



Teollinen ja digitalisoitu korjausrakentaminen

Building 2030 osahankkeen loppuraportti

Kirjoittajat¹:

Antti Peltokorpi, Roope Nyqvist, Krishna Chauhan, Alireza Ghassemi, Aalto-yliopisto,
Rakennustekniikan laitos



3.1.2023

¹ Tutkimuksen toteutuksessa on ollut mukana Aalto-yliopiston Rakennustekniikan laitoksen Building 2030 tutkimushankkeen yrityskumppanit: A-Insinöörit, Fira, Haahtela, Skanska, YIT, Granlund, Amplit, Lujatalo, Parma, Pohjola Rakennus, Ramboll, Ramirent, SRV, Stark, Tocoman ja Trimble.

Sisällysluettelo

1	Tiivistelmä	3
2	Johdanto.....	5
2.1	Tutkimuksen tausta.....	5
2.2	Tutkimuksen tavoitteet ja menetelmät.....	6
2.3	Tutkimusryhmän aiempi tutkimus korjausrakentamisesta	7
3	Tulokset	10
3.1	Riskien ja epävarmuuksien hallinta	10
3.1.1	Tausta, tavoitteet ja tutkimusmenetelmät	10
3.1.2	Tulokset.....	11
3.1.3	Yhteenveto ja johtopäätökset	18
3.2	Teollinen korjausrakentaminen	19
3.2.1	Tausta, tavoitteet ja tutkimusmenetelmät	19
3.2.2	Tulokset.....	20
3.2.3	Yhteenveto ja johtopäätökset	23
3.3	Digitaalisella tiedolla johtaminen korjausrakentamisessa	24
3.3.1	Tausta, tavoitteet ja tutkimusmenetelmät	24
3.3.2	Tulokset.....	26
3.3.3	Yhteenveto ja johtopäätökset	30
4	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	31
5	Lähdeluettelo	34

1 Tiivistelmä

Korjausrakentaminen on yksi vähiten prosessimainen ja vakioitu rakentamisen alue. Korjausrakennushankkeissa on myös paljon uutisoituja haasteita, kuten hankkeen laajuuteen ja tuotantotapaan vaikuttavia yllätyksiä ja näistä johtuvia kustannusylityksiä. Samalla korjausrakentamisen painoarvo rakentamisessa korostuu.

Projektissa tutkittiin ja kehitettiin menetelmiä, joilla korjausrakentamisesta saadaan projektien johtamisen ja lopputuloksen kannalta laadukkaampaa, tuottavampaa, ennakkoidumpaa ja hallittavampaa. Tutkimuksen toteutus jakautui kolmeen teemaan:

1. Korjaushankkeiden riskien ja epävarmuuksien hallinta
2. Teollisen rakentamisen mahdollisuudet korjausrakentamisessa
3. Digitaaliset tiedonhallinnan menetelmät korjauskohteissa

Korjausrakentamisen riskien- ja epävarmuuksien hallinnan osatutkimuksessa selvitettiin korjausrakentamisen riskienhallinnan nykytilaa. Työssä tunnistettiin keskeisiä ongelmakohtia, laadittiin yleinen riskienhallinnan prosessikuvaus ja luotiin riskityökalu konsortioyrityksien käyttöön. Hankkeessa aloitettiin myös menetelmän kehittäminen rakennushankkeen epävarmuusverkoston mallintamiseen, jota voidaan hyödyntää myös osana korjausrakentamisen riskienhallintaa.

Teollisten ratkaisujen osalta tunnistettiin korjausrakentamisen esivalmisteita sekä näiden käytön esteitä ja mahdollistajia. Neljä suurinta estettä ovat: 1) vähäinen kysyntä ei ole luonut riittävää tarjontaa ratkaisusta, 2) rajoitteet rakennusperintö- ja museokohteissa, 3) rakennusten epäselvät ja väljät toleranssit, ja 4) tilaa ei ole riittävästi teolliselle ratkaisulle. Viisi merkittävintä mahdollistajaa olivat: 1) laadun parantuminen, 2) projektin aikataulun lyhentyminen, 3) työnkulun parantaminen, 4) työturvallisuuden parantuminen ja 5) parempi energiatehokkuus.

Kolmannessa osatutkimuksessa tavoitteena oli kehittää kokonaisvaltainen digitaalisella tiedolla johtamisen malli korjausrakentamishankkeeseen. Korjausrakentamiseen kehitetyt digitaaliset ratkaisut ja työkalut ovat pääosin keskittyneet olemassa olevan rakennuksen tiedonkeruuseen ja näin kerätyn raakadatan käsittelyyn. Merkittävimmät haasteet koskevat epätarkkoja lähtötietoja, puutteellista kommunikointia ja koordinoitua sekä dokumentointia. Korjausrakentamisen johtamisen malleissa tulee nykyistä enemmän kiinnittää huomiota rakentamisen aikaiseen eri osapuolien, kuten suunnittelijoiden, tilaajan ja työmaan, kommunikointiin ja rakentamisen tilannekuvan visualisointiin.

Tutkimus osoitti, että korjausrakentamisen kirjo on laaja ja siksi johtamisen menetelmiä tulee sovittaa hanketyypin mukaan. Tutkimuksen synteessinä laadittiin nelikenttä, joka auttaa korjausrakentajia valitsemaan toimivia johtamismenetelmiä hankkeeseensa. Hankkeen

laajuuden ja yksilöllisyyden pohjalta, nelikenttä ohjaa valitsemaan teollisia tuotteita, vakioituja prosesseja tai yhteistoimintaa korostavia johtamismenetelmiä.

2 Johdanto

2.1 Tutkimuksen tausta

Korjausrakentaminen on yksi vähiten prosessimainen ja vakioitu rakentamisen alue. Korjausrakennushankkeissa on paljon uutisoituja projektihaasteita, kuten hankkeen laajuuteen ja tuotantotapaan vaikuttavia yllätyksiä ja näistä johtuvia kustannusylityksiä. Samalla korjausrakentamisen painoarvo rakentamisessa korostuu. Korjausrakentamisen roolia kasvattaa mm. lisääntyvät vaatimukset rakennusten energiataloudelle.

Aikaisempi Building 2030 konsortiossa tehty tutkimus on keskittynyt vahvasti uudisrakentamiseen. Vaikka uudis- ja korjausrakentamisessa on paljon samoja elementtejä, sisältyy korjausrakentamiseen myös erityispiirteitä, jotka hankaloittavat uudisrakentamisen menetelmien suoraa hyödyntämistä. Eroja uudisrakentamiseen liittyen esiintyy mm. seuraavissa (mm. Sahlberg, 2020; Kemmer 2018):

- 1. Olemassa oleva rakennus:** rakennuksen kunto, olosuhteet ja tilat lähtökohtana hankkeelle
- 2. Rakentamistehtävät:** erityisyytenä etenkin purku-, vahvistus- ja tuentatyöt
- 3. Toiminnot olemassa olevassa rakennuksessa:** häiriöiden ja muuttojen minimointi

Korjausrakentamisen vaikutuksia tuotannosuunnitteluun on tarkemmin esitetty Taulukossa 1. Yhteenvedona voidaan todeta, että korjausrakentamisessa on enemmän epävarmuuksia, jotka poistuvat vasta rakentamisen aikana. Lisäksi huomioon otettavia sidosryhmiä on useita ja rakentamisen optimoinnin ohella joudutaan minimoimaan häiriötä rakennuksen käyttäjille. Nämä kaikki aiheuttavan sen, että uudisrakentamisen menetelmät eivät tyypillisesti sellaisenaan sovellu korjausrakentamiseen.

Taulukko 1. Korjausrakentamisen tuotannosuunnittelun erityispiirteet (muokattu: Ratu S-1231 Korjausrakentamisen tuotannosuunnittelu)

Erityispiirre	Vaikutus tuotannosuunnitteluun
Lähtötietojen puutteet	Vanhojen rakenteiden kuntoa ei aina tunneta Piilossa olevien vanhojen rakenteiden toteutustapa ei ole aina tiedossa suunnitelmien puuttumisen tai virheellisyyden takia Työn aikana joudutaan muuttamaan työjärjestystä tai tuotantomenetelmää.
Vanhojen rakenteiden purku-, tuenta- ja vahvistustyöt	Yllätykset purkutoissa. Lisä- ja muutostyöt ovat yleisiä ja vaikuttavat tuotannosuunnitteluun Asbestipurkutyöt aiheuttavat aina erityisjärjestelyjä.
Korjausasteen vaihtelu kohteen eri osissa	<ul style="list-style-type: none">• Varmistetaan resurssien tasainen käyttö koko korjaustyön ajan.
Tilapäiset asennukset ja rakenteet käyttäjiä varten	Tilapäisjärjestelyt <ul style="list-style-type: none">○ liikennejärjestelyt sisä- ja ulkopuolella○ käyttäjien turvallisuus○ pölyntorjunta sekä

	<ul style="list-style-type: none"> ○ LVIS- järjestelmien toiminta suunnitellaan. Käyttökatkokset minimoidaan. Käyttäjien tiedotus suunnitellaan.
Työkohteiden ahtaus	Siirrot ja varastoinnit on suunniteltava huolellisesti. Ahtaus aiheuttaa menetelmärajoituksia.
Käyttäjien muutot	Käyttäjien muutot ja tiedotus on suunniteltava. Käyttäjälle aiheutettavat haitat minimoidaan: tilan korjausaikaa lyhennetään ja käytetään vähemmän haittaa aiheuttavia menetelmiä.
Tilakohtainen sallittu rakennusaika usein lyhyt	Korjausaikaa lyhennetään suunnittelu- ja tuotantoratkaisuilla: <ul style="list-style-type: none"> ○ pyritään matalaan korjausasteeseen ○ käytetään nopeasti asennettavia ja kuivuvia materiaaleja ○ siirretään työtä pois käyttäjien tiloista.

Erityispiirteiden ohella tuotanto- ja johtamismenetelmiin vaikuttaa korjausrakentamisen muoto. Korjausrakentaminen ei ole yksi monoliitti, vaan sen sisältä voidaan tunnistaa useita erilaisia hanketyyppejä, joita ovat esimerkiksi:

1. Peruskorjaus
2. Perusparannus
3. Uudistaminen
4. Lisärakentaminen
5. Konservointi/entisöiminen

Lähtökohtana on, että tuotanto- ja johtamismenetelmiä tulee sovittaa kuhunkin hanketyyppiin niiden erityispiirteiden pohjalta.

