

Laatu rakennusalalla – kohti systemistä muutosta

Building 2030 loppuraportti

Kirjoittajat¹:

Tuomas Valkonen, Olli Seppänen, Antti Peltokorpi

Aalto-yliopisto, Rakennustekniikan laitos



16.9.2026

¹ Tutkimuksen toteutuksessa on ollut mukana Aalto-yliopiston Rakennustekniikan laitoksen Building 2030 tutkimushankkeen yrityskumppanit Admicom, A-Insinöörit, Asensi, Consolis Parma, Fira, Granlund, Haahtela, Jatke, Lujatalo, Rakennustieto, Rakli, Ramboll, Rejlers, Skanska, Stark ja Trimble

Lisätiedot: Olli Seppänen, olli.seppanen@aalto.fi

Sisällysluettelo

1	Tiivistelmä	3
2	Johdanto.....	5
2.1	Tutkimuksen tausta	5
2.2	Tutkimuksen tavoitteet ja menetelmät	5
3	Tulokset	7
3.1	Laatuvirheiden juurisyysanalyysit	7
3.1.1	Juurisyysanalyysi 1: Koulusaneerauksen viivästynyt vastaanotto.....	7
3.1.2	Juurisyysanalyysi 2: Asuinkerrostalon vesivuoto	9
3.2	Laadullisesti hyvin ja heikosti suoriutuneiden projektien vertailu	10
3.3	Työpajatyöskentelyn tulokset laadun parantamiseksi.....	12
3.3.1	Laatuongelmien juurisyys	12
3.3.2	Ratkaisut juurisyiden poistamiseksi	15
4	Johtopäätökset	25
5	Lähdeluettelo.....	27

1 Tiivistelmä

Building 2030 -konsortion mittaus osoittaa tuottavuuden ja läpimenoajan parantuneen ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella. Nollavirheluovutusten osuus sen sijaan ei ole kasvanut. Laatu haluttiin nostaa konsortion painopistealueeksi ja tarkastella sitä systeemisenä ongelmana yli organisaatorajojen. Tavoitteena oli tunnistaa laatuongelmien juurisyitä ja löytää toimenpiteet niiden poistamiseksi. Menetelminä hyödynnettiin juurisyysanalyysijä kahden eri hankkeen laatuongelmien juurisyiden löytämiseksi sekä monialaisia työpajoja.

Juurisyysanalyysissä löytyi useita eri syitä laatuongelmille. Koulusaneerauksen viivästynyt vastaanotto liittyi mm. myöhäisiin käyttäjämuutoksiin ja luvituksen viiveisiin, puutteelliseen aikataulun päivittämiseen, suunnitelmien ristiriitoihin ja tiedonkulkuun urakoiden rajapinnoissa. Toimintakokeille varattu aika käytettiin rakentamisen puskurina, mikä siirsi ongelmien havaitsemista vastaanottoon ja sen jälkeiseen aikaan. Toisena ongelmana analysoitiin asuinkerrostalon vesivuotoa. Sadevesijärjestelmän liitoksessa oli käytetty väärää osaa, eikä laadunvarmistus huomannut virhettä. Suunnitteluaineisto oli liian yleisellä tasolla. Oikean tuotetiedon vieminen tietomalleihin ja suunnitelmiin olisi helpottanut oikeaa asennusta.

Tuloksena työryhmä määritteli laatuongelmien systeemiset juurisytyt. Tuotannon ennakkosuunnittelu ja tuotannon suunnittelu on puutteellista. Erityisesti pitäisi pienentää eräkokoja ja suunnitella aloitusedellytykset, materiaalit ja logistiikka laajemmin ennakkoon. Aikataulujohdattamisessa oli useita puutteita. Aikatauluja ei päivitetä vastaamaan todellista tilannetta, puskurit piilotetaan luovutusvaiheeseen ja toimintakokeille ja vastaanottoon ei jää riittävästi aikaa. Suunnitelmat eivät palvele hyvin rakentamista. Detaljisuunnittelu puuttuu, yhteensovitus jää karkeaksi ja urakoitsijat osallistuvat liian myöhään. Suunnitelmia ei noudateta tarkasti, vaikka ne olisivatkin toteutuskelpoisia. Poikkeamat kumuloituvat ja laatuvaatimukset eivät jalkaudu riittävän hyvin asentajille. Hankinnan ja tuotehyväksynnän prosesseissa on epäselvyyttä. Tuotevaihtojen järjestelmätason vaikutukset ja suunnitelmien päivitykset valittujen tuotteiden mukaiseksi jäävät tekemättä. Sopimusten haasteena on se, että ne eivät ratkaise vaihtelua ja epävarmuutta. Nykysopimuksilla tyydytään pintasyiden löytämiseen ja syylliseksi tunnistetaan ensimmäinen oman organisaation ulkopuolinen taho. Koska juurisyty jää piiloon, oppiminen estyy.

Ratkaisut ovat suurelta osin samoja kuin tuottavuusongelman ratkaisut. Urakoitsijoiden pitäisi osallistua aiemmin, ja suunnittelijoiden pitäisi jatkaa pidempään myös toteutuksen aikana, jotta voidaan suunnitella niin kuin rakennetaan. Jotta saadaan rakennettua suunnitelman mukaan, tarvitaan malliasennuksia, aloituspalavereita ja laatuvaatimusten parempaa jalkautusta asentajille. Käyttäjän tarpeet ja järjestelmien toiminnan varmistus edellyttävät selkeää suunnitelmien jäädytys- ja lukitusprosessia sekä muutosten hallintamallia. Aikataulujohdattamisessa puskurit on tehtävä näkyväksi ja luovutusvaiheen testaukset on suunniteltava aiemmin ja pyhitettävä siten, ettei esimerkiksi viimeisen neljän viikon aikana sallita rakennustöitä.

Tahtituotanto auttaa eräkokojen pienentämisessä. Hankintaa ja sopimuksia pitää kehittää erityisesti tuotehyväksyntäprosessin osalta. Toteutusmuotoina on suosittava muotoja, joissa urakoitsijan asiantuntemus saadaan mukaan suunnitteluvaiheessa.

Johtopäätöksenä on, että tuottavuutta ja laatua heikentävät samat systeemiset juurisyyt. Laatua voidaan kehittää yhdessä tuottavuuden kanssa prosessia kehittämällä. Uusia tarkastuksia eikä koordinaattoreita tarvita. Tahtituotanto, pienet eräkoot ja aikataulun luotettavuus tukevat laadun paranemista. Konsortiolla on riittävä tieto laadun merkittävään parantamiseen. Organisaatioiden, jotka haluavat johtaa laatu edellä, tulisi ottaa käyttöön laadun avaintunnusluvut (mm. tehtyjen juurisyyanalyysien lukumäärä, virheiden määrä/vakavuus, jälkitarkastuksen määrä), joista raportoidaan johdolle säännöllisesti. Johdon pitäisi priorisoida laatumittareita, kun raportoidaan projektien tilannetta. Yritysten pitäisi rakentaa pysyvät käytännöt juurisyyden analysointiin myös pienemmissä ongelmissa ja niiden poistamiseen prosessiparannuksilla. Koko alan pitäisi kehittää uudet, tuottavuutta ja laatua edistävät suunnittelun tehtäväluettelot. Ratkaisujen vakiointia ja tarkkuustason kehitystä varten pitäisi keskustella uusista suunnittelun liiketoimintamalleista, jotta suunnittelijoille syntyisi taloudellinen motivaatio edistää vakiointia ja rakennettavuutta.

2 Johdanto

2.1 Tutkimuksen tausta

Aikaisemmat Building 2030 -tutkimukset ovat keskittyneet voimakkaasti tuottavuuden parantamiseen ja läpimenoajan lyhentämiseen. Keskittyminen näkyy vuosittaisessa Building 2030 -suorituskyvyn mittauksessa. Tuottavuus on parantunut ja läpimenoaikoja on saatu lyhennettyä, mutta laatuun liittyvät mittarit, kuten nollavirheluovutusten osuus kaikista hankkeista, eivät ole kehittyneet vastaavasti. Positiivista on se, että läpimenoaikojen lyhentäminen ja tuottavuuden parantuminen eivät ole mittausten mukaan tapahtuneet laadun kustannuksella. Ohjausryhmä päätti käynnistää laatuun liittyvän hankkeen, jotta nollavirheluovutusten osuus saataisiin kasvuun.

Terminä laatu on monikäsitteinen. Rakentamisen prosessin näkökulmasta luontevin näkökulma on ajatella laatua lopputuotteen, eli rakennuksen ja sen tilojen ja järjestelmien, suunnitelmanmukaisuutena. Tässä hankkeessa laatu ymmärretään toimitusketjun kykynä tuottaa suunnitellun mukaisia rakennuksia, joten esimerkiksi asiakkaan tarpeiden tunnistaminen ja hankkeen alkuvaiheen suunnittelunohjaus rajattiin pois tarkastelusta. Lisäksi näkökulmaksi otettiin systeeminen tarkastelu. Hankkeessa laatua käsitellään systeemisenä ongelmana, jonka parantamiseksi koko rakennusprosessin pitäisi muuttua. Lähtöoletuksena oli, että jokainen konsortion jäsen tekee sisäisesti kaikkensa laadun eteen, mutta merkittävimmät ongelmat tapahtuvat rajapinnoissa, joihin vaikuttaminen on yksittäiselle yritykselle haastavaa.

2.2 Tutkimuksen tavoitteet ja menetelmät

Tutkimuksen tavoitteena oli tunnistaa laadukkaan lopputuloksen aikaansaamista haittaavia juurisyitä rakentamisessa ja pyrkiä löytämään keinoja näiden juurisyiden poistamiseen. Juurisyiden tarkastelun kautta pyrittiin tunnistamaan ratkaisuja ongelmiin pintaa syvemältä. Rakennusala on hyvin pirstaleinen ja yksittäisten toimijoiden kyky ratkaista ongelmia rajoittuu oman organisaation rajoihin, mikä johtaa osaoptimointiin ja siiloissa työskentelyyn. Monialaisissa työpajoissa ja ketjutetuissa analyyseissä, jotka ulottuvat yli organisaatiorajojen, on mahdollista käsitellä ongelmia systeemisesti ja pyrkiä löytämään kokonaisuuden kannalta parhaita ratkaisuja.

Pääasiallinen menetelmä oli konsortion asiantuntijoiden työpajatyöskentely. Hankkeen aikana järjestettiin neljä työpajaa, joista ensimmäisessä käytiin läpi aiempaa tutkimusta ja määritelmiä sekä tunnistettiin yleisimpiä laatuongelmia ja valittiin hankkeet juurisyysanalyysien toteuttamiseen. Juurisyysanalyysien tuloksia käytiin läpi toisessa työpajassa ja määritettiin alustava lista yleisistä juurisyistä. Palautteen pohjalta kehitetyt juurisytyt hyväksyttiin kolmannessa työpajassa. Kolmannessa ja neljännessä työpajassa keskityttiin ratkaisumallien ideointiin.

