkittu mallinnuksen tarkkuustasojen (LOD) käyttöä ja sen linkittämistä suunnitteluajataulun ohjaukseen (Uusitalo ym. 2019).

Sándor Báranyn (2023) diplomityössään testaama SKOL:in (2021) malli ratkaisee useita haasteita, koska se mahdollistaa aikaisen urakoitsijavalinnan ilman toteutussuunnittelua. Suunnittelun resurssihaasteita voi kehittää myös hyödyntämällä aiempaa paremmin referenssihankkeiden toteutuneita aikatauluja ja määrittämällä suunnitelmien tarpeen paremmin tuotantoaikataulun perusteella.

Taulukko 4: Työpajassa 2 määritetyt ratkaisut (Mäki-Petäys 2024, uudelleen ryhmitelty ja muokattu)

Ryhmä	Ratkaisu
Sopimukset ja tehtäväluettelot	Tehtäväluetteloa ja YTV:tä päivitettävä ja yhdenmukaistettava siten, että suunnittelusta ja mallinnuksesta on omat tehtävänsä.
	Mallinnukseen vaatimuksia. Runkovaiheen jälkeen laserkeilaus tms. todellisuuden varmistamiseksi
	As-built -mallin tavoitteet sopimuksiin
Resursointihaasteiden ratkaisut	Yksityiskohtaisempi suunnittelutyön resursointi referenssihankkeiden avulla
	Aikainen urakoitsijavalinta ilman toteutussuunnittelua (Bárány 2023, SKOL 2021)
	Yksityiskohtaiset suunnitelmat tuotannon aikataulun perusteella
	Suunnitelmien tuottaminen tärkeysjärjestyksessä vs. kaikki heti
Yhteensovituksen ja yhteistyön haasteiden ratkaisut	Yhteensovitus on aloitettava pääsuunnittelijan johdolla 2D:nä jo ehdotussuunnitteluvaiheessa.
	Suunnittelunalojen tiedonvaihdon aikataulut
	Last planner -suunnittelunohjaus
	Asennusaikataulu päivitettävä realistiseksi ja yhteensovitettava suunnittelun kanssa
	Lisää yhteistyötä (yhteensovitusta) alkuvaiheessa. Työmaakäyntien lisääminen tai työmaalla toimiva suunnittelija
	Hankintasuunnitelman ja suunnittelun yhteensovitus
	Tuotannonsuunnittelun osallistaminen aikaisemmassa vaiheessa
Päätöksenteko ja lähtötiedot	Päätöksentekomenetelmien käyttö (esim. CBA)
	Lähtötietomatriisin käyttö
	Level of Detail / Development -pohjaiset suunnitteluajataulut (Uusitalo ym. 2019)
	Muutoksien salliminen tiettyyn hetkeen asti, jonka jälkeen ei ne eivät ole enää mahdollisia (= suunnitelmien jäädytys)
	Tilan käyttäjille tai tilaajalle selvä vaatimusten takaraja, ja "sanktio" myöhässä tulevista vaatimuksista
	Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee ottaa käyttäjät ajoissa mukaan hankkeeseen, jotta lähtötiedot on mahdollista saada ajoissa.
Mallinnukseen liittyvät ratkaisut	Mallinnus, kun päätökset on lukittu
	Mallinnetaan kannatukset pääreittien määrittelyn jälkeen, ja kannatussuunnittelija pysyy mukana tekniikkasijoittelun muutosten aikana
	Jaetaan palokatkoratkaisut kahtia: a) ei muutoksia b) muuntojoustavat. Mallinnetaan palokatkot MagiCAD-pluginilla.
	BIM-malliin detaljit. Menee aikaa, kun etsii detaljia ja sijaintia. BIM/detalji-sijainti/detaljit

Sopimuksiin kaivattiin selkeää määrittelyä siitä, mikä on hankkeen lopputuloksena laadittavan as-built -mallin tarkkuustaso. Mallinnuksen tarkkuustasot pitäisi myös määritellä sopimuksessa. Rungan laserkeilaus mahdollistaisi tarkemman yhteensovituksen. Tehtäväluettelot ja YTV pitäisi päivittää siten, että suunnittelulle ja mallinnukselle olisi omat tehtävänsä, mikä hylitsisi liian aikaisin alkavaa yksityiskohtaista mallinnusta. Työryhmä oli yksimielinen siitä, että suunnittelu pitäisi tehdä ennen tarkkaa mallinnusta.