2.2 Tutkimuksen tavoitteet ja menetelmät

Projektin tavoitteena on tutkia ja kehittää menetelmiä, joilla korjausrakentamisesta saadaan projektien johtamisen ja lopputuloksen kannalta laadukkaampaa, tuottavampaa, ennakoidumpaa ja hallittavampaa. Lähtökohtana oli tarkastella aiempia konsortion tutkimusteemoja - kuten esivalmistusta, tahtituotantoa ja digitalisaatiota - korjausrakentamisen kontekstissa. Lisäksi hankkeessa kehitettiin erityisiä menetelmiä ja työkaluja korjausrakentamiselle tyypillisten ominaispiirteiden, kuten lähtötietojen heikon saatavuuden ja yllätysten, hallinnalle.

Tutkimuksen toteutus jakautui kolmeen teemaan:

1. Korjaushankkeiden riskien ja epävarmuuksien hallinta
2. Teollisen rakentamisen mahdollisuudet korjausrakentamisessa
3. Digitaaliset tiedonhallinnan menetelmät korjauskohteissa

Tutkimus toteutettiin yhdistelmänä konsortion yritysten ja niiden rakennushankkeiden case-tutkimuksia, asiantuntijahaastatteluita, kirjallisuuskatsauksia ja työryhmätyöskentelyä.

2.3 Tutkimusryhmän aiempi tutkimus korjausrakentamisesta

Tähän lukuun on koostettu hanketta edeltänyttä Aallon rakentamistalouden tutkimusta korjausrakentamiseen liittyen.

Useassa Aallon diplomityössä tai väitöskirjassa on tutkittu putkiremonttikohteita. Fager-Pintilän (2017) diplomityössä kehitettiin malli talotekniikan asennusten hallintaan linjasaneerauskohteissa. Työssään hän määrittäi vakioidut talotekniikan reititystehtävät (viemäri, vesi, sähkö ja ilmanvaihto) ja menetelmät seurata niiden edistymistä viikko- ja asuntotasolla. Tutkimus osoitti, miten korjausrakennuskohteita voidaan johtaa vakioitujen prosessien avulla.

Putkiremontteihin liittyen on tutkittu myös materiaalien täsmätoimituksia. Leväniemen (2018) diplomityö ja Tetikin ym. (2021) artikkeli tutkivat tehtäväkohtaista materiaalien setitystä logistiikkakeskuksissa ja niiden toimituksia täsmätoimituksina työmaan asennusmestolle. Useimmissa tehtävissä setityksen avulla voitiin varmistaa työmaan eteneminen aikataulussa sekä nostaa asennustyön tuottavuutta, kun asentajat pystyivät keskittymään varsinaiseen arvoa tuottavaan asennustyöhön materiaalien etsimisen ja kantamisen sijaan. Haasteena tunnistettiin mm. kaikkien alaurakoitsijoiden sitouttaminen JIT-toimituksiin logistiikkakeskuksen kautta.

Sahlberg (2020) puolestaan tutki diplomityössään tahtituotannon soveltuvuutta korjausrakentamiseen. Hän kehitti kolmivaiheisen tahtituotannon mallin (Kuva 1), jossa tahtituotannon periaatteita sovelletaan eri tavalla 1) valmisteleviin töihin, 2) sisävalmistusvaiheeseen ja 3) luovutusvaiheeseen. Sisävalmistusvaihe voi noudattaa pitkälti samoja periaatteita kuin uudisrakentaminen, mutta valmistelevisissä töissä, kuten purussa ja rakenteiden muutoksissa, korostuvat kyky joustoihin ja poikkeamiin. Samoin vaiheittaisen luovutuksen onnistuminen korostuu korjausrakentamisessa.



Kuva 1. Tahtituotanto korjausrakentamisessa (Sahlberg, 2020)

Tuotannonohjaukseen liittyen Aallossa on tutkittu myös resurssien sisäpaikannuksen toimivuutta ja hyödyntämismahdollisuuksia korjausrakennuskohteissa. Zhaon väitöskirjatutkimuksessa (Zhao ym., 2019) testattiin työntekijöiden paikannusta Bluetooth-

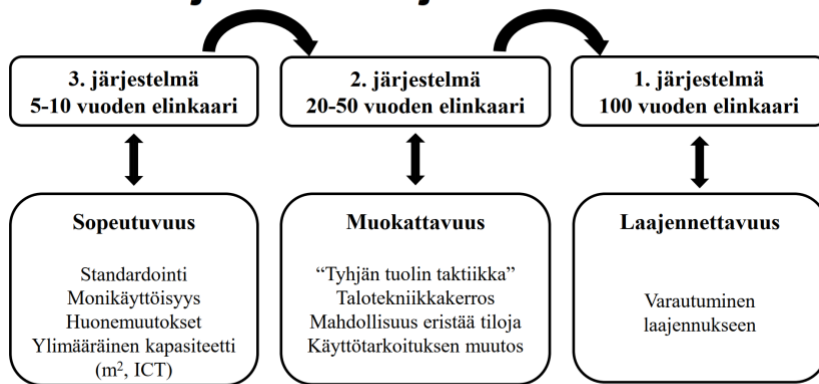
teknologialla mm. putkiremonttikohteissa ja toimistoremontissa. Tutkimuksessa havaittiin, että avoimessa toimistotilassa sisäpaikannus ei ole kovin tarkkaa ja että asuntokohteissa signaalia ei pystytä joka paikassa tunnistamaan. Silti tulosten perusteella sisäpaikannuksen avulla voidaan myös korjauskohteissa arvioida työntekijöiden arvoa tuottavan työn määrää ja tunnistaa työnkulun ja logistiikan ongelmia reaaliajassa.

Korjausrakentamisen riskienhallinnasta on myös tehty tutkimusta. Närhi (2019) kehitti diplomityössään menetelmän KVR-korjaushankkeen teknisten riskien tunnistamiseen ja arviointiin. Tutkimuksessa kehitettiin työkalu, jonka yksi osa on teknisten riskien tarkistuslista, minkä avulla tunnistetaan ja luokitellaan projektin riskejä. Tutkimuksen mukaan KVR-urakkamuoto soveltuu korjausrakentamisen hankkeisiin tietyin edellytyksin, joista tärkeimpiä ovat lähtötietojen tarkka määrittäminen aikaisessa vaiheessa hanketta, sekä urakoitsijan kokemus ja asiantuntijuus. KVR-korjaushankkeiden vastuunjako urakoitsijan ja rakennuttajan välillä vaihtelee hankkeittain, ja se täytyy aina määrittää hankekohtaisesti yhteistyössä urakoitsijan ja rakennuttajan välillä.

Building 2030 konsortion aiemmassa tutkimuksessa on tarkasteltu talotekniikan esivalmisteita (Peltokorpi ym., 2019). Korjausrakentamiseen soveltuvista esivalmisteista tarkasteltiin pinta-asennettavaa käyttövesimoduulia sekä kylpyhuonetalotekniikkakasettia. Molemmat esivalmisteen osoittautuivat kannattaviksi sekä kustannus-hyötyanalyysin että ei-rahallisiin hyötyihin keskittyvän analyysin perusteella. Hyödyissä isossa roolissa oli se, että esivalmiste lyhensi merkittävästi rakennuksen käyttökatoa.

Moduulit ja esivalmisteet on todettu osaratkaisuksi myös rakennuksen elinkaaren hallintaan, sillä niiden avulla voidaan vähentää työläiden ja ympäristöä haittaavien purkutöiden tarvetta ja valmistautua etukäteen rakennuksen päivittämiseen. Sairaaloiden modulaarisiin ratkaisuihin keskittynyt Aallon tutkimus tunnisti erilaisia muuntojoustavuuden strategioita, joilla hankkeeseen ryhtyvä voi varmistaa, että tulevaisuuden korjausrakentaminen on sujuvaa ja tehokasta (Luoma-Halkola, 2017, Kyrö ym., 2019). Tutkimuksessa tunnistettiin kolme keskeistä strategiaa (Kuva 2): 1) Sopeutuvuus, joka tähtää tilan monikäyttöisyyteen ja kevyisiin muutoksiin lähivuosina, 2) Muokattavuus, joka mahdollistaa tilatarpeen määrän muutoksen, uuden tekniikan ja käyttötarkoituksen muutoksen lähivuosisikymmeninä, sekä 3) Laajennettavuus, jolla varaudutaan toiminnan kasvamiseen tontilla tai korttelissa.

Muuntojoustoja korjausrakentamiseen



Luoma-Halkola 2017

Kuva 2. Muuntojoustostrategiat, joilla varaudutaan tulevaisuuden korjaushankkeisiin (Luoma-Halkola, 2017)

Talonrakennuksen ohella Aallon tutkimusryhmä on tutkinut katukorjaushankkeiden virtauksen parantamista yhdessä Helsingin kaupungin kanssa (Seppänen ym., 2020). Tutkimuksen pohjalta ehdotettiin useita toimenpiteitä katuhankkeiden kehittämiseen, mm. a) johtotietokarttojen kehittäminen, b) elinkaariajattelu ratkaisujen valinnassa, c) kehitysvaiheen sisällyttäminen projektiin, d) työmaan tilannekuvan muodostaminen, ja e) poikkeamien nopea käsittely. Keskeisin sovellettava havainto talorakennuspuolellekin oli, että korjausrakentaminen on aina rakentamisen lisäksi myös dokumentointihanke, jolla edesautetaan tulevien korjaushankkeiden sujuvuutta.

3 Tulokset

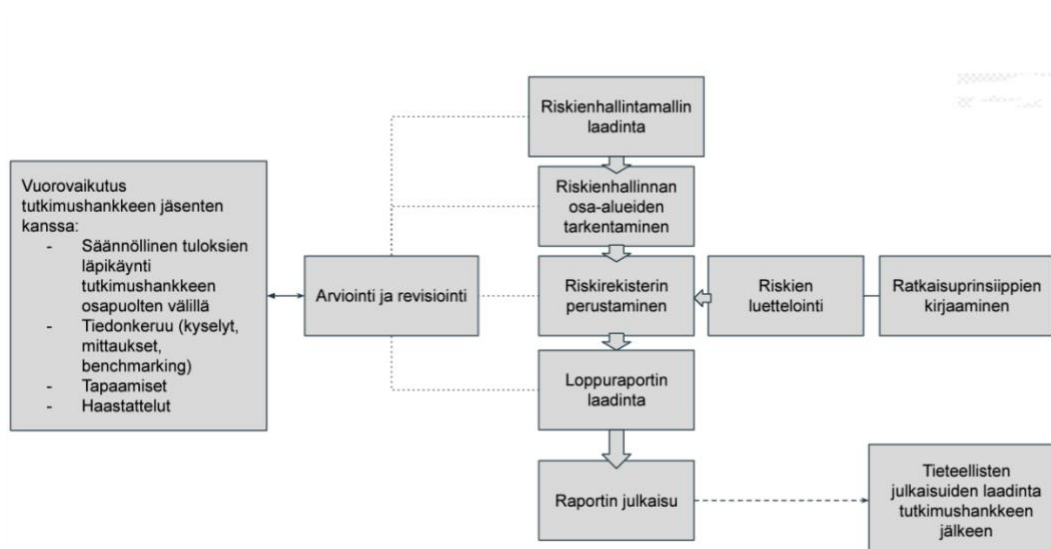
Tässä luvussa esitetään tutkimuksen keskeiset menetelmät ja tulokset jaoteltuna kolmeen tutkimusteemaan: 1) Korjaushankkeiden riskien ja epävarmuuksien hallinta (kirjoittaja: väitöskirjatutkija Roope Nyqvist), 2) Teollisen rakentamisen mahdollisuudet korjausrakentamisessa (kirjoittaja: väitöskirjatutkija Krishna Chauhan), ja 3) Digitaaliset tiedonhallinnan menetelmät korjauskohteissa (kirjoittaja: diplomityöntekijä Ali Ghassemi Moghaddam).