Tutkijat tekivät työpajojen välissä juurisyyanalyysejä kahteen kohteeseen. Juurisyyanalyysissä tiedonkeruumenetelminä käytettiin hankkeiden asiantuntijoiden haastatteluja sekä projektin dokumentaation analyysiä (suunnitelmat, kokouspöytäkirjat). Tutkijat etenivät tunnistetusta laatuongelmasta kohti sen aiheuttanutta alkuperäistä juurisyitä tai juurisyiden joukkoa. Juurisyyanalyysien tuloksia käsiteltiin toisessa ja kolmannessa työpajassa. Ne tukivat työpajoissa tehtyä juurisyiden määrittämistä.

Juurisyyanalyysien jälkeen vertailtiin kahta kouluhanketta, joissa oli sama suunnitteluryhmä ja toteutusmuoto. Hankkeet valittiin siten, että toinen onnistui tilaajan mielestä laadullisesti hyvin ja toinen heikommin. Näistä hankkeista vertailtiin projektipankin asiakirjojen perusteella virheiden määrää ja vakavuutta sekä vastaanotto- että 1. vuoden takuutarkastuksessa. Tavoitteena oli tunnistaa aineistosta laadukkaan ja vähemmän laadukkaan hankkeen eroavaisuuksia. Analyysejä käytettiin lähtötietoina ratkaisuehdotusten laadintaan kolmannessa ja neljännessä työpajassa.

3 Tulokset

3.1 Laatuvirheiden juurisyyanalyysit

Juurisyyanalyysi tehtiin kahdessa eri hankkeessa. Ensimmäinen valittu ongelma oli viivästynyt vastaanotto kouluhankkeessa ja toinen vesivuoto asuntohankkeessa. Juurisyyanalyysit toteutettiin 5-miksi -menetelmällä haastatteleamalla projektien henkilöitä. Selvitys aloitettiin valitusta ongelmasta. Syy-seurausketjua rakennettiin systemaattisesti kohti juurisyytä. Viivästyneen vastaanoton tapauksessa ongelmalla oli useita yhtä aikaa vaikuttavia juurisyytä eikä yksittäistä juurisyytä pystytty nimeämään.

Juurisyytä määrittäessä on syytä pitää mielessä juurisyyn määritelmä: tapahtuma, jonka poistamalla tai korjaamalla ongelmaa ei olisi syntynyt. Esimerkiksi puutteet laadunvarmistuksessa eivät ole juurisyytä, vaikka ne estäisivätkin virheen etenemisen valmiiseen tuotteeseen. Laadunvarmistus tehdään vasta virheen tapahtumisen jälkeen, ja juurisyy on jokin virheen syntymiseen vaikuttava mekanismi, joka on korjattava.

3.1.1 Juurisyyanalyysi 1: Koulusaneerauksen viivästynyt vastaanotto

Hankkeessa saneerattiin koulutilat uuden toimijan käyttöön. Hanke toteutettiin projektinjohdourakkana. Valittu PJU toteutti talotekniikkatyöt erillisenä TATE-PJU-urakkana. Vastaanotto viivästyi. Syytä viivästyneeseen vastaanottoon selvitettiin haastatteleamalla projektiin osallistuneiden urakoitsijoiden, suunnittelijoiden sekä tilaajan edustajia. Juurisyyanalyysi on kokonaisuudessaan esitetty liitteessä 1. Analyysin lopputuloksena tunnistettiin yhteensä 13 juurisyytä eli ketjujen päässä olevaa syytä.

Analyysin perusteella voidaan todeta kaksi merkittävää syytä vastaanoton viivästymiselle. Ensimmäinen näistä oli käyttäjämuutos suunnittelun aikana, kun suunnitelmat olivat jo pitkällä. Tämän käyttäjämuutoksen takia rakennuslupa viivästyi lopulta aikatauluun nähden kolme kuukautta. Rakennusluvan viivästyminen vaikutti suoraan töiden aloittamiseen ja sitä kautta myös töiden valmistumiseen. Toinen merkittävä syy myöhästymiselle oli maantasokerroksessa tehtävään tilamuutokseen liittyvän riskin realisoituminen. Tilan laajentaminen auditorioksi ei ollut mahdollista kaivamalla, kuten oli suunniteltu. Kaivamisen sijaan laajennus tehtiin louhimalla, mikä on huomattavasti kaivamista hitaampaa. Louhimisen tarvitsema logistiikka aiheutti muutoksia työjärjestykseen ja koko työmaan logistiikkaan. Työkoneiden kulkureitti ja maa-aineksen kuljettaminen häiritsivät muita kerroksia palvelevaa logistiikkaa maantasokerroksessa. Lisäksi louhinta johti siihen, että työt piti aloittaa eri kerroksesta kuin suunniteltu, mikä aiheutti viivettä hankinnan aikataulujen kautta.

Edellä mainittujen kahden merkittävän syyn lisäksi haastatteluissa todettiin useita pienempiä myöhästymiseen vaikuttaneita syitä. Auditorion lattian alapuolisesta rakenteesta ei ollut riittävästi tietoa ennen rakentamisen aloittamista. Kun viive havaittiin, aikataulujen päivittäminen

oli hidasta ja sitä tehtiin siirtämällä työvaiheita aikataulussa eteenpäin. Tämä johti siihen, ettei myöhästyminen näkynyt aikataulussa. Hankkeessa luotettiin loppuun saakka siihen, että projekti valmistuu alkuperäisessä aikataulussa, vaikka aikataulun tehtävät siirtyivät koko ajan loppua kohti. Aikataulun kiirehtimisen yrittäminen johti lopulta siihen, että muodostettiin liian pieniä P1-alueita taloteknisten töiden näkökulmasta, mikä hidasti talotekniikan asentajien etenemistä. P1 on rakennustöiden korkein puhtausluokitus. P1-alueet ovat suojaseinillä eristettyjä ja alipaineistettuja alueita, joiden tavoitteena on estää rakennuspölyn ja lian pääsy ilmanvaihtojärjestelmiin. TATE-PJU:n kommunikoinnissa tilaajan kanssa oli haasteita, koska TATE-PJU oli sopimussuhteessa päätoteuttajaan (PJU), joka kävi keskustelut tilaajan kanssa. Suunnitelmien laadussa oli puutteita, esimerkiksi ristiriitoja asiakirjojen välillä, eikä suunnittelun ohjaukseen ollut riittävästi aikaa (erityisesti TATE-PJU).

Kokonaisuutena myöhästymiseen vaikutti siis useita asioita. Projekti on heti alkumetreiltä ajautunut selviämistaisteluun ja tulipalojen sammuttamiseen, eikä tilannetta saatu vakiinnutettua missään vaiheessa.

Juurisyyt, eli analyysiketjujen viimeiset havainnot olivat:

1. Ristiriidat eri selostuksissa aiheuttivat selvitystä ja lisätyötä vastaanotossa
2. Puutteita suunnitelmien laadussa
3. Urakkamuodosta johtuvat tiedonkulun haasteet (Tilaaja-PJU-TATE-PJU)
4. Vähän aikaa suunnittelun ohjaukseen
5. Epäselvyydet tilaajan vaatimuksissa: suunnittelija/tilaaja/valvoja
6. Ei tietoa alapohjasta suunnittelu- ja tarjousvaiheessa
7. Tiiviistä yhteistyöstä huolimatta lupaprosessin aikana tuli yllätyksiä ja uusia vaatimuksia, jotka viivästyttivät luvan saamista (rakennuslupa)
8. Käyttäjälähtöinen suunnitelmamuutos aiheutti lisätyötä ja suunnittelu viivästyi
9. Hitautta hankintaprosessissa
10. Kokemattomat toimihenkilöt, paljon henkilövaihdoksia ja poissaoloja projektin alussa (PJU)
11. Tiukka tarjoustilanne ja aikataulu tarjousten arviointikriteerinä
12. Vastaanotto heti kesälomien jälkeen oli haasteellinen, koska heinäkuussa työt eivät yleensä etene
13. Vaikka havaittiin, että työt ovat myöhässä, aikataulua ei päivitetty, vaan pysyttiin optimistisinä siitä, että aikatauluviive saadaan pois kiirehtimällä.

3.1.2 Juurisyyanalyysi 2: Asuinkerrostalon vesivuoto

Toiseksi juurisyyanalyysiksi valittiin uuden kerrostalon vesivuoto. Ongelman selvittäminen alkoi vuotojälkien havaitsemisesta ylimmän kerroksen asunnon katossa. Tutkimusten perusteella todettiin, että vuoto oli aiheutunut sadevesiviemärijärjestelmän kattokaivon liitoksesta vaakaviemäriin. Liitos pääsi vuotamaan, koska siinä oli käytetty väärää osaa. Suunnitelmissa sadevesijärjestelmälle oli määritetty käytettäväksi PE-muoviosia hitsattavilla liitoksilla. Liitos oli kuitenkin tehty PP-viemäriosalla ja muhviiliitoksella. Liitos ei pysynyt tiiviinä vaakaviemärin pituuden muuttuessa lämpölaajenemisen seurauksena. Muutossuunnitelmaa laadittaessa todettiin, että kyseiselle vaakaviemärin osalle tarvitaan kiintopiste, joka rajoittaa lämpöliikettä ja rasitusta liitososille sekä paisuntamuhvi, joka absorboi pituuden muutoksen ja vähentää liitososiin kohdistuvaa jännitystä. Kiintopiste ja paisuntamuhvi olisi pitänyt asentaa jo rakennusvaiheessa.

Suunnitelmissa ei määritelty kiintopisteitä eikä paisuntamuhveja. Asiat käsiteltiin LVI-työselostuksessa yleismaininnalla, jossa todettiin, että kiintopisteitä on käytettävä tarpeen mukaan ja valmistajan ohjeita noudattaen. Rakentamisen laadun näkökulmasta olisi hyvä, että tällaiset vaatimukset vietäisiin tietomalleihin ja tasokuviin niin, että asentaja voi nähdä kiintopisteiden tarpeellisuuden ja suunnitellut paikat käyttämästään työohjeesta.

Asentaja oli käyttänyt väärää osaa tuntemattomasta syystä. Asentajalla ei ollut riittävää ymmärrystä väärän osan aiheuttamasta vesivuotoriskistä. Väärän osan käyttämiselle on voinut olla syynä kiire, oikean osan puute tai molemmat yhtä aikaa. Asentajan tietoisuus laatuvaatimuksista ja suunnitelmien noudattamisen tärkeydestä parantaisi rakentamisen laatua. Jos asentaja olisi tiennyt, että väärä osa johtaa vesivuotoon, todennäköisesti oikea osa olisi hankittu, vaikka se olisi viivästyttänyt työn valmistumista.

Ennen katon sulkemista suoritettussa laadunvarmistuksessa ei havaittu väärää osaa eikä kiintopisteiden puutteita. Laadunvarmistus oli yleisluonteinen. Kiintopisteitä käytettiin sadevesiviemäreissä pystynousuissa, mutta niiden tarvetta pidemmissä vaakaviemäreissä ei ymmärretty. Hankkeen pääurakoitsija on hankkeen jälkeen kehittänyt systemaattisia laadunvarmistusmenetelmiä tarkastuslistoineen, jolloin puutteiden havaitseminen on todennäköisempää. Työnjohdon laadunvarmistus on viimeinen lenkki, joka voi havaita puutteellisen laadun. Vaikka laadunvarmistus ei poista laatuongelmien syntymekanismeja, se on oleellinen osa prosessin kehitystä. Laadunvarmistuksen ei tarvitse olla ulkoista laadunvarmistusta, vaan se voidaan toteuttaa ns. sisäänrakennettuna laatuna esimerkiksi työvaiheiden dokumentoidulla ja järjestelmällisenä itselle luovutuksena tai omatarkastuksena.