Yhteensovitukseen liittyviin haasteisiin ratkaisuna työryhmä esitti mm. yhteensovituksen aikaista aloittamista pääsuunnittelijan johdolla jo ehdotussuunnitteluvaiheessa 2D:nä. Yhteensovitustehtävät pitäisi aikatauluttaa ja myös hankkeen eri aikataulut (lähtötieto-, suunnittelu-, asennusaikataulut) pitäisi yhteensovittaa. Tuotannonsuunnittelun pitäisi alkaa perinteistä aikaisemmin siten, että tahtiaikataulun alueet toimivat lähtötietona suunnittelulle.

Päätöksenteon ja lähtötietojen saamisen osalta tärkein kehitysehdotus oli selkeä suunnitelmien jäädytys. Kaikkien toimijoiden tuottavuutta ja laatua parantaisi se, että suunnitelmien jäädytyspisteet sovitaan yhdessä. Muutoksia voidaan sallia rajoitetusti myös niiden jälkeen mutta olisi tärkeää, että jäädytyksen jälkeisiin muutoksiin kohdistuisi ennalta sovitusti lisäkustannuksia. Tämä tarkoittaisi selkeitä päätösaikatauluja ja jokaiselta suunnittelualalta lähtötietomatriiseja, joilla perustellaan jäädytyspisteiden aikataulu. Tämä edellyttää myös rakennushankkeeseen ryhtyvältä aktiivisuutta, koska käyttäjä pitää ottaa aikaisemmassa vaiheessa mukaan prosessiin, jotta lähtötiedot saadaan ajoissa.

3D-mallinnuksen pitäisi alkaa vasta, kun päätökset on tehty. Mallinnukseen toivottiin lisäsisältöä. Esimerkiksi detaljit pitäisi linkittää 3D-malliin. Kannatusten mallintamisen pitäisi alkaa aiemmin jo pääreittien suunnittelun jälkeen. Palokatkoihin liittyvien haasteiden osalta todettiin, että ne voisi jakaa kahteen ryhmään a) ei sallita muutoksia ja b) muuntojoustavat palokatkot. Palokatkot voisi mallintaa tarkoitusta varten tehdyillä plug-ineilla (esim. MagiCad).

4.3 Yleissuunnitteluprosessi 2.0

Kolmannen työpajan teemana oli yleissuunnitteluvaiheen prosessin kehittäminen. Tavoitteena oli saada mahdollisimman monta haastetta ratkaistua ja edellisissä työpajoissa kartoitettuja ratkaisuja hyödynnettyä.

Lähtökohdaksi otettiin suunnittelijoiden tehtäväluettelot. Tämä ei kuitenkaan ollut hedelmällinen lähestymistapa. Tehtäväluetteloissa on paljon pieniä tehtäviä, jotka eivät ole kokonaisuuden yhteensovittamisen kannalta merkittäviä. Toisaalta luetteloissa on pitkiä, koko suunnitteluvaiheen kestäviä tehtäviä. Tehtäväluettelojen yhteensovittaminen ei onnistu, jos tehtävät eivät ole samalla tarkkuustasolla, jotta niiden välille voidaan määrittää riippuvuuksia. Tehtäväluettelot unohdettiin pian ja lähdettiin liikkeelle puhtaalta pöydältä määrittämällä tärkeimpiä yleissuunnitteluvaiheen tehtäviä ja niiden riippuvuuksia.

Lähiosallistujat kirjoittivat post-it lapuille suunnitteluprosessin nykyisiä tehtäviä ja uusia tehtäviä, jotka sujuvoittaisivat prosessia. Tehtävien välille määritettiin riippuvuussuhteita nuolilla. Etäosallistujat tekivät samaa tehtävää Mirossa. Lopuksi molempien ryhmien tulokset digitointiin Miroon. Kuvassa 6 on esitetty ryhmien yhdistetty lopputulos. Kuvaa on yksinkertaistettu yhdistämällä samaan suunnitteluvaiheeseen liittyviä pienempiä tehtäviä isommiksi kokonaisuuksiksi.

Prosessin perusajatuksena on esivalmistusasteen kohottamisen mahdollistaminen. Nykyprosessissa esivalmisteita aletaan selvittää liian myöhään, mikä johtaa merkittäviin lisäsuunnittelutarpeisiin, koska esivalmistettavat järjestelmät on jo ehditty suunnitella perinteisesti. Siksi jo heti yleissuunnitteluvaiheen alussa ennen suunnittelua pitäisi PJU:n johdolla tehdä hankinta- ja esivalmistussuunnitelma. Esivalmistukseen liittyy usein tuoteosakauppana tehtäviä hankintoja ja nämä pitäisi päättää jo ennen kuin suunnittelu etenee liian pitkälle.