3.1 Riskien ja epävarmuuksien hallinta

3.1.1 Tausta, tavoitteet ja tutkimusmenetelmät

Suomalaista korjausrakentamista voi luonnehtia runsaiden epävarmuuksien ja riskien sisältämäksi projektivetoiseksi liiketoiminnaksi. Yrityksissä tunnistetaan riskienhallinnan merkitys korjaushankkeille asetettujen tavoitteiden saavuttamisessa, mutta riskienhallintamenetelmien teho koetaan heikoksi. Koska riskienhallinnan onnistuminen korreloi voimakkaasti projektin koko onnistumiseen (Luu ym. 2009; Shokri ym. 2016; Xia ym. 2018), riskienhallinnan taso koetaan alalla heikoksi ja on olemassa selkeä tarve riskienhallinnan kehittämiseksi. Parantamalla riskienhallintaa voimmekin parantaa korjaushankkeiden hallittavuutta ja siten nostaa onnistumisen todennäköisyyttä projekteissa.

Tutkimuksen tavoitteiksi asetettiin (1) korjausrakentamisen riskienhallinnan nykytilan selvitys, (2) päivitetyn riskienhallintamallin laadinta, (3) riskienhallintamallin osa-alueiden tarkentaminen, (4) riskirekisterin perustaminen, (4.1) yleisimpien riskien luettelointi riskirekisteriä varten ja (4.2) ratkaisuprinsiippien kirjaaminen riskirekisteriin.



Kuva 3 Tutkimushankkeen vaiheet

Tutkimushankkeen toteutus vaiheistettiin Kuvan 3 mukaisesti. Tutkimusmenetelminä hyödynnettiin kirjallisuuskatsausta, sekä kerättiin tietoa Webropol-kyselyillä, haastatteluilla ja työmaakäynnein. Hankkeen aikana saatuja tuloksia kehitettiin ja validoitiin tutkimuspalautteen ja työpajatyöskentelyn kautta.

3.1.2 Tulokset

Riskienhallinnan nykytila korjausrakentamisessa

Suomalaisen korjausrakentamisen riskienhallinnan nykytilaa selvitettiin kyselyiden, haastatteluiden, sekä työmaavierailuiden avulla yhteistyössä konsortioyritysten kanssa. Kyselyiden ja haastatteluiden avulla tunnistettiin tärkeimpiä kehityskohteita korjaushankkeiden riskienhallinnassa ja tuloksia hyödynnettiin kehitettävien ratkaisujen määrittämisessä.

Webropol-kysely lähetettiin kaikille konsortion jäsenyrityksien yhteyshenkilöille. Vastauksia saatiin yhteensä 16 kappaletta. Kyselypohjasta oli kolme eri versiota vastaajayrityksen taustoihin sovellettuna. Kyselyssä käytettiin Likert-asteikkoa 0–10, sekä avoimia kommenttikenttiä.

Kyselytutkimuksen keskeisiä tuloksia:

- Riskienhallinta koettiin erittäin merkitykselliseksi korjaushankkeelle asetettujen tavoitteiden saavuttamisessa. Vastausten keskiarvo oli 8,9/10.
- Yli 80 prosentilla on vakiintuneet riskienhallinnan menetelmät käytössä yrityksessä.
- Yrityksien käyttämien riskienhallintamenetelmien tehokkuus koettiin kohtuu heikoksi (6,6/10).
- Projektien yleinen riskienhallinta koettiin vielä yrityksen omien menetelmien tasoa heikommaksi (5,8/10).
- Kukaan ei arvioinut, että riskienhallintatoimet saataisiin vietyä erinomaisesti käytäntöön (6,2/10).
- Riskien tunnistaminen arvioitiin kohtuulliseksi (6,8/10). Vastauksissa kokemusperäisten arvioiden merkitys korostui. Kirjattuja vertailukohtia nostettiin harvoin esille osana riskienarviointia.
- Riskirekisteri on käytössä alle 40 prosentilla vastanneista. Suurin vastaajaryhmä oli valinnut “en osaa sanoa”.
- Vakiintuneita riskien ratkaisuprinssiipejä oli alle puolella vastanneista.
- Riskienhallinnan kehittäminen on vähäistä “Miten paljon panostatte riskienhallinnan kehittämiseen?” (5,7/10).
- Miten paljon koette, että korjausrakentamisen riskienhallinnassa on kehitettävää? Vastaajat kokivat, että kehitettävää on runsaasti. (8,2/10).
- Korjausrakentamisen koulutustaso ja osaaminen koettiin vain kohtuulliseksi (6,5/10). Kirjallisten vastausten ja haastatteluiden perusteella riskienhallintaan perehdyttäminen ja aiheen kouluttaminen oli jokseenkin harvinaista.

Kyselyiden lisäksi haastateltiin konsortioyritysten jäseniä, haastatteluihin osallistui edustajia yhdeksästä konsortion yrityksestä. Haastatteluissa keskityttiin erityisesti kysymyksiin riskienhallinnan toteuttamisesta yrityksissä ja siihen mitkä ovat tyypillisimpiä riskikohtia korjaushankkeissa. Haastattelussa kartoitettiin myös tarkemmin yritysten toivomia

parannustarpeita. Lopulta haastatteluiden avulla tunnistettiin kolme keskeistä osa-aluetta, joihin tulee kiinnittää huomiota korjaushankkeiden riskienhallinnassa:

1. Lähtötiedot ja niiden merkitys riskien lähteenä
2. Yhteistyö, hankkeen osapuolten välinen työskentely, sekä riskienhallinnan toteuttaminen hankkeen eri vaiheissa
3. Osaaminen, vakiintuneet toimintatavat ja riskienhallintatoimien jalkauttaminen

Korjausrakentamisen riskienhallinnan nykytilaa voikin tuloksien pohjalta luonnehtia heikoksi. Yrityksissä tiedostetaan riskienhallinta tärkeänä osana projektinjohtamista, mutta toteutuksessa ja osaamisessa on runsasta vaihtelua sekä puutteita. Riskienhallintaa koulutetaan vähäisesti ja perehdytyksissä sitä käsitellään erittäin harvoin. Yrityksillä on olemassa toimintatapoja ja erilaisia työkaluja, kuten riskirekistereitä, mutta niiden käyttö on vaihtelevaa hankkeissa ja vaikuttavuus jää usein vajavaiseksi.

Projekteista kuitenkin tunnistettiin runsaasti toistuvia ongelmakohtia ja vaativuutta lisääviä tekijöitä, kuten laajenevat toimittajaverkot, kireät läpimenoajat, lisääntyvät teknisten vaatimukset, sekä maailmantalouden nopeat muutokset (Statista Research Department 2022; Oxford Economics Ltd 2021). Korjausrakentamiselle ominaisia piirteitä ovat olleet erityisesti heikot lähtötiedot, ja suunnittelun ja rakennustöiden päällekkäisyys. Vaatimusten vastapainoksi toimijoiden toimintakyvyn kehittäminen on keskeistä. Kehitystarpeet on yrityksissä yleisesti tunnistettu hyvin, mutta kehitystyötä tehdään yrityksissä vähäisesti synnyttäen tarpeen systemaattiselle toimintakyvyn parantamiselle kehittämällä riskienhallintakyvykkyyttä sekä yritystasolla että hankkeissa.

Riskienhallinnan prosessikaavio

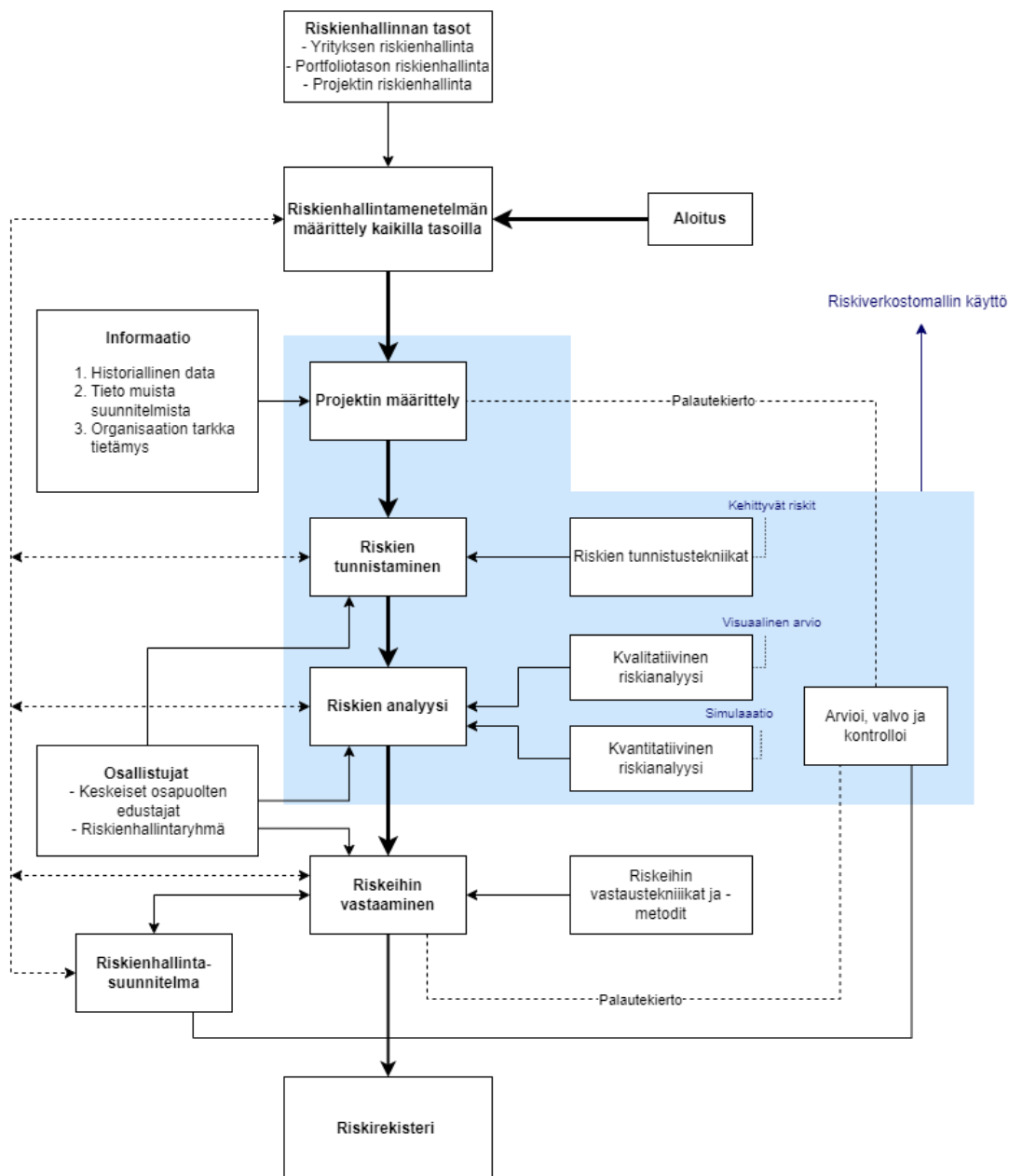
Tutkimuksen tuloksena laadittiin yleinen riskienhallinnan prosessikaavio, joka on esitelty Kuvassa 4. Kaavio on laadittu korjausrakentamishankkeissa mukana olevien yritysten riskienhallintatoiminnan tueksi ohjeistamaan toimintajärjestelmän kehittämistä vastaamaan liiketoiminnan vaatimuksia.