Vesivuodon syntymekanismin selvittämisen jälkeen kohteessa korjattiin kaikki vastaavat kattokaivojen liitokset, vaikka niissä ei ollut havaittu vuotoja. Korjauskosten kokonaiskustannus oli noin 48 000 €. Korjauskustannuksesta käy selvästi ilmi, että oikeiden osien käyttäminen rakentamisvaiheessa olisi ollut kokonaisuuden kannalta parasta, vaikka siitä olisikin aiheutunut pieni viive.

Juurisyyanalyysi on esitetty Liitteessä 2. Tunnistetut juurisyyt olivat:

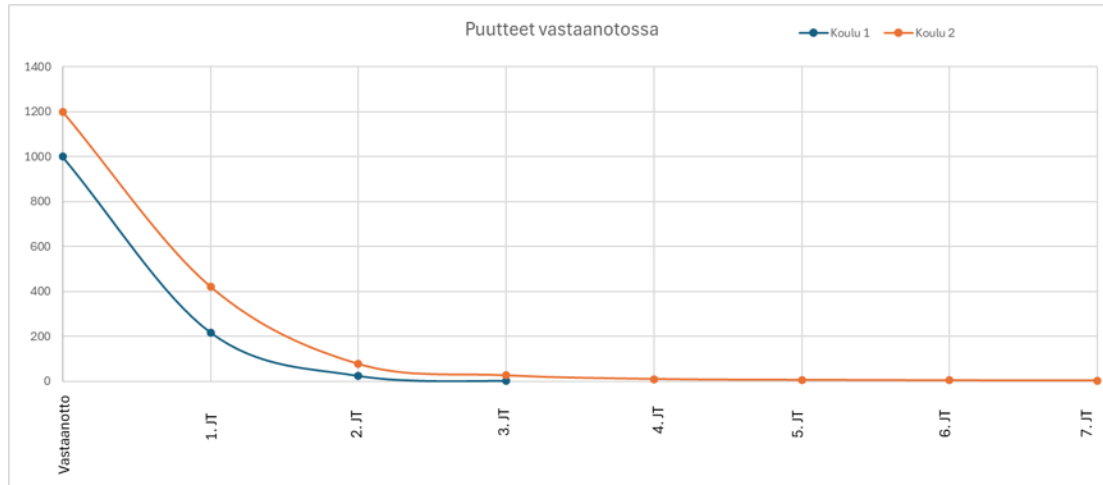
1. Asennettiin väärä osa tuntemattomasta syystä. Selostuksissa materiaali on määritelty oikein, eikä muhviitoksellista osaa olisi saanut käyttää. Osa on mahdollisesti puuttunut ja väärää osaa on käytetty kiireen takia.
2. Väärää osaa ei huomattu laadunvarmistuksessa, koska systemaattista laadunvarmistuskäytäntöä ei ollut olemassa.
3. Kiintopisteitä ei ollut asennettu eikä suunniteltu.

3.2 Laadullisesti hyvin ja heikosti suoriutuneiden projektien vertailu

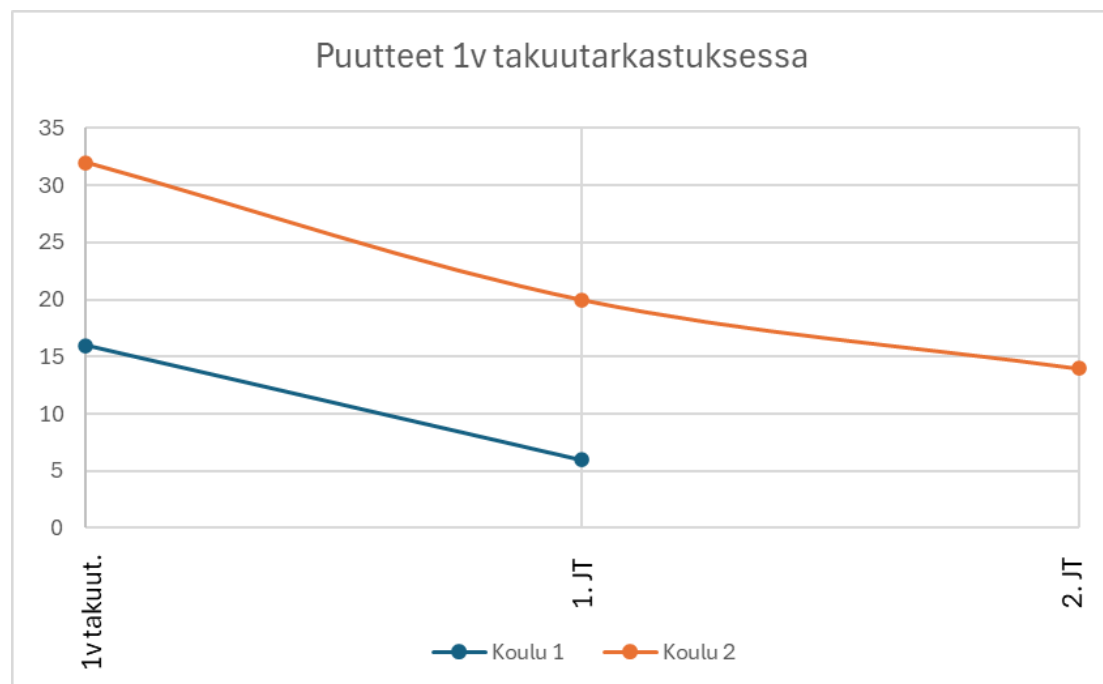
Tämän tutkimushankkeen taustalla oli nollavirheluovutusten tasaisena pysynyt ja matala osuus rakentamisessa. Projektien raportointi valmistuvan hyvin aikataulussa, mutta nollavirheluovutuksiin ei päästy. Tästä syystä haluttiin vertailla luovutuksen näkökulmasta hyvin mennyttä projektia huonommin menneeseen projektiin. Hyvin mennyt projekti (projekti 1) ei ollut kuitenkaan nollavirheluovutus, koska tutkimukseen ei löydetty konsortioista vertailukelpoisia hankkeita, joista toinen olisi päässyt nollavirheluovutukseen.

Valitut kohteet olivat samaa kokoluokkaa (Projekti 1: 7121 ka-m2 ja Projekti 2: 8027 ka-m2) olevia koulun saneerauksia. Projektit oli toteutettu peräkkäin samalla projektiryhmällä ja toteutusmuodolla lukuun ottamatta pääurakoitsijaa.

Projekti 1 oli laadullisesti parempi kuin projekti 2 sekä määrällisesti että laadullisesti arvioituna. Erot näkyivät sekä vastaanottotarkastuksessa että ensimmäisen vuoden takuutarkastuksessa. Lukumäärissä erot eivät olleet suuria (Projekti 1: 1 200 ja Projekti 2: 1 000 rakennusteknistä puutetta vastaanotossa). Laadullisesti arvioituna Projektissa 2 oli selvästi enemmän keskeneräisiä töitä. Keskenäisyyksiä havaittiin vielä ensimmäisen vuoden takuutarkastuksessa. Jälkitarkastuksia järjestettiin Projektissa 1 kolme ja Projektissa 2 seitsemän vastaanottoon liittyen ja Projektissa 1 yksi ja Projektissa 2 kaksi 1-v takuutarkastukseen liittyen. Virheiden määrät on esitetty kuvissa 1 ja 2. Kuvissa esitetyt puutteet ovat rakennusteknisten töiden puutteita, joita on raportoinut rakennusteknisten töiden valvoja. Tämä rajaus jättää merkittävän osan puutteista tarkastelun ulkopuolelle, mutta mahdollistaa projektien vertailun. Taloteknisissä töissä vertailu ei ollut mahdollista. Suunnittelijoiden puutelistaukset projektissa 2 olivat yleisluontoisia tai puuttuivat kokonaan keskenäisyyden vuoksi. Taloteknisten töiden puuttuminen vertailusta selittää jälkitarkastusten määrää. Taloteknisissä töissä oli vielä lukuisia puutteita, vaikka rakennusteknisissä töissä päästiin lähelle nollaa virhettä jo neljännessä jälkitarkastuksessa.



Kuva 1. Puutteet vastaanottotarkastuksessa ja jälkitarkastuksissa. Projektissa 1 järjestettiin kolme jälkitarkastusta ja Projektissa 2 seitsemän.



Kuva 2. Puutteet ensimmäisen vuoden takuutarkastuksessa ja jälkitarkastuksissa. Koulu 1 -projektissa järjestettiin yksi jälkitarkastus ja Koulu 2 -projektissa kaksi.

Puutteiden vakavuutta voi arvioida taulukossa 1 esitetystä projektikohtaisesta takuutarkastuksen puutelistauksesta. Projektin 1 puutteet ovat paikallisia ja vähäisiä tässä vaiheessa lukuun ottamatta konehuoneen ja ilmanvaihdon ääniongelmia ja alipaineisia tiloja. Projektissa on enemmän ongelmia, jotka paljastuvat vasta käytön aikana ja joita on vaikea todeta käyttöönototarkastuksessa. Projektissa 2 asioita on enemmän ja osa puutteista on koko kohteeseen liittyviä keskeneräisyyksiä, esim. kuulusjärjestelmän toimimattomuus, peltihyllyt toteutettu väärin koko kohteessa, telekaapelointi kesken yms. Lisäksi mm. sähköpääkeskuksen vino-kuorma voidaan luokitella vakavaksi puutteeksi.

Taulukko 1. Puutteet ensimmäisen vuoden takuutarkastuksessa.