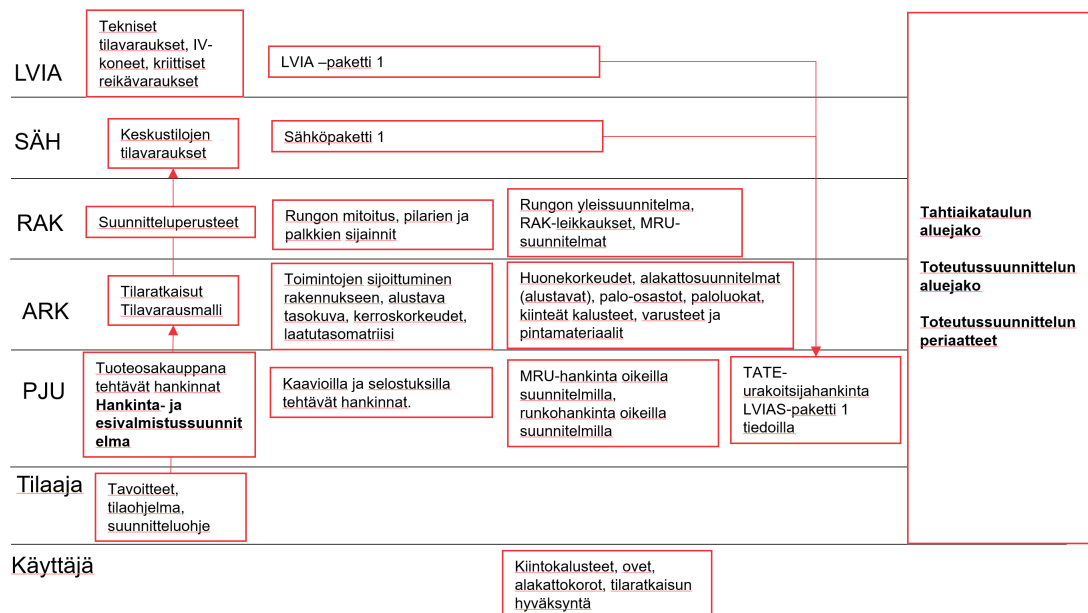
Tilaajan ja käyttäjän pitäisi mahdollistaa yleissuunnittelu prosessin mukaan antamalla lähtötiedoiksi tavoitteet, tilaohjelman ja suunnitteluohjeen. Lisäksi tässä vaiheessa tarvitaan tietoa jo kiintokalusteista, ovista, alakattokoroista sekä hyväksyntä tilaratkaisulle.

Arkkitehtisuunnitteluun sisältyy heti alkuvaiheessa tilaratkaisujen määrittäminen ja tilavausmalli, jotka toimivat lähtötietoina muille suunnittelualoille. Seuraavaksi tarvitaan toimintojen sijoittuminen rakennukseen, alustavat tasokuvat, kerroskorkeudet ja laatutasomatriisi. Yleissuunnitteluvaiheessa tarvitaan vielä huonekorkeudet, alustavat alakattosuunnitelmat, palo-osastot, paloluokat, kiinteät kalusteet, varusteet ja pintamateriaalit.

Rakennesuunnittelun pitää edetä suunnitteluperusteista rungon yleissuunnitelmaan asti, sisältäen RAK-leikkaukset ja MRU-suunnitelmat. Näitä suunnitelmia käytetään MRU-hankintaan ja rungon hankintaan, jotka tehdään ”oikeilla suunnitelmilla”.

Taloteknisten urakoitsijoiden hankinta tehdään LVIAS-paketin 1 mukaisilla lähtötiedoilla. LVIA-paketissa 1 sisältönä on luonnos kiinteistä runko-osista (tasokuvat), mallihuoneet arkkitehdin kanssa suunniteltuna, alustavat RAU-säästökaaviot, TATE-urakoitsijan tehtäväluettelo, joka sisältää toteutussuunnitteluun osallistumiseen liittyvät tehtävät, alustava LVI-laiteluettelo ja arviot muuttuvien osien määrästä SKOLin (2021) mallin ja Bórány (2023) kehitysehdotusten pohjalta. Sähköpakettiin 1 kuuluu sähköselostus, alustavat tehokalkelmat, järjestelmäkaavio, valaisinlaskelmat, pääkaaviot, sekä tilavaraukset johtoteille ja hyllyille.