Mallin mukainen riskienhallintatoiminta lähtee riskienhallintamenettelyyn määrittelemisestä. Riskienhallintamenettelyyn liittyy kolme päätasoa: (1) yritystason riskienhallinta, (2) portfoliotason riskienhallinta ja (3) projektitason riskienhallinta. Onnistuneen riskienhallintatyöskentelyn edellytyksenä on, että toimintajärjestelmä on suunniteltu kattamaan kaikki kolme riskienhallintatasoa, sekä yhteistyön muiden hankkeen osapuolien kanssa (Project Management Institute 2016; Smith ym. 2006). Onnistunut yritystason ja portfoliotason riskienhallinta heijastuu voimakkaasti myös rakennushankkeen onnistumisedellytyksiin.

Riskienhallintamenetelmän määrittelyn jälkeen siirrytään projektin määrittelyyn. Projektin määrittelyvaiheessa hyödynnetään historiallista dataa, tietoa muista suunnitelmista, sekä organisaation tietämystä kohteesta. Tutkimuksen aikana havaittiin, että projektien

määrittelyvaiheessa henkilöiden kokemusperäisen tiedon käyttö on korostuneesti esillä projektien arvioinnissa ja systemaattisesti kerätyn historiallisen datan hyödyntäminen on ollut vajavaista.

Seuraavaksi prosessissa siirrytään riskien tunnistamiseen, jota toteutetaan riskientunnistustekniikoiden avustuksella. Hankkeen riskien tunnistamisessa on erityisesti oleellista tunnistaa juurisyitä riskitapahtumien taustalla. Hankkeeseen vaikuttavat tekijät ovat verkottuneita ja epävarmuuden aiheuttajat voivat myös toimia yhteisvaikutteisesti. Juurisyitä tunnistamalla voidaan myös löytää kehittyviä riskejä, jotka syntyvät epävarmuustekijöiden vuorovaikutuksesta.



Kuva 4 Riskienhallinnan prosessikaavio (muokattu lähteestä Smith ym. 2006)

Kun riskit on tunnistettu, voidaan siirtyä analyysivaiheeseen, missä kunkin riskin osalta käsitellään paitsi sen tapahtumisen todennäköisyyttä ja vaikutuksen suuruutta, myös miten se on sidoksissa muihin riskeihin ja epävarmuustekijöihin. Analyysiä voi tehdä sekä kvalitatiivisena että kvantitatiivisena. Usein korjaushankkeissa on ollut ongelmallisena löytää riittävää kvantitatiivista dataa analyysin tekemiseen, tai suorittaa myöhempiä riskien simulaatioita tiedon pohjalta. Riskianalyysin tavoitteena on muodostaa hyvä yleiskuva hankkeen riskeistä, niihin vaikuttavista tekijöistä, vastuutoimijoista, sekä kartoittaa toimenpiteet, joita tulee tehdä negatiivisten riskien vaikutusten vähentämiseksi, siirtämiseksi tai poistamiseksi ja positiivisten riskien vaikutusten maksimoimiseksi. (Iqbal ym. 2015, Project Management Institute 2016, Smith ym. 2006).

Kun riskit on analysoitu, siirrytään prosessissa riskeihin vastaamiseen, missä toimitaan analyysivaiheessa suunniteltujen toimien avulla, kuitenkin huomioiden tilanteen edellyttämät muutokset. Osaa riskeistä ei voida tunnistaa ennalta, jolloin niihin vastaaminen tulee äkillisesti ratkaistavana asiana. Kuitenkin hyvällä riskien tunnistamisella ja analyysillä voidaan minimoida tunnistamattomien riskien äkillisestä syntyisestä aiheutuvia haittoja, pyrkimällä varmistamaan mahdollisimman hyvä hankkeen kyky vastata epävarmuuksiin.

Niin tunnistamisessa, analysoinnissa, kuin riskeihin vastaamisessa on osallistettava hankkeen eri osapuolia. Tehokkaan riskienhallinnan suorittamisen edellytyksenä on yhteistoiminnallinen työskentely yhteisen projektin onnistumisen mahdollistamiseksi (Lehtiranta, 2014). Riskienhallinnan vastuuhenkilöiden nimeämisen lisäksi voidaan hyödyntää esimerkiksi perustettavaa riskienhallintaryhmää. Tärkeää on kuitenkin aina yhdistää riskit vastuutahoihin, sekä henkilöihin, joilla on riittävä valta toimia niiden osalta. Hankkeesta irrallisen, toimivallattoman riskienhallintatyöskentelyn lopputulos on yleensä huono.

Riskienhallinnan toimintatavat tulee olla yleisesti sovittuna ja esitetynä riskienhallintasuunnitelmassa. Suunnitelma on hankkeen osapuolten välillä laadittu asiakirja hankkeen toimintatavoista ja vastuista, jota päivitetään hankkeen edetessä. Kun riskienhallintatoiminnasta kertyy tietoa, on tämä kirjattava riskirekisteriin, joka auttaa toimintaa kehittymään paitsi hankkeen aikana, myös hankkeiden välillä. Riskirekisterin tarkoituksena on kartuttaa organisaatioiden tietoa, jonka avulla voidaan parantaa riskienhallinnan tehokkuutta datapohjaisesti ja systemaattisesti.

Lopuksi jotta riskienhallinnan toimintatavat kehittyvät ja pysyvät tehokkaina projektin ajan, on toimintaa arvioitava, valvottava ja kontrolloitava aktiivisesti (Project Management Institute 2016; Smith ym. 2006; Martin 2020). Tarvittaessa prosessissa voidaan palata aiempiin vaiheisiin ja esimerkiksi uusia riskien arviointia ja analyysiä hankkeen muuttuessa.

Osana tutkimusta kehitettiin myös erillinen verkostomainen epävarmuudenhallintamenetelmä, joka kattaa prosessikaaviossa sinisellä taustalla olevat osa-

alueet. Menetelmää kehitettiin hankkeen aikana ja koekäytettiin korjaushankkeessa, mutta sen lopullinen validointi ja julkaisu eivät toteutuneet tämän hankkeen aikana.

Riskityökalu

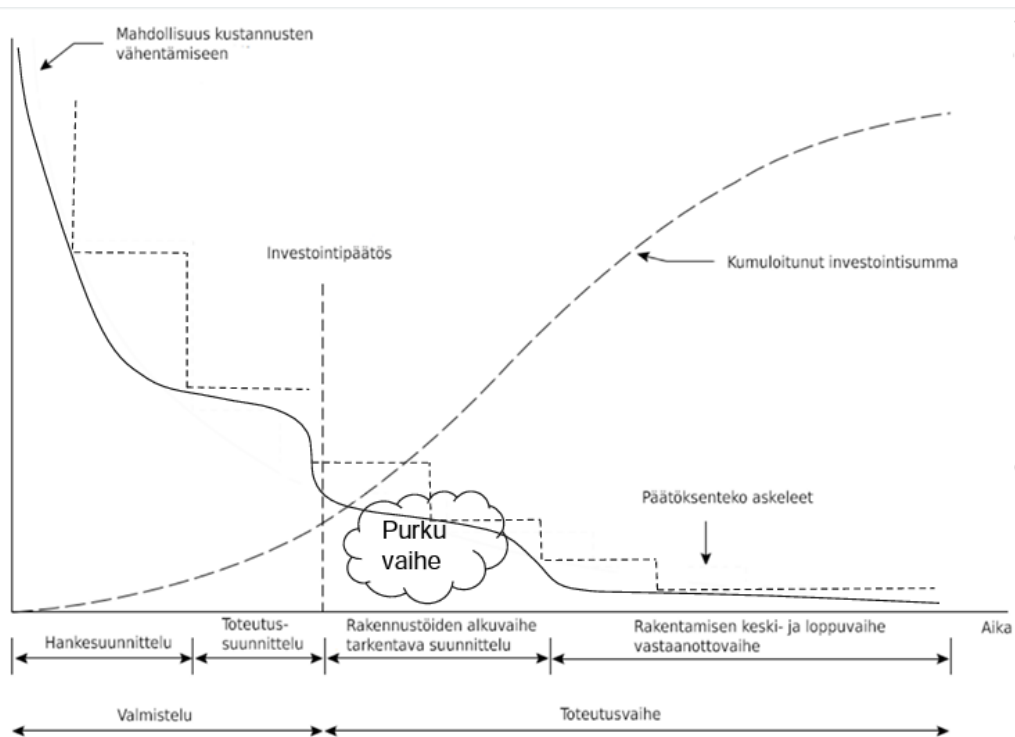
Yhtenä tutkimuksen tuloksena laadittiin riskityökalu, joka sisältää Excel-pohjaisen riskienhallintatyökalun, riskirekisterin, sekä kullekin riskille ratkaisuprinsipit. Riskityökalu on perustason riskienhallintaa tukeva pohja, joka tukee hankkeissa toteutettavaa riskienhallintaa, antaa tietoa yleisimpien tunnistetuiden epävarmuustekijöiden hallintaan luetteloiden avulla, sekä auttaa ratkaisujen löytämistä tarjoamalla yleisiä ratkaisuprinsippejä. Riskityökalu jaettiin tutkimushankkeeseen osallistuneiden yritysten vapaaseen käyttöön.