Projekti 1 (onnistunut)	Projekti 2 (ongelmallinen)
Ilmanpoistimet hälytyksellä Paloeristys puutteellinen (yksi kanava) Akustolevy pudonnut Jakorasian kansi auki Jakamokaapin tuuletin pitää ääntä Kaivon kansi piilossa maan alla Ilmanvaihdon ääniongelmia tiloissa Sisäilmavalitus, alipaineiset tilat Konehuoneen äänet kantautuu luokkaan Palopellin kittausta vajaa Viallinen ovipuhelin Luokan lukitus ei toimi Lämmitystolppien 2 kpl kello ei toimi Puuttuva alakattolevy Ulko-ovi ottaa kiinni lipaan Akustiikkalevyjä putoaa	Usealla koneella LTO-tiivisteet kuluneet ja vaihdetaan Ohjelmallisia puutteita, palopelteihin ja lämmitykseen liittyen Ilmavirratt eivät vastaa mittauspöytäkirjaa Valaisimen pohjatulppa irti Murtohälytyskeskuksen kansi puuttuu Ilmanpoistin vikatilassa Irttonainen kaapeli roikkuu konehuoneessa Kaiteiden kiinnikkeet irti Matto mutrulla Portaan käsijohdekumit irti Ovipumppu rikki Seinä halki molemmin puolin Lämmitystolpat vinossa ja heiluu Kuulutusjärjestelmä ei toimi Viemärin hajua havaittu, siirretty tuuletusviemärin paikkaa suhteessa RI kammioon Peltihylly toteutettu väärin koko kohteessa REK kaivon vuoto / toimimattomuus Rakennusten välinen telekaapelointi kesken Laserleikkurin LVI-kytkennät tekemättä Spottivalot katossa ei toimi Pääoven invapainikkeet ei toimi Oven lukko ei toimi Kaiuttimen virtakytkin ei toimi Sähköpääkeskuksessa vinokuorma IV-koneisiin liittyvä ristiriitahälytys LTO-piirissä toimintaongelma Oven lukko ei toimi Ikkunasta puuttuu karmirakenne Mattolattia kupruilee Kynnys viallinen Sinkkipeltipintoja maalaamatta

3.3 Työpajatyöskentelyn tulokset laadun parantamiseksi

3.3.1 Laatuongelmien juurisyyt

Työpajoissa määriteltiin ja luokiteltiin laatuongelmien taustalla olevat juurisyyt. Juurisyyt tunnistettiin tehdyistä juurisyyanalyyseistä, työpajatyöskentelyssä ja kirjallisuuden perusteella. Tunnistetut juurisyyt jaettiin seitsemään kategoriaan. Juurisyyt ja kategoriat on esitetty kuvassa 3.

Kuvan juurisyyt ovat vahvasti kytköksissä aikatauluun, mikä näkyy keskellä olevasta nollavirheluovutuksen tavoitteesta. Käytännössä kaikki hankkeet saadaan kuitenkin lopulta

vastaanotettua, eli hyväksyttävä laatutaso saavutetaan viimeistään useiden jälkitarkastusten jälkeen. Seuraavaksi juurisyitä kuvataan kategorioita kerrallaan.



Kuva 3. Juurisyitä, jotka estävät laadun.

Suunnittele niin kuin rakennat

Suunnittelu ei nykyisellään ota huomioon riittävästi rakentamisen tarpeita. Nykyinen toteutus-suunnittelu jää karkealle tasolle ja siinä hukataan aikaa tietomallien yhteensovittamiseen karkealla tasolla. Liian karkea yhteensovitus ei poista kaikkia törmäyksiä työmaalta, vaan johtaa tarpeeseen yhteensovittaa suunnitelmia työmaalla. Suunnitelmien asennettavuuden arvioiminen ja huomioiminen on puutteellista. Urakoitsijoiden keskenään tekemä yhteensovitus johtaa laatupoikkeamiin. Rakentamista palveleva suunnittelu (nk. detaljisuunnittelu) puuttuu nykyisistä suunnittelijoiden tehtäväluetteloista talonrakennushankkeissa.

Rakentamisen huomioon ottaminen suunnittelussa edellyttää rakentavan tahon osallistumista suunnitteluun ja tuotevalintojen viemistä suunnitelmiin. Siksi rakentamista palveleva suunnittelu ei voi tapahtua ainakaan kokonaan ennen urakoitsijavalintaa. Suunnittelun ja rakentamisen eriytyminen on yksi syy suunnitelmien rakennettavuuspuutteisiin. Urakoitsijan ja suunnittelijan välinen yhteistyö on rajallista, eikä suunnittelijalta saada riittävän nopeasti ratkaisuja työmaa-aikaisiin ongelmiin.

Rakenna niin kuin suunnittelet

Rakentamisen tulisi noudattaa suunnitelmia. Suunnitelmien noudattamisessa on kuitenkin puutteita, jotka lopulta johtavat heikkoon lopputulokseen. Yksittäiset poikkeamat suunnitelmista saattavat vaikuttaa vähäpätöisiltä, jos toiminnallisuus ei vaarannu. Poikkeamat kuitenkin kumuloituvat ja vaikutukset näkyvät seuraavien työvaiheiden improvisointina ja aikatauluvii-
veinä. Työvaiheita ei suunnitella kunnolla, vaan työvaiheita johdetaan hanketason suunnitel-
milla. Laatuvaatimuksia ja yksittäisten työsuoritusten vaikutusta kokonaisuuteen ja laatuun ei
korosteta tekijöille, jolloin tekijällä ei välttämättä ole riittävä ymmärrystä oman suorituksensa
kokonaisvaikutuksesta. Työtehtäviin ei perehdytetä riittävästi, eikä tarkkuutta suhteessa suun-
nitelmiin vaadita. Asentajat ovat tottuneet siihen, että suunnitelmat ovat viitteellisiä. Tarkka
asennus suunnitelmien mukaiseen paikkaan toteutuu vain poikkeustapauksissa, kun tilaa on
vähän tai asennuksen tarkkuus vaikuttaa toiminnallisuuteen.

Hankinta

Hankinta liittyy olennaisesti sekä suunnitelmien noudattamiseen että laatuun ja aikataulupitä-
vyyteen. Suunnitelmasta poikkeavien tuotevalintojen tekeminen tai geneeristä suunnitelmaa
täydentävät tuotevalinnat on hyväksyttävä suunnittelijalla/tilaajalla sekä päivättävä suunnitel-
miin siten, että rakentaminen voi noudattaa suunnitelmaa. Hankintojen hitaus voi vaikuttaa
tehtäviin tuotevalintoihin tai projektin aikatauluun, koska työt eivät voi alkaa ennen materiaa-
lien saapumista. Yksi työpajoissa esille noussut selkeä puute oli tuotehyväksyntäprosessin epä-
selvyys, kun urakoitsija ehdottaa suunnitellusta poikkeavaa tuotetta. Yleensä on epäselvää, ke-
nen tehtävä on varmistaa, että tuote täyttää kaikki vaatimukset, kuka päivittää suunnitelmat,
ja kuka maksaa tästä tarkastelusta ja päivittämisestä. Usein tuote täyttää vaatimukset mutta ei
toimi yhdessä muiden valittujen tuotteiden kanssa ja nämä yhteensopivuudet jäävät tarkasta-
matta. Valittuja tuotteita ei usein päivitetä tietomalliin eikä niitä oteta huomioon yhteensovi-
tuksessa. Ylläpidon ja kiertotalouden näkökulmasta olisi tärkeää, että kaikki tuotevaihdot teh-
dään dokumentoidusti, jotta rakentamisen jälkeen on selvää, mitä tuotteita on käytetty.

Deterministinen sopimuksilla johtaminen

Deterministisellä sopimuksilla johtamisella tarkoitetaan rakentamiseen vakiintunutta tapaa,
jossa sopimuksilla yritetään etukäteen määrittää tarkasti projektin kulku, vaikka tosiasias-
sa projektien toteutukseen liittyy aina epävarmuuksia. Esimerkkinä tällaisesta sopimusjohtami-
sesta ovat laatuun liittyvät kirjaukset, joilla kielletään virheiden tekeminen ja aikatauluihin liit-
tyvät kirjaukset, joilla kielletään myöhästymisen. Näillä kirjauksilla ei kuitenkaan ole saatu ai-
kaan nollavirheluovutuksia tai viiveettömiä hankkeita. Käytännössä tilanteet poikkeavat niin
paljon sopimusten määrittämisestä ideaalitalanteesta, että sopimusten rooli ohjauksen välineenä
jää käytännössä vähäiseksi. Laadun parantamiseksi virheistä pitäisi oppia, juurisyyt pitäisi sel-
vittää ja niitä ratkaista systemaattisesti. Sopimuskirjausten vuoksi virheitä ja viiveitä pyritään
peittelemään ja juurisyyn sijaan etsitään ensimmäinen oman organisaation ulkopuolella oleva
pintasy. Sopimuksen tekemisen jälkeen tilaajalla on hyvin vähän keinoja johtaa urakoitsijoi-
den toimintaa sopimusten ulkopuolella. Sopimusjohtamiseen liittyviä juurisyyt ovat myös

osaoptimointi pilkkomalla urakoita, riskienhallinnan puutteet ja ristiriitaiset asiakirjat (esim. onko aliurakoitsijalle ymmärretty vastuuttaa kaikki tarpeelliset tehtävät).

Ennakkosuunnittelu

Ennakkosuunnittelu tarkoittaa tehtäväkohtaista rakentamisen prosessin suunnittelua. Nykyrakentamisessa ennakkosuunnittelu jää usein kokonaan tekemättä tai sitä ei tehdä riittävällä tarkkuudella. Hyvä ennakkosuunnittelu mahdollistaa sujuvan rakentamisen. Ongelmana on liian suuri eräkkö, puutteellinen materiaalien ja logistiikan suunnittelu, puutteellinen resursien suunnittelu ja puutteellinen aikataulut. Ennakkosuunnittelun tulisi kuvata tarkasti, miten työ tehdään, mukaan lukien aloitusedellytysten suunnittelu, materiaalien suunnittelu, menetelmien suunnittelu, työturvallisuuden suunnittelu sekä työn tarkka aikataulutus. Jos ennakkosuunnittelu on puutteellinen, työn laadukkaan suorittamisen vaatimat aloitusedellytykset puuttuvat ja tavoiteltu laatutaso ei ole tekijöiden tiedossa. Ennakkosuunnitteluun ei nykyprosessissa useinkaan osallisteta työn tekijöitä, joilla on paras käsitys tehtävän sisällöstä.

Aikataulu

Aikataulua ei laadita tai ylläpidetä realistisesti. Työn saamisen toivossa luvataan tiukka aikataulu, ja kun luvatusa aikataulusta ollaan myöhässä, aikatauluja ei päivitetä. Tällöin työnjohdolla ja tilaajalla ei ole todellista käsitystä projektin tilanteesta. Projektin loppuun varattua aikaa toimintakokeille ja tarkastuksille käytetään säännönmukaisesti puskurina rakennustöiden saattamiseksi loppuun, mutta tätä ei kuitenkaan esitetä aikatauluissa. Tämä taas johtaa siihen, ettei toimintakokeita ehditä järjestää kunnolla tai ne jätetään kokonaan tekemättä. Tällöin ongelmien havaitseminen jää käytön ajalle. Aikatauluun viivettä aiheuttavat myös ulkopuoliset tekijät, kuten rakennusvalvonnan lupaprosessi, jolle tulee varata riittävästi aikaa. Töiden aloitus riippuu luvan saamisesta.

Käyttäjän tarpeiden huomioiminen

Koko rakentaminen perustuu siihen, että rakennettaville tiloille on käyttöä ja että tilojen tulee palvella käyttäjien tarpeita. Käyttäjällä tulee siis olla mahdollisuus vaikuttaa rakennuksen ominaisuuksiin suunnittelun kautta. Käyttäjälähtöiset ongelmat syntyvät, kun käyttäjiä kuullaan liian myöhään tai kun käyttäjät muuttavat mieltään liian myöhään. Molemmissa tapauksissa syntyy hukkaa uudelleensuunnittelusta ja pahimmillaan uudelleenrakentamisesta. Näiden lisäksi liian myöhäiset muutokset voivat viivästyttää koko projektin valmistumista. Ongelmia syntyy myös, jos käyttäjän toiveita ei ole tuotu selvästi suunnittelijoiden ja rakentajien tietoon. Tämä voi johtaa esimerkiksi tuotevaihtoihin, jotka teknisessä mielessä ovat toimivia, mutta eivät sovellu käyttäjän tarpeisiin.