Prosessi päättyy tahtiaikataulun aluejaon yhteistoiminnalliseen suunnitteluun, toteutussuunnittelun aluejakoon ja toteutussuunnittelun periaatteiden sopimiseen. Ajatuksena on, että koko toteutussuunnittelu hallitaan sijaintipohjaisesti siten, että suunnittelun aluejako vastaa toteutuksen aluejakoa. Suunnittelun alueet voivat kuitenkin tarvittaessa olla suurempia kuin rakentamisen alueet.



Kuva 6: Yleissuunnitteluprosessi 2.0 – yksinkertaistettu työpajojen tuloksista.

4.4 Toteutussuunnitteluprosessi 2.0

Toteutussuunnittelua käsittelevässä työpajassa etäryhmä määrittä vaatimuksia toteutussuunnittelulle. Etäryhmä päätyi tulevaisuuden toteutussuunnittelun osalta viiteen vaatimukseen tai tavoitteeseen:

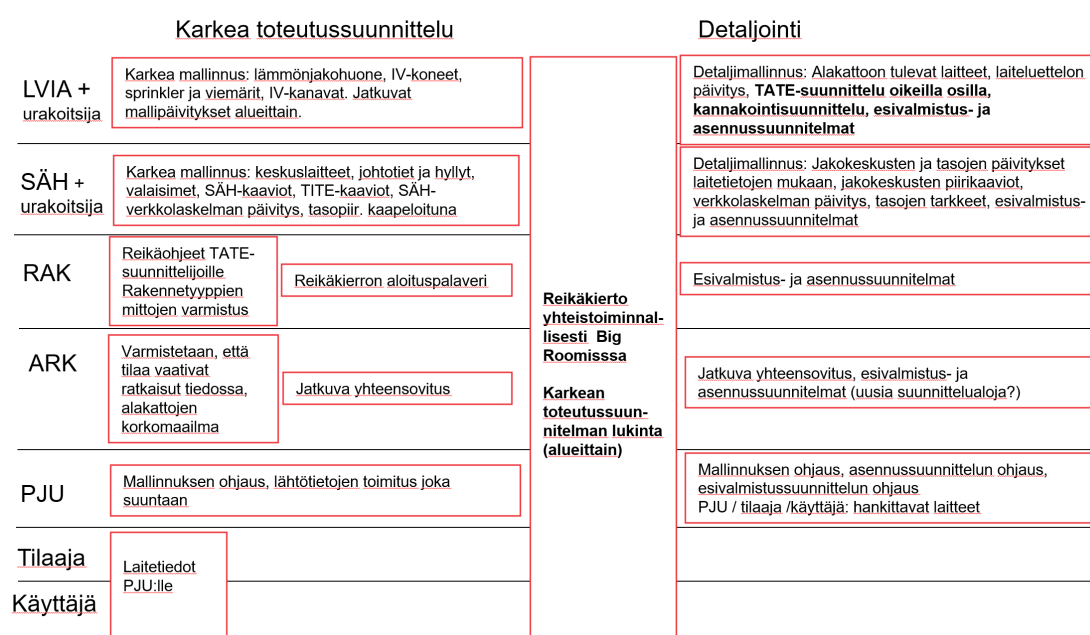
- **Rakennus on suunniteltu niillä tuotteilla ja materiaaleilla, joista myös rakennetaan rakentamisvaiheessa**
- **Suunnitelmat ovat rakenteellisena tietona tietokannoissa koneluettavassa muodossa**
- **Rakennuksen työ ja materiaali on erotettavissa hankintavaiheessa, ja hankintajärjestelmä voi tehdä automaattisesti tilaukset & kotiinkutsut suunnitelmätiedon pohjalta**
- **Suunnittelutiedot mahdollistavat esivalmistusasteen moninkertaistamisen; rakentaminen muuttuu käsityöstä asentamiseksi**
- **Rakennuksesta syntyy täsmällinen osa- ja määräluettelo ylläpitoa varten sekä tarkka hiilijalanjälki**

Vaatimukset edellyttävät, että suunnittelu viedään tarkemmalle tasolle. Suunnitelmien tarkentaminen liian aikaisessa vaiheessa johtaa helposti uudelleen suunnitteluun, joten detaljointi on

syitä erottaa karkeasta toteutussuunnittelusta. Karkea toteutussuunnitelma pitäisi lukita alueittain ennen detaljointia. Kuvassa 7 on esitetty yksinkertaistettu lähiryhmän laatima prosessi. Koko toteutussuunnitteluvaihe etenee alueittain.