Riskityökalun rakenne mukailee tyypillistä riskienhallintaprosessia, jonka vaiheet etenevä seuraavalla tavalla: (1) riskin tunnistaminen, (2) riskianalyysi, (3) toimenpiteet ja (4) valvonta. Jokaista pääkohtaa täydentämään on jaoteltu riskienhallinnassa tarvittavia tietoja ja toimenpiteitä. Työkalun sisälle on rakennettu myös ohjeistus sen käytöstä.

Osana työkalua laaditussa riskirekisterissä on tunnistettuna 108 tyypillistä korjausrakentamishankkeiden epävarmuustekijää. Epävarmuustekijät on tunnistettu kirjallisuuden, kyselyiden, haastatteluiden, työmaakäyntien sekä työpajatoiminnan avulla. Rekisterin validointi tapahtui työpajatyöskentelyn avulla.

Korjausrakennushankkeen vaiheiden päivitetty malli

Tutkimuksessa havaittiin korjausrakentamiselle ominaisena piirteenä hankkeen tiedon täydentyminen projektin aloituksen jälkeen. Usealle korjaushankkeelle tyypillistä on, että kaikkia lähtötietoja ei saada selville ennen töiden aloitusta ja osa suunnittelussa tehtävästä työstä pohjautuu vajavaiseen tietoon rakennuskohteesta. Heikko alkuvaiheen tieto siirtää päätöksentekoa erityisesti projektin aikana tehtävien purkutöiden kautta saatavan lisätiedon kanssa päällekkäin Kuvan 5 mukaisesti.

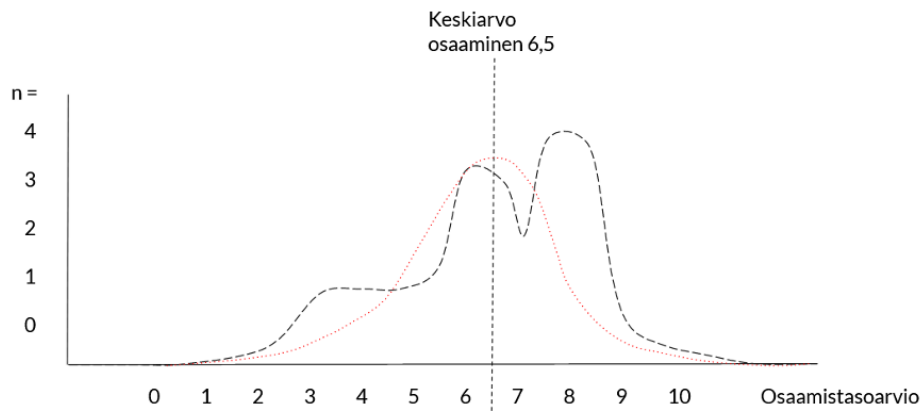


Kuva 5 Rakennushankkeen vaiheet korjausrakentamisen projekteissa (muokattu lähteestä Smith ym. 2006)

Koska tieto hankkeesta täydentyy, erityisesti purkuvaiheen aikana, aiheuttaa tämä lisäpainetta tuotannon onnistumiselle. Purkuvaiheen aikana tehtävän toteutussuunnittelun katsottiin usein hankaloittavan rakennustöitä, aiheuttavan viivettä työvaiheiden suorittamiseen ja lisäävän korjaushankkeen kustannuksia. Ratkaisuna esitettiin, että hankkeissa, joissa tunnistetaan muutospainetta purkutöiden tuomasta lisätiedosta johtuen, suositeltiin yhteistoiminnallisia urakkamalleja ja potentiaaliset muutostarpeet huomioitaisiin hanketta suunniteltaessa, aikataulutuksessa, sekä osapuolten resurssoinneissa. Esimerkiksi varaamalla riittävä toteutettavuuden selvitys ja suunnitteluresurssi kriittisiin rakennuksen osiin voidaan vähentää häiriöiden vaikutuksia koko projektissa.

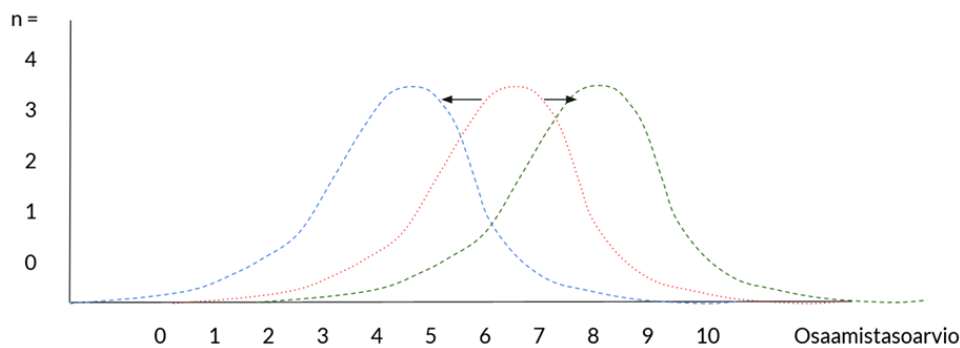
Hankkeen kyky hallita riskejä

Kuten yllä kyselyiden tuloksissa on mainittu, riskienhallinnan osaaminen suomalaisessa korjausrakentamisessa on puutteellista. Samalla riskienhallinta nähdään keskeisenä tärkeänä hankkeiden onnistumisen kannalta (Kuva 6), joten merkittävään roolin nousee arviointi hanketta toteuttavan systeemin kyvystä toteuttaa edellytetyt toimet. Kyky hallita projektia ja projektin vaativuus tulisi olla symmetriset, jotta hankkeella on mahdollisuus onnistua. Riskienhallintaprosessissa osana projektin määrittelyä tulee tunnistaa kyseisen projektin vaativuus ja käyttää tätä johtamisen tukena, jotta voidaan määrittellä riittävä toteutukseen edellytetyn systeemin taso ja rakenne.



Kuva 6 Korjausrakentamisen osaajien koettu taso.

Jos hanketta toteuttavan systeemin (sisältäen hankeorganisaation, toimintajärjestelmien toimivuuden ja ekosysteemin toimintakyvyn) tason ei voida katsoa olevan hanketta vastaava, tulee ensisijaisesti pyrkiä toimiin, joilla korotetaan toteuttavan systeemin kyvykkyyttä (Kuva 7).



Kuva 7 Toteuttavan systeemin kyvykkyyden muutos.

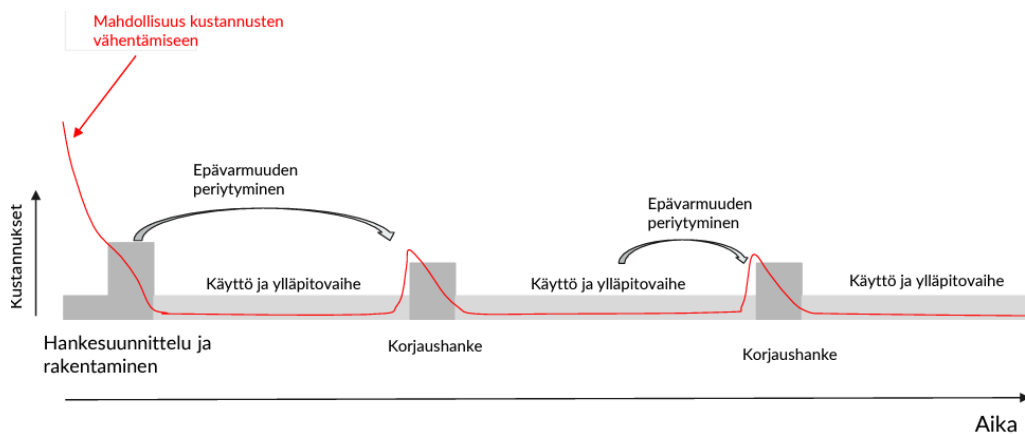
Kyvykkyyttä voidaan parantaa esimerkiksi rekrytoinneilla, koulutuksella, riskienhallintaprosessien kehittämällä tai muuttamalla toteuttavan organisaation rakennetta. Myös projektin vaativuuden madaltaminen on potentiaalinen epäsymmetrian poistamisen menetelmä, jossa pyritään toteutusratkaisuihin, joiden voidaan arvioida helpottavan hankkeen toteutettavuutta, esimerkiksi lisäämällä vaativan korjaushankkeen kehitysvaiheelle aikavarausta tai yksinkertaistamalla toteutettavia korjaustehtäviä.

Epävarmuuden periytyminen

Korjausrakentaminen tapahtuu aina olemassa olevaan kiinteistöön tai rakennukseen, jolloin korjattavasta kohteesta on aina oma rikas historiansa. Suurin mahdollisuus vaikuttaa kiinteistöön on ennen sen rakentamista. Vastaavaa mahdollisuutta on harvoin korjausrakentamisessa, vaan sen sijaan ratkaisut, joita on tehty aiemmin, on huomioitava osana korjaushankkeita nykyhetkessä. Aiemmin tehtyjen ratkaisujen ja toimenpiteiden suorittamisessa on syntynyt tietoa ja lopputuloksia, jotka saattavat vaikuttaa tuleviin

korjaustoimenpiteisiin. Mikäli dokumentaatio aiemmista muutoksista tai tuloksista on puutteellista tai epävarmaa, periytyy tämä epävarmuus myös uusiin korjausprojekteihin.

Tutkimuksen aikana havaittiin, että tyypillinen korjausrakentamisen ongelma on puutteelliset lähtötiedot ja muutokset rakentamisen aikana. Mikäli korjattavan kiinteistön aiemmat vaiheet on taltioitu hyvin, voidaan edesauttaa seuraavienkin korjaushankkeiden ja ylläpidon toteuttamista Kuvan 8 mukaisesti.



Kuva 8 Tiedon merkitys ja epävarmuuden periytyminen.

Ratkaisuna epävarmuuden periytymisen estämiseksi on esimerkiksi kattavien kohdekohtaisten tietomallien käyttö ja ylläpito hankesuunnittelusta kiinteistön ylläpitoon, jolloin kaikki kiinteistöön liittyvä relevantti data saadaan taltioitua yhteiseen data-alustaan ja hyödynnettyä korjausrakentamishankkeessa ja sen jälkeen.

3.1.3 Yhteenveto ja johtopäätökset

Korjausrakentamisen riskien- ja epävarmuuksien hallinnan osatutkimuksessa selvitettiin suomalaisen korjausrakentamisen riskienhallinnan nykytilaa. Työssä tunnistettiin keskeisiä ongelmakohtia, laadittiin yleinen riskienhallinnan prosessikuvaus ja luotiin riskityökalu konsortioyrityksien käyttöön. Osana tutkimusta myös havainnoitiin keskeisiä korjausrakentamista koskevia ongelmakohtia ja ilmiöitä, joille etsittiin ratkaisuita, joita suomalaiset korjausrakennusalalla toimivat yritykset pystyvät hyödyntämään tehokkaasti osana toimintaansa.