3.3.2 Ratkaisut juurisyiden poistamiseksi

Työpajoissa tunnistettiin aiempien tutkimusten ja osallistujien kokemusten perusteella useita mahdollisia keinoja, joilla juurisyitä voitaisiin poistaa. Ratkaisut on luetteloitu taulukossa 2 ja esitellään seuraavaksi.

Taulukko 2: Ratkaisuja laatuongelmien juurisyiden poistamiseksi

Juurisyys	Ratkaisut
Käyttäjän tarpeiden huomioiminen	• Systemaattinen toiminnan varmistus suunnittelusta takuuaajalle • Lukitus/jäädytysaikataulu ja toimintamalli muutoksille
Suunnittele niin kuin rakennat	• Työmaan ja suunnittelun parempi yhteistyö: aikainen urakoitsijan osallistaminen, enemmän suunnitteluresurssia läpi projektin, myös toteutuksen aikana, takaisinkytkentä virheistä suunnittelijalle • Kehitysvaiheet • Systemaattiset suunnitelmakatselmukset • Suunnitteluun selkeämpi työnjako (kokonaisuus vs. tuotanto) • Detaljisuunnittelu, tarkkuustason parantaminen • Massakustomointi ja vakiointi suunnittelussa, vähemmän uniikkeja ratkaisuja
Rakenna niin kuin suunnittelet	• Päivittäisjohtaminen, laatupiirit, työn aloituspalaverit urakoitsijoiden ja tekijöiden kanssa • Tuotetiedon linkittäminen suunnitelmiin, koneluenta, tiedon jalostamisen mahdollisuudet • Sisäänrakennettu laatu esim. työvaiheiden itselle luovutukset tarkastuslistojen avulla, ja Mistakeproofing • Laatuvaatimusten jalkauttaminen asentajille, miksi laadulla on väliä (as-built-tiedon tärkeyden korostaminen) • Automaattiset mittausmenetelmät toleranssiongelmiin vähentämiseksi • Poikkeamien tunnistaminen ja juurisyiden ratkaiseminen • Malliasennukset
Hankinta ja sopimukset	• Tuotehyväksyntäprosessin selkeytys • Kilpailutus varhaisen vaiheen suunnitelmilla, joihin voi vielä vaikuttaa • Kokonaisuuden hallinta • Urakkamuodot, jotka mahdollistavat osallistumisen suunnitteluun
Ennakkosuunnittelu	• Tekijän osallistaminen tehtäväsuunnittelussa/suunnittelussa • Tuotannon suunnittelu • Pieni erä koko • Logistiikan suunnittelu • Resurssien suunnittelu • Tekoälyn käyttö laatuvaatimusten ja aloitusedellytysten kasaamiseen
Aikataulu	• Aikataululla johtaminen, aikataulun päivittäminen • Puskurit näkyviksi aikatauluun • Projektin lopussa pyhitetty aika (4vko), jolloin RU-työt on kielletty • Luovutusvaiheen aikataulun laatiminen heti alussa • Aikataulujohdamisen selkeytys (ollaanko aikataulussa vai voidaanko valmistua aikataulussa) • Suunnitelma- ja suunnitteluajataulu

3.3.2.1 Ratkaisuja juurisyyn 1: Käyttäjän tarpeiden huomioon ottaminen oikea-aikaisesti

Käyttäjä sitoutetaan hankkeeseen usein liian myöhään eikä käyttäjän tarpeiden huomioon ottaminen ole systemaattista. Hankkeista puuttuvat systemaattinen toiminnan varmistus ja toimintamalli muutoksille.

Systemaattinen toiminnan varmistus suunnittelusta takuuajalle

Toiminnan varmistuksen tarkoituksena on taata rakennus, joka toimii käyttäjien tarpeiden mukaisesti. Suunnitteluvaiheessa toiminnan varmistus takaa käyttäjien tarpeiden viemisen suunnitelmiin sekä sen, että suunnitelmat toteuttamalla aikaansaadaan halutut tilat ja olosuhteet. Rakennusvaiheessa ja takuuajalla toiminnanvarmistus validoi, että toteutus ja toiminta vastaavat suunniteltua. Erityinen painoarvo on vastaanottoa edeltävissä tarkastuksissa ja toimintakokeissa. Toiminnanvarmistuskonsultointia myydään erillisenä palveluna, mutta sisäänrakennetun laadun näkökulmasta parasta olisi, jos nämäkin tehtävät kuuluisivat olemassa oleviin toimitussisältöihin. Toiminnan varmistus korostuu erityisesti monimutkaisissa taloteknisissä järjestelmissä, joissa on rajapintoja eri toimijoiden välillä. Toiminnan varmistus voi koskea myös tilojen tai rakennusosien käytettävyyttä. Kilpeläinen ym. (2023) ovat tehneet talotekniikan toiminnan varmistamisesta tutkimusraportin.

Lukitus- ja jäädytysaikataulu ja toimintamalli muutoksille

Suunnitelmien jäädytyksellä viitataan siihen, että arkkitehti käy tilaratkaisun ja huonekortit (vaatimusmalli) käyttäjän kanssa läpi ja käyttäjä hyväksyy ratkaisun, minkä jälkeen ratkaisu jäädytetään. Jäädytyksen jälkeen käyttäjä ei voi enää tehdä muutoksia ilman vaikutusta kustannuksiin ja aikatauluun. Lukituksella viitataan siihen, että tiloihin on suunniteltu tekniset järjestelmät ja rakenteelliset detaljit sekä suunnitelmat on yhteensovitettu ja urakoitsijoiden hyväksymät. Lukituksen jälkeen suunnitelma on kokonaisuutena lukittu, eikä sitä saa enää muuttaa ilman vaikutusta kustannuksiin ja aikatauluun, koska hankinta ja työn ennakkosuunnittelu lähtevät liikkeelle lukituksesta. Jäädytyksen ja lukituksen välissä pitäisi ottaa huomioon urakoitsijoiden antama palaute, päivittää valitut tuotteet suunnitelmiin ja ratkaista kaikki yhteensovitukseen liittyvät asiat riittävän tarkalla tasolla.

Jäädytykset ja lukitukset voidaan tehdä koko rakennukselle tai sen osalle. Esimerkiksi tahtituotannossa suunnitelmien jäädytys- ja lukitus tehdään usein tahtialueita vastaavin kokonaisuuksin, usein kuitenkin isompina kokonaisuuksina kuin tahtituotantona toteutettu työ. Avoimen rakentamisen periaatteiden mukaisesti voidaan edetä kiinteistä tilaosista puolikiinteisiin ja muuntuviin tilaosiin. Huomionarvoista on, että muuntuvan tilaosan muutokset vaikuttavat erityisesti teknisten ratkaisujen osalta merkittävästi myös kiinteiden tilaosien suunnitteluratkaisuihin.

Kokonaisuuden kannalta on tärkeää, että rakennuksesta tulee toimiva ja käyttäjän tarpeisiin sopiva. Jos jäädytyksen tai lukituksen jälkeen huomataan toimimaton ratkaisu, se tulee nostaa

nopeasti esiin, koska korjaaminen suunnitteluvaiheessa on halvempaa kuin valmiin rakennuksen muokkaaminen. Tällaisen tilanteen varalta tulee kuitenkin olla etukäteen mietitty menettely, jolla varmistetaan siitä, että muutoksen kustannukset aiheutuvat sille, joka muutoksesta vastaa, ja projektin aikataulua päivitetään vastaavasti. Esimerkiksi jos käyttäjä tekee muutoksen jäädytyksen jälkeen, kustannukset käyttäjälle nousevat ja käyttöönotto voi viivästyä.

3.3.2.2 Ratkaisuja juurisyyn 2: Suunnittele niin kuin rakennat

Laadun parantamiseksi suunnittelun rakennettavuuteen on kiinnitettävä huomiota. Hyviä kokemuksia on saatu työmaan ja suunnittelun yhteistyön parantamisella sekä aikaisella urakoitsijan osallistumisella. Esimerkiksi yhteiset kehitysvaiheet ovat parantaneet suunnitelmien rakennettavuutta. Suunnittelijoiden tehtäväluetteloista puuttuu detaljisuunnitteluun liittyviä tehtäviä, mikä johtaa improvisointiin ja laatuvirheisiin työmaalla. Työmaalla tehtävä suunnittelu pitäisi minimoida ja siirtää se suunnittelupöydälle. Tämä edellyttää tehtäväluetteloiden päivytystä.

Työmaan ja suunnittelun parempi yhteistyö ja aikainen urakoitsijan osallistaminen, yhteiset kehitysvaiheet

Urakoitsijoiden pitäisi osallistua enemmän suunnitteluvaiheeseen esimerkiksi yhteisiä kehitysvaiheita hyödyntämällä. Urakoitsijoilla on rakentamisen menetelmiin, työjärjestelyihin ja rakennettavuuteen liittyvää osaamista, jota suunnittelijoilla ei ole käytettävissään. Mitä pidemmälle suunnitelmat on viety ennen urakoitsijan osallistamista, sitä rajallisemmat ovat mahdollisuudet vaikuttaa ratkaisuihin. Varsinaisen suunnitelmien kehittämisen lisäksi osallistuminen kehitysvaiheeseen lisää sitoutumista tehtyihin ratkaisuihin, mikä osaltaan voi parantaa rakentamisen laatua.

Urakoitsijoiden osallistaminen tulee toteuttaa projektin tavoitteita palvellen. Yhtenä riskinä on, että suunnitelmien kehittämiseen osallistuvat henkilöt eivät myöhemmin vastaa tuotannosta. Tällöin työmaan käynnistyttyä voidaan päätyä tilanteeseen, jossa suunnitelmien laatua kritisoidaan ja muutostarpeita esitetään, vaikka ratkaisut on hyväksytty aiemmassa vaiheessa. Tämän vuoksi on tärkeää, että kehitysvaiheeseen osallistuvat myös ne henkilöt, jotka vastaavat toteutuksesta.

Lisäksi rakentamisen laatua voidaan parantaa työmaa-aikaisella yhteistyöllä, jossa esiin nousevat ongelmat ratkaistaan nopeasti ja yhteistyössä projektin kokonaisedun näkökulmasta. Työmaa-aikainen yhteistyö edellyttää, että suunnittelijoita on käytettävissä myös toteutuksen aikana. Tällä taataan riittävän nopea ongelman ratkaisu ja muutossuunnitelmat, jos työmaalla kohdataan ongelmia. Erityisesti nopeatahtisessa rakentamisessa päivien viive ongelmien ratkaisussa on merkittävä hidaste koko projektille ja ongelmat pääsevät kasaantumaan. Tämän mahdollistamiseksi suunnitteluun tulee varata nopeasti käytettävissä olevia suunnittelijoita ja tälle työlle tulee olla tilaus esimerkiksi tuntityönä tai kiinteään kokonaispalkkioon kuuluvana.