Karkeassa toteutussuunnitteluvaiheessa päästään suurin piirtein perinteisen toteutussuunnittelun lopputulokseen. Detaljointivaihe käynnistyy reikäkierron jälkeen. Reikäkierto tehdään yhteistoiminnallisesti Big Roomissa, koska perinteinen prosessi on liian hidas. Yhteistoiminnallisesti päätetään myös, milloin karkea toteutussuunnitelma on riittävän hyvä lukittavaksi.

Uudessa detaljointivaiheessa tarkennetaan suunnitelmia. Talotekniset suunnitelmat tehdään viimeistään tässä vaiheessa oikeilla osilla urakoitsijan avulla. Kannatussuunnittelu on mukana suunnittelulaajuudessa. Kannatukset pitäisi ottaa huomioon myös karkeassa toteutussuunnittelussa mutta yhteensovitetaan tarkasti viimeistään detaljointivaiheessa. Rakennesuunnittelun osalta malliin pitäisi lisätä sekalaiset tukiteräksiset yms. rakenteet, jotka aiheuttavat yhteensovitusongelmia. Esivalmistettavat kokonaisuudet suunnitellaan esivalmistuksen edellyttämälle tasolle detaljointivaiheessa.



Kuva 7: Toteutussuunnitteluprosessi 2.0 (yksinkertaistettu työryhmän lopputuloksista)

4.5 Jatkokehitys hankkeen jälkeen

Työryhmätyöskentelyllä saatiin määritettyä suuntaviivat prosessille 2.0. Erityisen tärkeitä osia ratkaisusta olivat taloteknisten urakoitsijoiden hankintaan liittyvät seikat ja TATE-suunnittelun sisältömäärittely ennen hankintaa. Lisäksi esivalmistussuunnitelma tehdään heti alkuvaiheessa, mikä mahdollistaa esivalmistusasteen noston. Tahtiaikataulun mukaiseen aluejakoon siirrytään toteutussuunnitteluvaiheessa. Toteutussuunnittelulle määritettiin tavoitteet, joiden saavuttamiseksi karkea toteutussuunnittelu pitää erottaa detaljointivaiheesta. Näiden rajana

on reikäkierto, joka tehdään uudessa mallissa yhteistoiminnallisesti alueittain. Detaljointivaiheessa tehdään nykyprosessista usein puuttuvia tehtäviä, kuten esivalmistussuunnittelu ja kanatussuunnittelu.

Vaikka suuntaviivat saatiin määritettyä, hankkeessa tehty työ vaatii jatkotyöstöä. Raportissa esitetyt kuvat 6 ja 7 ovat yksinkertaistettuja esityksiä. Tehtäviä on paljon enemmän ja niillä on mutkikkaita riippuvuussuhteita. Työpajoissa ei ollut aikaa määrittää kaikkia tyypillisiä riippuvuuksia. Lauri Mäki-Petäys (2024) yritti diplomityössään käyttää suunnittelumatriisia optimaalisen suunnittelujärjestyksen löytämiseksi, mutta työpajoissa ei riittävän systemaattisesti määritetty riippuvuuksia tehtävien välille.

Alkuperäistä ajatusta nykyisten tehtäväluetteloiden yhteensovittamisesta ei voitu toteuttaa. Työpajatyöskentelyssä havaittiin, että nykyiset suunnittelijoiden tehtäväluettelot on laadittu ”siloissa”. Tehtäviä ei nykyisellään voi helposti yhteensovittaa, koska niiden tarkkuustasot ja ajoitus vaihtelevat. Tehtäväluetteloiden jatkokehitys pitäisikin tehdä yhteistoiminnallisesti siten, että kaikki suunnittelualat ovat mukana. Riippuvuudet eri suunnittelualojen välillä pitäisi tunnistaa.

Tässä hankkeessa kehitetty prosessi voisi toimia hyvänä lähtökohtana laajemmalle suunnitteluprosessin uudistustyölle ja tehtäväluetteloiden kehitykselle. Esimerkiksi SKOL voisi toimia jatkokehityksen veturina.