Tutkimuksen aikana suoritettiin kyselyitä, haastatteluita, työmaakäyntejä, sekä työpajatoimintaa. Tutkimuksen tuloksia esiteltiin säännöllisesti hankkeen aikana ja niitä on käsitelty konsortion jäsenien kesken aktiivisesti. Tuloksena syntyi erityisesti tavoiteltu yleinen prosessikuvaus, sekä riskityökalu. Hankkeen aikana aloitettiin myös menetelmän kehittäminen rakennushankkeen epävarmuusverkoston mallintamiseen, jota voidaan hyödyntää myös osana korjausrakentamisen riskienhallintaa.

3.2 Teollinen korjausrakentaminen

3.2.1 Tausta, tavoitteet ja tutkimusmenetelmät

Tausta

Teollisella rakentamisella tarkoitetaan rakentamista, jossa työmaalla tapahtuu vain rakennuksen kokoamista valmiista yksiköistä kuten moduuleista, jotka valmistetaan mahdollisimman valmiiksi tehtaissa tai kokoamishalleissa (Tekes, 1992). Teolliseen rakentamiseen voi liittyä useita tuotteen suunnittelun ja valmistuksen variaatioita, kuten esivalmistus, esikokoonpano ja modularisointi (Junnonen, 2012). Kaikissa näissä rakennustoimintaa siirretään työmaalta erilliseen tuotantolaitokseen. Rakennustuotteiden modularisointi osiin ja osien standardointi on usein edellytys teollistumiselle ja siitä hyötymiselle.

Markkinoilla on saatavilla useita erilaisia teollisia ratkaisuja. Yleisesti teolliset ratkaisut voidaan luokitella seuraavasti: 1) moduulirakennukset (esim. modulaarinen rakennusviipale, valmiit standardirakennukset kuten koulut ja päiväkodit), 2) tilamoduulit (esim. modulaarinen kylpyhuone, konehuoneet jne.) ja 3) tilaa muodostamattomat moduulit ja osakokoonpanot (esim. seinäelementit, lattiat ja kattojärjestelmät) (Chauhan ym., 2022a; Jonsson ja Rudberg, 2014). Lähtökohtaisesti moni näistä ratkaisuista on kehitetty uudisrakentamisen tarpeisiin.

Teollisten ratkaisujen käyttöön liittyy useita rahassa mitattavia ja ei-rahallisia etuja. Boyd ym., (2012) tunnistivat jopa 30 % säästöt teollisessa rakentamisessa paikalla tehtyyn verrattuna. Chauhan ym. (2022) tutkivat useita teollisia ratkaisuja ja niiden rahallisia ja ei-rahallisia vaikutuksia. Rahallisia tekijöitä ovat mm. muuttuvat materiaali-, työ-, asennus- ja aikataulukustannukset kun taas ei-rahallisia tekijöitä ovat esimerkiksi laatu-, ergonomia- ja työtyytyväisyystekijät. Tutkimus osoitti, että jotkut teolliset ratkaisut johtavat korkeampiin suoriin kustannuksiin (esim. materiaali- ja työkustannus) kuin paikalla rakentaminen. Esimerkiksi esivalmistelulla kylpyhuoneella oli 4,4 % korkeammat suorat kustannukset. Kuitenkin kokonaiskustannukset, jossa on mukana epäsuorat kustannushyödyt, kuten nopeamman aikataulun hyödyt urakoitsijan yleiskustannuksiin ja katteeseen, olivat useammassa tapauksessa alhaisemmat teollisessa ratkaisussa.

Lukuisista eduista huolimatta teolliset ratkaisut eivät ole edelleenkaan valtavirtaa rakentamisessa. Tunnistettuja haasteita ovat mm. suunnittelun puutteet ja osaaminen, ammattitaitoisen työvoiman puute ja investointien vähäisyys. Aiempi tutkimus ei ole myöskään selvittänyt riittävästi korjausrakentamiseen soveltuvia teollisia ratkaisuja. Korjausrakentamisessa on monia lähtökohtia, joista osa estää ja toiset puoltavat teollisten ratkaisujen käyttöä. Olemassa oleva rakennus ja sen korjausten laajuus, mitat ja mittatarkkuus rajaa sopivia teollisia ratkaisuja. Toisaalta korjausrakentamisessa teollisten ratkaisujen mahdollistama lyhyt rakennusaika on usein eduksi, koska sillä voidaan vähentää häiriöitä ja

kustannuksia käyttäjälle. Teollisten ratkaisujen soveltuvuudesta, haasteista ja mahdollisuuksista korjausrakentamisessa tarvitaan nykyistä enemmän tietoa.

Tavoitteet

Tämän työn päätavoitteena oli tunnistaa teollisten ratkaisujen haasteita ja mahdollisuuksia suomalaisessa korjausrakentamisessa. Suomessa on tehty joitain tutkimuksia peruskorjaushankkeista. Esimerkiksi Naaranoja ja Uden (2007) analysoivat Suomen peruskorjaushankkeiden haasteita, mutta tutkimus ei kattanut teollisia ratkaisuja. Lisäksi Junnonen (2012) tarkasteli Suomen korjausrakentamishankkeissa käyttöön otettuja teollisia ratkaisuja. Työssä ei kuitenkaan analysoitu varsinaisesti teollisten ratkaisujen haasteita ja mahdollistavia tekijöitä. Tämä tutkimus pyrkii täyttämään tämän aukon esittelemällä teollisten ratkaisujen tärkeimmät mahdollistajat, ja projektitason ja tuotetason haasteet suomalaisissa korjausrakentamishankkeissa.

Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen toteutuksessa hyödynnettiin useaa menetelmää: kirjallisuuskatsausta, puolistrukturoitua asiantuntijoiden haastattelututkimusta ja kyselytutkimusta. Usean menetelmän hyödyntäminen auttaa monimutkaisten ilmiöiden ymmärtämisessä ja mahdollistaa tutkimusprosessin etenemisen laadullisesta alkuvaiheesta, joka keskittyy ilmiön ymmärtämiseen, kohti määrällistä tutkimusta, joka mahdollistaa löydösten merkittävyyden vertailun (Morse, 2016).

Kirjallisuustutkimuksen aineiston haun pääavainsanat olivat "teollinen rakentaminen", "korjausrakentaminen" ja "teollinen ratkaisu". Kirjallisuudesta tunnistettiin korjausrakentamisen teollisiin ratkaisuihin liittyviä haasteita ja mahdollistajia. Kirjallisuuskatsauksen tuloksia validoitiin ja täydennettiin haastattelututkimuksella, johon osallistui seitsemän peruskorjausprojektien asiantuntijaa.

Haastattelujen pohjalta täsmennettiin kirjallisuudessa tunnistettuja haasteita ja mahdollistajia. Tämän jälkeen toteutettiin kyselytutkimus mittaamaan haasteiden ja mahdollistajien tärkeyttä asteikolla 1-7, jossa 7 = erittäin merkittävä ja 1= ei lainkaan merkittävä. Kysely lähetettiin 122 peruskorjausprojektin ammattilaiselle ja vastauksia saatiin 29:ltä.

3.2.2 Tulokset

Olemassa olevan kirjallisuuden ja haastattelujen perusteella tunnistimme useita korjaushankkeissa käytettäviä tai aiemmin käytössä olleita teollisia ratkaisuja (esim. Junnonen, 2012, Torres ym., 2021, Chauhan ym., 2022). Ratkaisut voidaan luokitella kolmeen ryhmään: 1) Talotekniikan päivittämiseen liittyvät ratkaisut, 2) julkisivu- ja energiaremontit, sekä 3) lisärakentamiseen liittyvät ratkaisut (Taulukko 2).

Taulukko 2. Esimerkkejä teollisista ratkaisusta korjausrakentamisessa

Luokka	Esimerkit
1. Talotekniikan päivittämiseen liittyvät ratkaisut	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hormielementit (mm. Silotek, Pipe-Modul, Moduc, Cefo) ○ Asennusseinämoduulit (mm. Prebad, Modulsystem, LinTec)
2. Julkisivu- ja energiaremontit	<ul style="list-style-type: none"> ○ Tyhjiöeriste-elementit ○ Perinteiset eriste-elementit (mm. Argeton, D+B Facades, TES energy façade)
3. Lisärakentamisen ratkaisut	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hissi ja porrasmoduuli ○ Lisäkerros- ja kattomoduuli (mm. Neapo penthouse, Velux soltag-konsepti) ○ Parveke-elementti ○ Kylpyhuonemoduuli (mm. Harmiton-tanakka, Heweg badsysteme, Deba, TechnoIN, EJ Badekabiner)

Viime vuosina korjausrakentamishankkeiden teollisissa ratkaisuissakin näkyy muutos kohti ympäristöystävällisempää rakentamista. Esimerkiksi modulaarisen plug and play - julkisivujärjestelmän käyttöönotto vähensi saneerausprojektien lämmityskuormaa 86 % (Torres ym., 2021).

Korjaushankkeissa toteutettujen teollisten ratkaisujen tunnistamisen jälkeen kartoitimme kirjallisuuden ja haastatteluiden avulla noin 30 haastetta, jotka luokiteltiin edelleen projektitason ja tuotetason haasteiksi (Taulukot 3 ja 4). Taulukoissa 3 ja 4 näkyy lisäksi kyselyn perusteella arvioitu haasteen merkittävyys.

Projektitason haasteista merkittävimmäksi nostettiin rajoitteet rakennusperintö- ja museokohteissa. Tämä oli hieman yllättävää, koska valtaosassa hankkeista ei kuitenkaan tällaisia rajoitteita ole. Ehkä merkittävät isot kohteet ja niiden rajoitteet nousivat kyselyssä esille. Seuraavina haasteista nostettiin rakennusten väljät toleranssit ja tilanpuute. Nämä ovat tyypillisiä haasteita, jotka uudiskohteissa ovat usein vähäisempiä.