Työpajoissa todettiin, että suunnittelijan läsnäolo työmaalla on koko projektin hyväksi. Suunnittelijan pidempiaikainen läsnäolo on mahdollista, jos projektin työkuorma mahdollistaa keskittymisen siihen kokonaisten päivien ajan. Haasteena on suunnittelijan työn pirstaloituminen useisiin samanaikaisiin projekteihin. Suunnittelijan läsnäolo ja vuorovaikutus työmaalla vaikuttavat positiivisesti urakoitsijoiden asenteisiin suunnittelua kohtaan. Jos suunnittelija osoittaa kiinnostusta suunnittelun laatuun suhteessa rakentamiseen, myös asentajat suhtautuvat suunnitelmiin myönteisemmin. Suunnittelijan osallistuminen työn aikana ja myös takuutarastukseen mahdollistaa suunnittelun jatkuvan kehittymisen, kun saadaan aikaan takaisinkytkentä virheistä suunnittelupöydälle.

Systemaattiset suunnitelmakatselmuks

Materiaalilauksista ja asentamisesta vastaava urakoitsija pitäisi vastuuttaa tarkastamaan suunnitteluaineiston rakennettavuus esimerkiksi tahtialueittain hyvissä ajoin ennen materiaalilauksia ja työn alkamista. Tämä on mahdollista, jos suunnitelmien jäädytys- ja lukitusprosessi on käytössä. Sopimuksiin pitäisi kirjata systemaattiset suunnitelmakatselmuks tahtialueita vastaavasti suunnitelmien jäädytyksen jälkeen ja ennen niiden lukitsemista. Suunnittelijoille pitäisi varata tunteja ja kalenteriaikaa urakoitsijoiden kehitysehdotusten toteuttamiseen jäädytyksen ja lukituksen välissä. Ainakin vakavat ristiriitaisuudet, puutteet ja puuttuvat mitoitukset pitäisi saada korjattua hyvissä ajoin ennen töiden alkua.

Detaljisuunnittelu, tarkkuustason parantaminen

Suunnittelun tarkkuustason parantaminen mahdollistaa paremman laadun rakentamisvaiheessa. Detaljisuunnittelussa tulee huomioida rakennettavuus: asennukselle ja siihen tarvittaville työkaluille on tilaa, suunnitelma on tehty oikeilla osilla ja sisältää kaiken mitä asennetaan, suunnitelma on huomioinut yhteensovituksen muiden suunnitelmien kanssa ja toleranssihallintaa on sovellettu. Detaljisuunnittelu on tarpeellista myös tarkkojen määrätietojen saamiseksi tuotannon suunnittelua varten sekä mahdollistaa automaattista tiedon jalostusta esimerkiksi hiilijalanjäljen laskemista varten.

Suunnitteluun selkeämpi työnjako: kokonaisuus vs. detaljointi

Suunnittelussa on tärkeää, ettei tarkkuustasoa kasvateta liian aikaisin. Alkuvaiheessa tärkeintä on muodostaa tarvittavat järjestelmäkokonaisuudet ja kuvaukset varusteluista. Erikseen tehtävä toteutussuunnittelu tai detaljisuunnittelu tekee tarkat tietomallit ja piirustukset asentamista varten. Ideaalitalanteessa suunnittelun detaljointi on linkitetty rakentamisen tuotantoon siten, että suunnitelmat valmistuvat tarpeen mukaan. Suunnittelun tarkkuustason kehittymisen tapahtuu suhteessa lukitus- ja jäädytysaikatauluun siten, että tarkan suunnittelun uudelleentekemisen riski lähtötietojen muuttumisen vuoksi on minimoitu. Liian tarkka suunnittelu lukitsee suunnitteluratkaisuja ja niiden muuttamisen kustannus kasvaa uudelleentekemisen määrän kasvaessa.

Yhtenä ratkaisuna suunnittelussa on käyttää mallin kypsyyssindeksiä (Model Maturity Index, MMI) (Hansen ym. 2022), joka on tietomallin objektien attribuutti ja ilmaisee kyseisen objektin geometrian ja sijainnin valmiusasteen. Suunnittelijat eivät halua esittää tietomallissa liian keskeneräisiä järjestelmiä, mikä johtaa liian aikaisin tehtävään liian tarkkaan suunnitteluun. MMI:llä voitaisiin ratkaista tätä ongelmaa ja tehdä karkean tason reittisuunnitelmia ilman lopullista sitoutumista suunnitelmissa esitettyihin sijainteihin ja dimensioihin.

Massakustomointi ja vakiointi suunnittelussa, vähemmän uniikkeja ratkaisuja

Suunnittelun laatutasoa parantaisi siirtyminen pois uniikeista ratkaisuista. Standardoitujen ratkaisujen kehittäminen ajan myötä parantaa niiden laatua. Uuden uniikin ratkaisun suunnitelma voi joka kerta kohdata uusia ongelmia. Vakiointi mahdollistaa myös suunnittelukustannuksen minimoimisen, erityisesti kun suunnittelun tarkkuustasoa parannetaan ja siirrytään teollisempiin rakennusmenetelmiin. Suunnitelmien vakiointi vakioi myös valmistus- ja rakennusprosesseja, mikä parantaa laatua ja mahdollistaa systemaattisen kehittämisen. Suunnittelijoiden liiketoimintamallia pitää muuttaa tämän aikaansaamiseksi, koska tuntiperusteinen suunnittelu ei kannusta vakioimaan.

3.3.2.3 Ratkaisuja juurisyyn 3: Rakenna niin kuin suunnittelet

Vaikka suunnitelmien rakennettavuudessa ei olisi ongelmia ja asennus olisi tehtävissä suunnitelmien mukaan, erityisesti taloteknisten järjestelmien asennukset ja reititykset poikkeavat usein suunnitelmista. Haaste on kulttuurinen. Osittain haasteet liittyvät myös siihen, että urakoitsijoiden tuotevalintoja ei päivitetä suunnitelmiin, joten yleisten tuotteiden perusteella laadittua suunnitelmaa ei voi noudattaa tarkasti.

Laatuvaatimusten jalkauttaminen asentajille, miksi laadulla on väliä (As-built-tiedon tärkeyden korostaminen)

Tämän hankkeen lähtökohtana oli, että yksittäiset toimijat tai rakentajat eivät tee tahallaan huonoa laatua, vaan laatuongelmat syntyvät toimijoiden rajapinnoissa ja johtuvat epäselvyyksistä ja puutteellisista ohjeista. Laatua voidaan siis parantaa kertomalla selkeästi laatuvaatimukset rakennustyön tekijöille. Laatuvaatimukset voidaan paremmin tuoda rakentajien tietoon järjestämällä töiden aloituspalaverit, systemaattiset suunnitelmakatselmuksot ja malliasennukset.

Malliasennukset toimivat sekä suunnittelun että työn laadunvarmistuksessa. Malliasennuksella todetaan, onko suunnitelma rakennettava ja mitä mahdollisia muutoksia suunnitelmiin vaaditaan. Työ voidaan katselmoida huolellisesti ja kertoa tekijöille kriittiset osa-alueet. Malliasennus toimii sisäänrakennettuna laatuna, koska toistamalla malliasennuksen työn tulisi täyttää sille asetetut laatuvaatimukset. Malliasennus voi olla pienessä kohteessa esimerkiksi ensimmäinen tahtialue, jolle varataan enemmän aikaa. Isommissa kohteissa voidaan järjestää erillisiä mallitiloja. Malliasennuksen tarkastukseen pitäisi osallistua pääurakoitsijan ohella suunnittelijat ja rakennuttaja. Toiminnallisuuden kannalta olennaisten työvaiheiden malliasennuksen

katselmointiin pitäisi ottaa mukaan myös käyttäjän edustaja, jolloin voidaan vähentää myöhäisiä käyttäjän muutoksia.

Tuotetiedon linkittäminen suunnitelmiin, koneluenta, tiedon jalostamisen mahdollisuudet

Määrä- ja tuotetietojen tulee olla koneluettavissa suunnitteluasiakirjoista ilman ihmisen tulkintaa ja määrälaskentaa. Tällä hetkellä tiedot on hajautettu useisiin eri lähteisiin eikä tietomallista saatava määrätieto ole paikkansapitävää. Tuotetietojen lisääminen suunnitelmiin tukee sijainti- ja työvaihekohtaista tuotannon suunnittelua, liittyy olennaisesti detaljisuunnitteluun sekä mahdollistaa lisäksi tiedon jatkokäytön esimerkiksi hiilijalanjälkilaskelmissa. Automaattiseen digitaaliseen tiedonvirtaukseen ja tuotetiedon hallintaan liittyen on tehty useita Building 2030 -konsortion tutkimushankkeita (mm. Peltokorpi ym. (2026), luku 5).

Poikkeamien tunnistaminen ja juurisyiden ratkaiseminen

Kun havaitaan laadullinen poikkeama suunnittelussa tai rakentamisessa, se tulee tunnistaa, raportoida ja ratkaista. Suurimman osan ongelmista kohtaavat asentajat, jotka myös ratkaisevat ison osan niistä dokumentoimatta niitä mitenkään. Systemaattisen laadun parantamisen mahdollistamiseksi kaikki ongelmat tulisi kuitenkin raportoida ja niille määrittää juurisyitä. Juurisyiden määrittäminen tehdään 5-miksi-menetelmällä, josta esimerkkejä on esitetty myös tämän raportin luvussa 3.1. Laadun parantamista ja juurisyysanalyysijä ei pitäisi kohdistaa vain kalliisiin virheisiin, vaan myös jatkuvasti arkipäiväisten ongelmien analysointiin ja ratkaisuun.

Sisäänrakennettu laatu esim. työvaiheiden itselle luovutukset tarkastuslistojen avulla ja Mistakeproofing

Laatua voidaan parantaa sisällyttämällä prosesseihin käytäntöjä, jotka johtavat automaattisesti oikein tehtyyn työhön. Ensimmäisenä tarkoituksena on keskittyä toimenpiteisiin, jotka estävät virheen synnyn, ja toissijaisesti havaitsemaan tapahtuneen virheen sekä minimoimaan siitä aiheutuvia seurauksia. Keinoja voivat olla ihmisen havainnoinnin ja tulkinnan tarpeen poistaminen tai minimointi tai riskitekijöiden poistaminen. Lisätietoa esimerkein (<https://p2sl.berkeley.edu/mistakeproofing/>).

Markkinoilla on esimerkiksi automaattisia mittausteknologioita, jotka voivat tietomallin pohjalta merkitä seinien sijaintia tai osoittaa laserilla tietomallista valittuja pisteitä. Mittauksen automatisointi tietomallipohjaisesti parantaisi laatua, koska nykyprosessissa mittauksia ei varsin usein tehdä ollenkaan tai ne tehdään mittanauhalla, mikä johtaa mittaustoleranssiin.