5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tutkimuksen tavoitteena oli kirkastaa ideaalisuunnitteluprosessin ero nykyiseen suunnittelu-prosessiin. Alkuperäinen tavoite oli käsitellä sekä asuntokohdetta että PJU-mallilla tehtävää koulua. Asuntokohteesta kuitenkin luovuttiin, koska työpajoihin osallistujilla oli enemmän kokemusta kouluista.

Tärkeimmät erot ideaaliprosessin ja nykyprosessin välillä liittyvät esivalmistusohjelman tekemiseen jo ennen suunnittelun aloittamista, talotekniikan suunnittelulaajuuden pienentämiseen ennen taloteknisten urakoitsijoiden hankintaa, sijaintipohjaiseen toteutussuunnitteluun ja detailjointivaiheen erottamisen karkeasta toteutussuunnittelusta. Hankkeessa saatiin aikaan karkea esitys uudesta suunnittelun vaiheistuksesta. Yksityiskohtaisempi jatkokehitys tehtäväluetteloiden yhteensovituksen ja jatkokehittämisen osalta jää teollisuudelle.

Taloteknisen suunnittelun keventämistä ennen hankintaa testattiin diplomityöllä. Sen tuloksena oli, että SKOLin (2021) esittämä malli saavuttaa hyvin tavoitteensa mutta monia käytännön asioita pitää vielä kehittää. Baranyn (2023) diplomityö tarjoaa hyvät suuntaviivat jatkokehitykselle.

Jatkossa teknologia tukee paremmin suunnitteluprosessin hallintaa. Esimerkiksi tietomallien versioiden välisiä eroja tutkimalla saatiin tämän hankkeen kuluessa hyviä tuloksia. Tutkimustulosten pohjalta pyritään kaupalliseen sovellukseen. Business Finland on rahoittanut tutkimuksen kaupallistamishankkeen BIMStect, jonka tutkimuksellinen pohjatyö tehtiin osin tässä hankkeessa.

Hankkeen tulokset tarjoavat lähtökohdan jatkokehitykselle. Jatkotutkimuksessa olisi tärkeää saada case-hankkeita, jossa yritettäisiin viedä suunnitteluprosessi uuden vaiheistuksen mukaan läpi. Diplomityöntekijät voisivat samalla dokumentoida tuloksia ja lisätä yksityiskohtia. Muutaman diplomityön jälkeen voitaisiin olla siinä vaiheessa, että olisi eväät tehtäväluetteloiden uudistamiselle.

Lähdeluettelo

Arroyo, P., Tommelein, I. D., & Ballard, G. (2016). Selecting globally sustainable materials: A case study using choosing by advantages. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(2), 05015015.

Ballard, H. G. (2000). *The Last Planner System of production control*. Doctoral dissertation. University of Birmingham.

Ballard, G., & Tommelein, I. (2021). *2020 Current process benchmark for the Last Planner (R) System of project planning and control*. Technical report. University of California, Berkeley.

Bárány, S. (2023). *LVI-suunnittelun hukkaa minimoiva suunnitteluprosessi*. Diplomityö. Master's programme in Advanced Energy Solutions. Aalto-yliopisto. Saatavilla: <https://aalto-doc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/b5b76b37-6e1e-4db8-aed9-d5b688039235/content>

Mäki-Petäys, L. (2024). *Suunnitteluprosessin haasteiden tunnistus ja ratkaiseminen kouluhankkeissa*. Diplomityö. Master's Programme in Building Technology. Aalto-yliopisto. Saatavilla: <https://aaltodoc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/70664578-fo12-4afe-b552-2062b87fc99/content>

Seppänen, O., Lappalainen, E., Al Barazi, A., Görsch, C., Zheng, Y., Abou Ibrahim, H., Laine, J., & Huovinen, A. (2023). *Building 2030: Tuotantoprosessin digitaalinen kaksonen. Loppuraportti*. Saatavilla: <https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/2023-03/Building-2030-digitaalinen-kaksonen-loppuraportti.pdf>

SKOL (2021). *Tate-mallinnus rinnakkaisen suunnittelun ja toteutuksen hankkeissa*. Versio 1.1. Saatavilla: https://skol.teknologiateollisuus.fi/sites/skol/files/inline-files/SKOL_TATE_mallit-rinnakkainen_suunnittelu2021.pdf

Uusitalo, P., Seppänen, O., Lappalainen, E., Peltokorpi, A., & Olivieri, H. (2019). Applying level of detail in a BIM-based project: An overall process for lean design management. *Buildings*, 9(5), 109.