Taulukko 3. Teollisten ratkaisujen käytön haasteet: Projektit-taso

Haaste	Selite	Merkittävyys*
Rajoitteet rakennusperintö- ja museokohteissa	Vanhoja ja kulttuurihistoriallisesti arvokkaita kohteita ei saa muuttaa teollisten ratkaisujen mukaisiksi.	5,4
Rakennusten epäselvät ja väljät toleranssit	Rakennuksen väljät toleranssit haittaavat teollisten ratkaisujen sovittamista ja asentamista.	5,2
Tilaa ei ole riittävästi teolliselle ratkaisulle	Rakennuksessa ei ole riittävästi tilaa toimittaa tai asentaa teollista ratkaisua paikoilleen.	5,0
Suunnittelun koordinoinnin puute	Teolliset ratkaisut vaatisivat parempaa koordinointia arkkitehdin, rakennesuunnittelijan ja LVIS-suunnittelijoiden välillä.	4,7
Ammattitaitoisten työntekijöiden puute	Teollisia ratkaisuja asentavista ammattilaisista on pulaa.	4,6
Suunnittelijan riittämätön osaaminen	Suunnittelijoilla ei ole riittävä osaamista teollisten ratkaisujen vaikutuksista suunnitteluun.	4,5

Päätöksentekomenetelmien puute	Projektissa ei ole käytössä riittäviä menetelmiä vaihtoehtojen vertailuun, esim. kustannushyötyanalyysi, Reno-Value päätöksentekomenetelmä, monimuuttujamenetelmät	4,4
Asuntokohteissa päätöksenteko ratkaisusta hajautunutta	Asuntokohteissa on usein paljon omistajia, joiden tulee löytää konsensus käytetystä ratkaisusta. Tällöin päädytään useimmiten tuttuihin ratkaisuihin.	4,4
Lisäkoordinoinnin tarve	Teolliset ratkaisut vaativat aikaista yhteistyötä ja koordinoitua valmistajan, asentajan ja päätoteuttajan välillä.	4,4
Muutoksenhallinnan puute	Teolliset ratkaisut tulee lukita aikaisessa vaiheessa, mikä estää muutokset, jotka ovat usein tyypillisiä korjausrakennuskohteissa. Myös muutosten kommunikointi tuotevalmistukseen on usein puutteellista.	4,3
Onnistuneista projekteista oppiminen	Aikaisemmat kokemukset jäävät usein vain projekteissa toimineiden henkilöiden tietoon, puuttuu systemaattinen tapa levittää parhaita käytäntöjä.	4,3
Loppukäyttäjän ymmärryksen puute	Teollisten ratkaisujen hyötyjä ei punnita riittävästi loppukäyttäjän tai ylläpitäjän näkökulmasta.	4,3
Huono tiedonhallinta	Teolliset ratkaisut vaativat parempaa tiedonhallintaa ja kommunikointia.	4,2
Epäluottamus toimijoiden välillä	Toimijat eivät luota toisiinsa riittävästi teollisten ratkaisujen prosessissa.	3,8
Vaikeus löytää oikeat asiakirjat	Tuotetietoa ei hallita riittävän hyvin.	3,7
Luottamuksen puute rakennusalan ammattilaisia kohtaan	Tilaaajat eivät luota rakentajien ehdottamiin ratkaisuihin.	3,7
Ylimääräiset kuljetuskulut	Teollisista ratkaisuksista syntyy ylimääräisiä kuljetus- ja logistiikkakustannuksia.	3,1
Kuluttajien hyväksynnän puute	Käyttäjien mielikuva teollisista ratkaisuksista on huono ja heikkolaatuinen.	3,0
IT:n käytön vastustus	Teolliset ratkaisut vaativat projektissa parempaa IT:n hyödyntämistä.	2,8

*Kyselyn asteikko: 1 = ei lainkaan merkittävä - 7 = erittäin merkittävä

Tuotetason haasteet liittyivät nimensä mukaisesti enemmän itse ratkaisuun. Ylivoimaisesti merkittävimmäksi haasteeksi nousi ratkaisujen vähäinen tarjonta, jonka osaltaan ajatellaan johtuvan vähäisestä kysynnästä. Tilaaajien ja päätoteuttajien kysynnän rooli on siis merkittävä riittävän tarjonnan aikaan saamiseksi. Ratkaisusta ei myöskään koeta olevan riittävästi tietoa, jos niitä ylipäänsä on tarjolla.

Taulukko 4. Teollisten ratkaisujen käytön haasteet- Tuote-taso

Haaste	Selite	Merkittävyys*
Vähäinen kysyntä ei ole luonut riittävästi tarjontaa ratkaisusta	Tuotekehittäjät eivät ole innovoineet riittävästi koska markkinoiden kysyntä on epävarmaa.	5,7
Ratkaisusta ei ole riittävästi tietoa	Projektin toimijoilla ei ole riittävästi tietoa markkinoilla olevista ratkaisusta. Tämä koskee	4,9

	etenkin energiatehokkuutta parantavia ratkaisuja.	
Suunnittelun monimutkaisuus	Teollisten ratkaisujen käyttöönotto monimutkaistaa suunnittelua mm. liitosten osalta.	4,6
Korkeammat valmistuskustannukset	Suorat valmistuskustannukset ovat usein korkeammat kuin paikalla tehtynä, mikä tarkoittaa, että hyötyjä tulee löytää muualta.	4,6
Epäasianmukainen asennus	Elementtien asennuksessa muuhun rakennukseen voi ilmetä haasteita.	4,4
Tarkkojen tietojen saaminen tuotteesta	Teollisia ratkaisuja joudutaan usein sovittamaan kuhunkin tilaan, jolloin tarvitaan tarkat tarkemittaukset.	4,2
Ratkaisun epävarma elinikä	Teollisten ratkaisujen elinkaaren pituudesta ei ole selvyyttä.	4,1
Ratkaisujen huollon ja ylläpidon haasteet	Ei ole selvää, onko ratkaisuun saatavissa varaosia ja palveluita käytön elinkaaren aikana.	4,0

*Kyselyn asteikko: 1 = ei lainkaan merkittävä - 7 = erittäin merkittävä

Haasteiden ohella tutkimuksessa tunnistettiin teollisten ratkaisujen mahdollistajia korjausprojekteja toteutettaessa. Mahdollistajat ja niiden merkittävyys on esitetty taulukossa 5. Useat tekijä sai yli 5 arvosanan. Kärkeen nousi laadun parantuminen, aikataulun lyhentyminen, työnkulun varmentuminen ja parempi työturvallisuus.

Taulukko 5. Teollisten ratkaisujen käytön mahdollistajat

Haaste	Selite	Merkittävyys*
Laadun parantuminen	Asennustyön laatu paranee ja virheet vähenevät.	5,7
Projektin aikataulun lyhentyminen	Työmaan kesto lyhenee, jolla on paljon suoria ja epäsuoria hyötyjä.	5,6
Työnkulun parantaminen	Asennustyön virtaus on usein stabiilimpi ja ennustettavampi.	5,6
Työturvallisuuden parantuminen	Ergonomia ja työturvallisuus paranevat	5,4
Parempi energiatehokkuus	Teolliset ratkaisut usein energiatehokkaampia ja laadukkaampia	5,2
Alhaisemmat hankintakustannukset	Suorista hankintakuluista ja useista epäsuorista kulusta, kuten aikaan liittyvistä työmaakustannuksista säästäminen	5,0
Jätteen vähentyminen	Vähentää työmaalla ja koko arvoketjussa syntyvää materiaali-jätteen määrää.	5,0
Mahdollisuus käyttää rakennusta remontin aikana	Teolliset ratkaisut mahdollistavat joissakin tapauksissa rakennuksen käytön remontin aikana, esim. jos pintoja ei tarvitse rikkoa.	5,0
Uuden liiketoiminnan kehitys	Teollisten ratkaisujen käyttö voi avata ostajalle tai tilaajalle tulevaisuudessa uusia liiketoimintamahdollisuuksia esim. osaamisen muodossa.	4,9
Nostaa kiinteistön arvoa	Teollisia ratkaisuja sisältävästä kohteesta ollaan valmiita maksamaan normaalia enemmän.	4,4

3.2.3 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa selvitettiin korjausrakentamisen teollisia ratkaisuja ja niiden haasteita ja mahdollistajia suomalaisessa rakentamisessa. Teollisella ratkaisulla voidaan tuottaa kokonaan uusia tiloja, kuten lisäkerroksia tai rakennuksen vaipan ulkopuolelle asennettavia kylpyhuone- tai porrashuonemuodulleja. Toisaalta niillä voidaan nopeuttaa ja parantaa mm. talotekniikan korjausta tai mahdollistaa laadukkaat julkisivu- ja energiaremontit.

Tutkimuksessa tunnistettiin 30 haastetta teollisten ratkaisujen toteuttamiselle korjausrakentamisprojekteissa. Neljä suurinta haastetta olivat: 1) Vähäinen kysyntä ei ole luonut riittävästi tarjontaa ratkaisuista, 2) Rajoitteet rakennusperintö- ja museokohteissa, 3) Rakennusten epäselvät ja väljät toleranssit, ja 4) Tilaa ei ole riittävästi teolliselle ratkaisulle. Yksi keino useiden haasteiden ratkaisemiseksi olisi luoda systemaattisempia yhteistoiminnallisia ohjelmia, joissa tilaajat, päätoteuttajat ja toimittajat yhdessä ideoivat toimivia ratkaisuja usean kohteen tarpeisiin.

Haasteiden tavoin tunnistettiin kymmenen teollisten ratkaisujen mahdollistajaa. Viisi merkittävintä olivat: 1) Laadun parantuminen, 2) Projektin aikataulun lyhentäminen, 3) Työnkulun parantaminen, 4) Työturvallisuuden parantuminen ja 5) Parempi energiatehokkuus. Vaikuttaisi siltä, että merkittävimmät hyödyt eivät koske suoria hankintakuluja vaan liittyvät muihin, usein epäsuoria kustannuksia aiheuttaviin, tekijöihin. Tästä syystä tarvitaan ennen kaikkea parempia menetelmiä arvioida teollisia ratkaisuja kohdekohtaisesti ja vertailla niitä perinteiseen valmistustapaan. On yleistä, että tehtäessä päätöksiä teollisen ratkaisun käytöstä projektissa, suositaan usein henkilökohtaisia mieltymyksiä, anekdoottisia todisteita tai suoraa kustannusperusteista arviointia kokonaisvaltaisten ja elinkaaren suorituskyvyn mittareiden sijaan (Bansal ym., 2017). Tuore tutkimus osoittaa, että jos suorat ja välilliset kustannustekijät sisällytetään arviointiprosessiin, esivalmistetut tuotteet ovat yleensä paljon kokonaisedullisempia kuin perinteiset menetelmät (Chauhan ym., 2022a).

3.3 Digitaalisella tiedolla johtaminen korjausrakentamisessa

3.3.1 Tausta, tavoitteet ja tutkimusmenetelmät

Korjausrakentamisen merkitys yhteiskunnassa kasvaa jatkuvasti vuosi vuodelta. Lainsäädännössä rakennustekniset vaatimukset muuttuvat, minkä vuoksi rakennuksia ja niiden tekniikkaa päivitetään noudattamaan uusia energiapoliittisia vaatimuksia. Markkinoiden uudet taloudellisesti kannattavammat talotekniset ratkaisut houkuttavat kiinteistön omistajia tekemään korjausinvestointeja. Rakennukset tarvitsevat myös säännöllistä korjausta ja kunnossapitoa.