3.3.2.4 Hankintaan liittyvät kehityskohteet

Hankinnassa lyödään lukkoon pelisäännöt hankittavan kokonaisuuden osalta. Hankinnan jälkeen tehtävät muutokset ovat usein kalliita, koska ne johtavat lisä- tai muutostöihin. Hankkeen tavoiteltu prosessi pitäisi olla tiedossa ja selvillä osapuolia valittaessa. Erityisesti laadun kannalta hankinnassa pitäisi ottaa huomioon edellä mainitut systemaattiset suunnitelmakatselmuksukset, suunnitelmien jäädytys ja lukitus, aloituspalaverit, tarkistuslistat ja

toleranssivaatimukset. Lisäksi laatua parantaisi tuotehyväksyntäprosessin selkeytys ja osapuolten kilpailutus siinä vaiheessa, jotta heidän asiantuntemustaan ehditään hyödyntää ennen suunnitelmien lukitusta.

Tuotehyväksyntäprosessin selkeytys

Tuotehyväksyntäprosessi tulee päättää ennen projektin aloittamista. Huolimattomasti tehdyt tuotevaihdot voivat heikentää tuotteen laatua, jos tuotevaihdon seurauksia järjestelmätasolla ei tarkastella huolellisesti. Siksi tulee olla selkeä menettely sille, miten urakoitsijan esittämät tuotevaihdot käsitellään: mitä tarkasteluja vaaditaan, kuka tekee tarkastelut, kuka voi hyväksyä vaihdon ja kuka vastaa tarkastelun sekä suunnitelmien päivittämisen kustannuksista. Valittujen tuotteiden yhteensopivuus pitäisi tarkastaa ja mahdolliset geometriamuutokset pitäisi päivittää törmäystarkasteluun.

Kilpailutus suunnitelmilla, joihin voi vielä vaikuttaa

Valmiilla suunnitelmilla kilpailutus johtaa siihen, että suunnitelmien jäädytyksestä ja lukituksesta saatava hyöty vähenee merkittävästi. Optimitalanteessa urakoitsijat osallistuvat suunnitteluun jäädytyksen ja lukituksen välillä. Jäädytetyn suunnitelman tarkkuustason pitäisi mahdollistaa detaljien lisäämisen urakoitsijoiden kanssa sovitusti. Liian pitkälle viedyt suunnitelmat johtavat siihen, että muutokset vaativat uudelleensuunnittelua. Tarkkuustaso pitäisi valita siten, että se mahdollistaa urakoitsijoiden innovaatiot ja yhteistyön jäädytyksen ja lukituksen välillä. Määrätiedot hankintaa varten voidaan arvioida esimerkiksi SKOLin (2021) esittämällä mallilla.

Urakkamuodot, jotka mahdollistavat osallistumisen suunnitteluun

Keskeistä laadun parantamisessa on suunnittelun ja rakentamisen parempi yhteistyö, joka alkaa nykyistä aikaisemmin ja jatkuu pidemmälle projektin toteutukseen. Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista monilla perinteisillä toteutusmuodoilla, joissa suunnittelu ja rakentaminen on selvästi ja tarkoituksella erotettu ajallisesti. Laadun parantamiseksi tarvitaan yhteistoiminnallisia toteutusmuotoja. Vähintäänkin perinteisiin toteutusmuotoihin on lisättävä yhteisiä kehitysvaiheita.

3.3.2.5 Ennakkosuunnitteluun liittyvät kehityskohteet

Tuotannon suunnittelu on rakennussuunnittelusta erillinen tehtävä, jossa määritellään, miten suunnitelmat toteutetaan käytännössä. Tuotannon suunnitteluun kuuluvat muun muassa eräkköjen, logistiikan, työryhmien, aikataulun ja työmenetelmien suunnittelu. Keskeistä on tehtäväkokonaisuuksien jakaminen työryhmille, työvaiheiden keskinäisen järjestyksen määrittely sekä esimerkiksi esivalmistuksen hyödyntämisen suunnittelu. Myös hankinta ja hankintojen ajoitus ovat olennaisia osia tuotannon suunnittelussa. Kullekin työvaiheelle tulee määrittää laadulliset tavoitteet sekä aloitusedellytykset.

Tehtäväsuunnittelu (mm. Junnonen & Seppänen 2004) sisältää tarvittavat osa-alueet, mutta tehtäväsuunnitelmien laatiminen käytännössä on jäänyt vähäiseksi 2000-luvun alun liian ”by-rokraattisten” vaatimusten vuoksi. Tarvitaan kevyempi menettely, jossa myös tehtävän tekijät (=asentajat) osallistuvat tehtävän suunnitteluun. Tehtäväsuunnittelu pitäisi tehdä pienellä eräkoolla. Tehtäväsuunnitteluun pitäisi kuulua ainakin: 1. laatuvaatimusten ja työohjeiden läpikäynti, 2. materiaalien tarkka laskeminen tahtialueittain, 3. logistiikan suunnittelu täsmätoimituksilla, 4. tehtävän jako tarkempiin työvaiheisiin, 5. työturvallisuuteen liittyvien riskien kartoitus ja toimintatapojen määrittäminen, 6. suunnitelmien tarkastus ja 7. työn aloitusedellytysten määrittäminen. Alkuperäiseen tehtäväsuunnittelumalliin kuuluva tavoitearvion tarkastus yms. ei ole laadun kannalta niin olennaisia.

3.3.2.6 Aikatauluun liittyvät kehityskohteet

Laadun parantaminen edellyttää pieniä eräkoja ja jatkuvaa oppimista. Tahtituotantoon nämä ovat sisäänrakennettuina. Tahtituotantoa on käsitelty useissa Building 2030 -konsortion raporteissa (Lehtovaara ym. 2019; Seppänen ym. 2020; Seppänen ym. 2024; Seppänen ym. 2025; Rieki & Seppänen 2026)

Tahtituotannon lisäksi aikatauluja pitäisi kehittää erityisesti luovutusvaiheen osalta sekä suunnitelma- ja suunnitteluajataulun laadinnan osalta. Nykyinen tapa hyödyntää luovutusvaihetta ”puskurina” pitäisi lopettaa ja luovutusvaihe pitäisi varata luovutukseen. Luovutusvaiheen aikataulu laaditaan yleensä liian myöhään, kun aikataulu on jo myöhästynyt suunnitellusta. Sen sijaan luovutusvaihe pitäisi suunnitella jo urakan alkupuolella, eikä rakennustöitä saisi sallia luovutusvaiheen aikana. Esimerkiksi kieltämällä rakennustyöt projektin lopussa (esim. viimeiset 4 viikkoa ”pyhitetty” luovutusvaiheelle) parannettaisiin rakentamisen laatua. Tällöin tarvitaan kuitenkin joustavampi tapa päivittää aikatauluja ja tarvittaessa keskustella lisäajasta hankkeen aikana.

Työvaiheiden kestot tulee esittää aikatauluissa todellisina suunniteltuina kestoina. Mahdolliset puskurit tulee esittää erillisinä puskuireina. Mikäli työvaihe viivästyy, kaikkien hankeosapuolten tulee tietää, millä puskurilla viivettä kompensoidaan ja kuinka suuren viiveen kyseinen puskur voi kattaa ilman vaikutusta projektin kokonaiskestoon, resurssien käyttöön tai työjärjestykseen.

Puskurien tarve tulee minimoida. Puskurit tulee tehdä näkyviksi eikä piilottaa niitä tehtäväkestoisiin. Ohjauksen ja tilannekuvan kannalta puskurit on tarkoituksenmukaisempaa jakaa projektin eri vaiheisiin kuin keskittää ne yhdeksi suureksi puskuriksi projektin loppuun. Epävirallisten puskurien, kuten toimintakoeajan käyttämistä yleisenä aikataulureservinä, tulee välttää.

3.3.2.7 Mistakeproofing

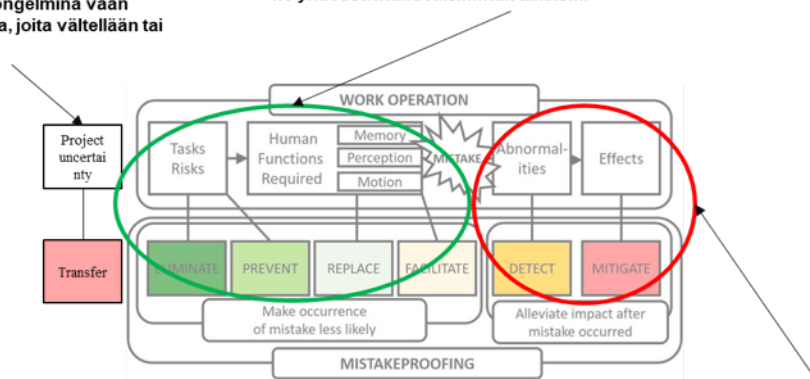
Poka Yoke eli Mistakeproofing on japanilainen käytäntö, jonka tarkoituksena on ensisijaisesti estää virheiden syntyminen (Kuva 4). Tämä tehdään määrittelemällä tehtävien sisällöt tarkasti

ja tekemällä suunnitelmasta poikkeaminen vaikeaksi. Päämääränä on prosessiin sisäänrakennettu laatu. Sen sijaan että luotettaisiin jälkijättöiseen laadunvarmistukseen, keskitytään siihen, että tehtävät tehdään oikein ensimmäisellä kerralla.

Ensisijaisesti pyritään estämään virheet eli tekemään niiden tekemisestä fyysisesti mahdotonta (1. työturvallisuusesimerkki: käyttää akkukäyttöisiä koneita jatkojohtojen sijasta, 2. auto ei käynnisty, jos kuljettajalla ei ole jalkaa jarrulla). Virhealtis prosessi voidaan korvata luotettavammalla prosessilla, esim. sapluunan käytöllä toistuvien mittausten sijaan. Tehtävät voidaan tehdä helpommin suoritettaviksi ja tarkastettaviksi (esim. ruuvien värikoodaus pituuden mukaan). Jos tämä ei ole mahdollista, virheistä pitäisi tehdä helppoja havaita (esim. autotien keskiviivan kuviointi hälyttää kuljettajan) ja vähentää niiden vaikutusta (henkilökohtaiset suojavälineet). Esimerkkejä löytyy paljon erityisesti työturvallisuudesta, mutta laadun tuottamiseen vastaavia keinoja on otettu käyttöön vähemmän.

Sopimusjohtaminen pyrkii hallitsemaan epävarmuutta etukäteen sopimuksin, vastuurajoin ja sanktioin. Poikkeamia ei käsitellä tuotannon ongelmina vaan sopimuspoikkeamina, joita vältellään tai siirretään eteenpäin.

Tuotannon johtaminen tunistaa poikkeamat normaaliksi osaksi rakentamista ja pyrkii ratkaisemaan/poistamaan ne yhdessä mahdollisimman aikaisin.



Perinteinen malli: pistokoemainen valvonta tunnistaa yksittäisiä laatu-poikkeamia, joille määritetään korjaaja, mutta ei juurisyytä.

Kuva 4. Mistakeproofing. Sovellettu perustuen (<https://p2sl.berkeley.edu/mistakeproofing/>).

4 Johtopäätökset

Hankkeen tärkein johtopäätös on, että huono tuottavuus ja laatu johtuvat samoista systeemisistä juurisyistä. On siis mahdollista parantaa molempia yhtä aikaa prosessia kehittämällä. Laatuun panostaminen parantaa tuottavuutta, mutta tuottavuuteen panostaminen ei välttämättä paranna laatua. Tämän takia rakennusalan kannattaisi ensisijaisesti keskittyä laadun parantamiseen, ja tuottavuus parantuu tämän sivutuotteena.

Tutkimus osoittaa myös, että uusia tarkastuksia ja koordinaattoreita ei tarvita, vaan parempi laatu syntyy paremmasta ennakkosuunnittelusta, suunnittelun kehittämisestä yksityiskohtaisempaan suuntaan sekä paremmasta yhteistyöstä suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välillä. Hankkeen lähtöoletuksena oli, että hankkeeseen on valittu toimijat, jotka pyrkivät toiminnassaan laadukkuuteen. Luonnollisesti tämä tarkoittaa sitä, että myös toimijat olisi valittava laadullisin kriteerein, ja kumppanuudet hyvää laatua tekevien kumppaneiden kanssa ovat parempia kuin joka kerta erikseen kilpailutettu, hintaan perustuva urakka.

Koska tuottavuus ja laatu kulkevat käsi kädessä, esimerkiksi läpimenoaikojen lyhentäminen tahtituotannolla ei ole ristiriidassa laadun parantamisen kanssa. Pienempi erä koko mahdollistaa virheiden huomaamisen aiemmin ja niiden estämisen tulevilla tahtialueilla. Aikataulun pito on kuitenkin erittäin kriittistä. Laatutasoltaan huonon hankkeen juurisyyanalyysissä korostui hankkeen viiveiden merkitys, mikä johti kiirehtimiseen useissa vaiheissa. Kiirehtimällä ei saa aikaiseksi hyvää laatua.

Tutkimus osoitti, että aikatauluviiveet aiheuttavat laatuongelmia ja laatuongelmat aiheuttavat aikatauluongelmia. Nykymallissa viivästyneestä vastaanotosta seuraa sakkoja, mutta vika- ja puutelistauksista ei. Vastaanotossa on usein lukuisia puutteita, mutta rakennus otetaan silti vastaan. Tällöin on kyseenalaista, onko projekti valmistunut ajallaan. Pitäisikö pohtia, kumpi skenaario on tilaajalle parempi ja laatia sopimusten bonukset ja sanktiot sen mukaan:

1. Projekti, joka valmistuu kaksi viikkoa aikataulusta myöhässä, mutta jossa ei vastaanoton jälkeen tarvitse järjestää jälkitarkastuksia eikä 1. vuoden takuutarkastuksessa paljasta urakoitsijan puutteellisia työsuorituksia
2. Projekti, joka valmistuu aikataulussa, mutta jossa kirjataan huomattava määrä vikoja ja puutteita vastaanottotarkastuksessa, ja vielä 1. vuoden takuutarkastuksessa. Jälkitarkastuksia joudutaan tekemään lukuisia.

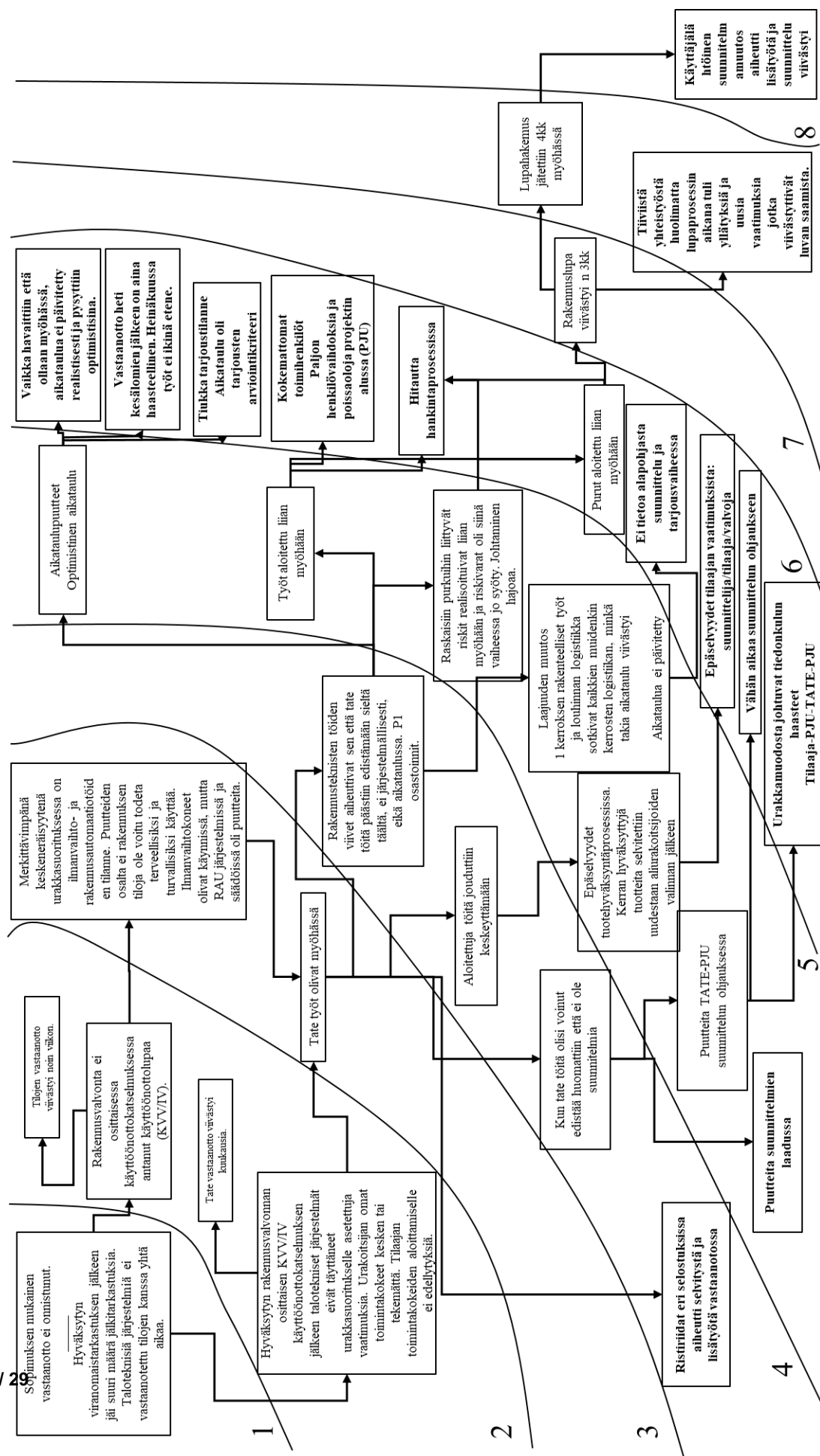
Rakennusliikkeet voisivat ottaa käyttöön enemmän laatuun liittyviä avaintunnuslukuja. Raportointi hankkeilta keskittyy tällä hetkellä enemmän työturvallisuuteen, aikatauluun ja kustannuksiin. Huono laatu vaikuttaa kaikkiin näihin ja voi olla aikatauluviiveiden ja karanneiden kustannusten juurisyy. Yhtenä pohdittavana asiana on, voisiko tulevaisuudessa kohteiden raportointi johdolle mennä laatu edellä: paljonko on löydetty virheitä ja puutteita, kuinka vakavia ne ovat ja mitkä ovat niiden juurisyyt? Ihmiset tekevät virheitä, mutta samaa virhettä ei ole

mitään syytä toistaa. Tästä saataisiin konkreettista kehitettävää, joka jatkossa vaikuttaisi positiivisesti myös tuottavuuteen, aikatauluun ja kustannuksiin.

5 Lähdeluettelo

- Hansen, U., Fosse, R., & Lædre, O. (2022). MMI in design process: Findings and improvement opportunities from a case study. *Procedia Computer Science*, 196, 763–771. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.074>
- Junnonen, J-M., & Seppänen, O.. (2004). Task Planning as a Part of Production Control. In Bertelsen, S., & Formoso, C. T. (Eds.), *12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Saatavilla: <https://iglc.net/Papers/Details/331>. Haettu 9.9.2026.
- Kilpeläinen, S., Simola, J., Mustakallio, P., & Kosonen, R. (2023). Talotekniikka 2030 – Toiminnan varmistaminen. Talotekniikka 2030 -hanke. Saatavilla: <https://www.aalto.fi/sites/default/files/2023-10/TH4.%20Toiminnan%20varmistaminen-loppuraportti.pdf>. Haettu 9.9.2026.
- Lehtovaara, J., Seppänen, O., Heinonen, A., Tomunen, L., Kulta, I., Kujansuu, P. & Grönvall, M. (2019). Tahti suunnittelussa ja tuotannossa. Loppuraportti. Saatavilla: https://www.aalto.fi/sites/default/files/2019-02/building_2030_tahti_suunnittelussa_ja_tuotannossa_loppuraportti_22.1.201.pdf. Haettu 10.9.2026
- SKOL (2021). Tate-mallinnus rinnakkaisen suunnittelun ja toteutuksen hankkeissa. Versio 1.1. Saatavilla: https://teknologiateollisuus.fi/skol/wp-content/uploads/sites/6/2025/05/SKOL_TATE_mallit-rinnakkainen_suunnittelu2021.pdf. Haettu 9.9.2026.
- Peltokorpi, A., Uusitalo, P., Valkonen, T., van den Brink, R., Alaluusua, T., Ruottinen, B. (2026). Teollinen rakentaminen, kiertotalous ja digitalisoidut toimitusketjut. Building 2030 loppuraportti. Luku 5. Saatavilla: <https://www.aalto.fi/sites/default/files/2026-03/B2030-Teollinen-rakentaminen-ja-digitalisoitu-toimitusketju-loppuraportti-17.3.2026.pdf>. Haettu 9.9.2026.
- Riekk, J. & Seppänen, O. (2026) Building 2030: Tahtituotannon suorituskyvyn mittaaminen. Building 2030 loppuraportti. Saatavilla: <https://www.aalto.fi/sites/default/files/2026-06/Building2030-tahtituotannon-suorituskyvyn-mittaus.pdf>. Haettu 10.9.2026
- Seppänen, O., Lehtovaara, J., Lappalainen, E., Uusitalo, P., Hiitola, T., Sahlberg, J. & Jääsvuo, J. (2020). Hajautettu työsuunnittelu. Loppuraportti. Saatavilla: <https://www.aalto.fi/sites/default/files/2020-12/Building2030-hajautettu-työsuunnittelu-v1.pdf>. Haettu 10.9.2026
- Seppänen, O., Peltokorpi, A., Riekk, J., Nieminen, L., Särkilahti, S., Vihavainen, O., Alaluusua, T., Pulkkinen, T. (2024). Digitaalisesti tuettu tahtituotanto. Loppuraportti. Saatavilla: <https://www.aalto.fi/sites/default/files/2024-01/Building2030-digitaalisesti-tuettu-tahtituotanto.pdf>. Haettu 10.9.2026
- Seppänen, O., Riekk, J., Kaihlaniemi, S., Inkala, E. & Virtanen, M. (2025). Building 2030: Tahtiohjaus. Loppuraportti. Saatavilla: https://www.aalto.fi/sites/default/files/2025-09/Building2030-tahtiohjaus-loppuraportti_0.pdf. Haettu 10.9.2026

28 / 29



Liite 2: Juurisyyanalyysi kerrostalon vesivuodosta