Vaikka korjausrakentaminen on kasvava toimiala, siihen ei kuitenkaan usein ryhdytä yhtä helposti kuin uudisrakentamiseen. Korjausrakentamisen keskeisin ero uudisrakentamiseen on

se, että korjausrakentaminen toteutetaan olemassa olevien lähtötietojen puitteissa. Tässä piilee myöskin korjausrakentamisen oleellisin haaste, lähtötietojen luotettavuus. Korjausrakentamista tehdään tyypillisimmin hyvin vanhoille rakennuksille, joiden suunnitelmat ovat viitteelliset ja paperisessa muodossa.

Vanhojen rakennusten lähtötiedot ovat yleensä heikosti saatavissa ja epätarkkoja, mikä muuttaa korjausrakentamishankkeen luonteen iteroivaksi. Iteraatiolla viitataan käänteiseen suunnitteluun, jossa purkutöiden jälkeen alustavista suunnitelmista poikkeavat rakenteet ja detaljit päivitetään toteutusvaiheessa digitaaliseen tietomalliin. Parhaimmassa tapauksessa rakenne tai detali vastaa suunnitelmia eikä suunnitelmien päivitystä tarvita. Pahimmassa tapauksessa suunnitelmia joudutaan päivittämään useampaan kertaan. Suunnitelmien päivitys hankkeen toteutusvaiheessa lisää vaatimuksia työmaan ja suunnittelijaryhmän yhteistyölle ja tekee tästä yhteistyöstä hankkeen onnistumisen kannalta kriittistä.

Tässä diplomityössä tutkitaan digitaalisella tiedolla johtamista korjausrakentamisessa. Työn tavoitteena on kehittää kokonaisvaltainen digitaalisella tiedolla johtamisen malli korjausrakentamishankkeeseen. Kokonaisvaltainen malli koostetaan olemassa olevista digitaalisista osaratkaisuisista. Malli keskittyy hankkeen suunnittelu- ja toteutusvaiheeseen ja sillä varmistetaan hankkeen toteutusta palveleva sujuva ja tehokas tiedon virtaus digitaalisia työkaluja hyödyntäen.

Diplomityölle luotiin neljä tutkimuskysymystä, joihin vastaaminen antaa parempaa ymmärrystä korjausrakentamisen haasteista, ja jotka ohjaavat työtä oikeaan suuntaan päätavoitteen saavuttamiseksi:

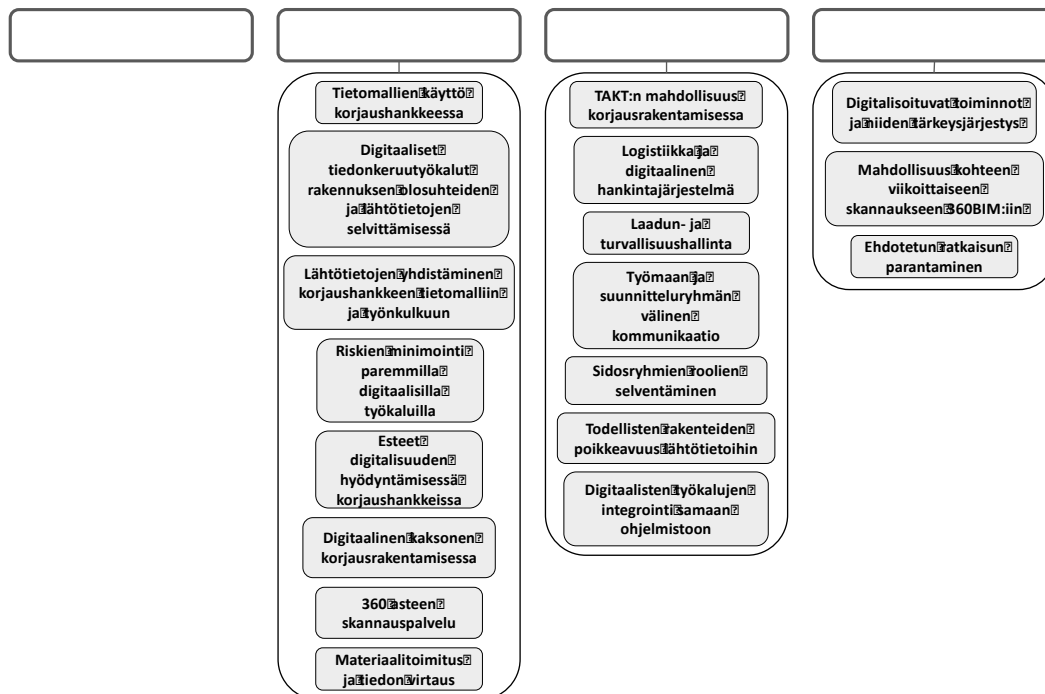
1. Mitä digitaalisia ratkaisuja ja työkaluja on kehitetty korjausrakentamiseen?
2. Miten digitaalisella tiedolla voidaan johtaa korjausrakentamishankkeen eri vaiheissa?
3. Missä korjausrakennushankkeen vaiheessa digitaalisen datalla johtaminen on kriittisintä/hyödyllisintä?
4. Miten voidaan varmistaa tiedonvirtaus korjausrakennushankkeen alusta loppuun?

Työn kirjallisuustutkimuksessa selvitettiin mitä digitaalisia ratkaisuja ja työkaluja on kehitetty korjausrakentamiseen. Kirjallisuustutkimus muodosti viitekehyksen työn empiiriselle tutkimukselle. Empiirisellä tutkimuksella pyrittiin vastaamaan kirjallisuustutkimuksessa esiintyviin tutkimusaukkoihin.

Työn empiirinen osuus jakautui esihaastatteluihin ja tapaustutkimuksiin. Esihaastattelujen päällimmäinen tavoite oli tunnistaa yleiset haasteet liittyen korjausrakentamiseen, korjausrakentamisen digitalisaatioon ja tutkia digitalisaation mahdollisuutta ratkaista korjausrakentamisen haasteita. Tapaustutkimukset puolestaan keskittyivät tiedonvirtauksen ja digitaalisten prosessien havainnointiin ja kehittämiseen käytännössä. Tapaustutkimuksen tiedonkeruumenetelminä hyödynnettiin haastatteluita ja työmaan havainnointia. Lisäksi hanketta ohjaavaa yrityskokousta käytettiin tulosten validointiin ja jatkokehittämiseen.

3.3.2 Tulokset

Tässä luvussa tiivistetään tutkimuksen tuottamat tulokset esihaastattelujen, tapaustutkimusten, havainnoinnin ja niiden synteessin pohjalta. Tutkimuksen tuloksia verrataan myös kirjallisuuskatsaukseen. Tässä tutkimuksessa kehitettiin kokonaisvaltaista digitaalisella tiedolla johtamisen ratkaisua korjausrakentamiseen. Kuvassa 9 on esitetty digitaalisella tiedolla johtamisen osaratkaisuja ja niihin liittyviä teemoja, joita tunnistettiin empiirisen tutkimuksen eri osioissa.



Kuva 9. Digitaalisella tiedolla johtamisen osaratkaisut: tulokset empiirisestä tutkimuksesta

Tutkimuksen alussa kokonaisvaltaisen digitaalisella tiedolla johtamisen ratkaisun muodoksi sovittiin aikajanamalli, joka koostuisi olemassa olevista digitaalisista osaratkaisuista. Kokonaisvaltaisen ratkaisun kattaisi hankkeen suunnittelu- ja toteutusvaiheen johtamisprosesseja ja sillä varmistettaisiin sujuva ja tehokas tiedon virtaus digitaalisia työkaluja hyödyntäen. Työn edistyttyä kertyi parempi ymmärrys digitaalisella tiedolla johtamisen tarpeesta korjausrakentamisessa sekä siitä, mikä olisi optimaalisin ratkaisumuoto.

3.3.2.1 Korjausrakentamiseen kehitetyt digitaaliset ratkaisut ja työkalut

Korjausrakentamiseen kehitetyt digitaaliset ratkaisut ja työkalut ovat pääosin keskittyneet olemassa olevan rakennuksen tiedonkeruuseen ja näin kerätyn raakadatan käsittelyyn. Esihaastatteluihin osallistuneista yrityksistä kaikki, jotka suorittivat korjauskohteen tiedonkeruuta lähtötietojen selvittämiseksi, hyödyntävät ainakin *laserkeilausta*. Olosuhteiden selvittämiseksi ja niiden seurantaan käytettiin *lämpö-, kosteus- ja pölymittareita* sekä erilaisia *antureita* valun kuivumisen seurantaan. Empiirisen tutkimuksen esihaastatteluissa yksi yritys mainitsi hyödyntävänsä *360 asteen kuvausta* kohteissaan. 360 asteen kuvia he käyttävät

perehtyäkseen jälkeenpäin korjauskohteeseen ja samalla välttämällä turhia vierailuja työmaalla. Toinen yritys puolestaan integroi *pistepilven* 360 asteen kuvaan ja hyödynsi tätä työmaasuunnittelussa.

Kirjallisuudessa korjausrakentamiseen kehitetyt ratkaisut ja työkalut on usein jaettu *fyysisiin* ja *ohjelmistoratkaisuihin*. Fyysiset työkalut ovat mittaustyökaluja ja ne on suunniteltu keräämään rakenteellisia ja olosuhdetietoja korjauskohteesta. Yksi kehittyneimmistä fyysisistä työkaluista on monianturitiedonkeruujärjestelmä, mikä mahdollistaa kolmiulotteisen, termografisen, optisen ja panoraamaisen datan kaappaamisen samanaikaisesti sekä ympäristön lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja valosaastekartan luomisen. Korjausrakentamiseen kehitettyjä ohjelmistoratkaisuja ovat mm. skannatun datan käsittelyohjelmistot sekä BIM:n korjausrakentamiseen tarkoitettut laajennusohjelmistot kuten BIM4EEB ja BIM4REN.

3.3.2.2 Digitaalisella tiedolla johtaminen korjausrakentamisessa

Empiirisessä tutkimuksessa korostui korjausrakentamisen luonne ja siihen liittyvät tiedonhallinnan haasteet. Esihaastattelussa ja tapaustutkimuksissa tuli ilmi, että korjausrakentamisen suurin ongelma piilee olemassa olevan rakennuksen lähtötietojen epätarkkuudessa. Muita merkittäviä haasteita korjausrakentamisessa ovat hankkeen eri osapuolten välinen heikko kommunikaatio, epäselvät roolit ja haastava tehtävien koordinointi. Empiirisen tutkimuksen mukaan lähtötiedot ovat heikosti saatavissa ja yleensä epätarkkoja, mikä muuttaa korjausrakentamisen luonnetta iteroivaksi. Tässä iteraatiolla viitataan käänteiseen suunnitteluun eli purun jälkeen alustavista suunnitelmista poikkeavat rakenteet ja detaljit päivitetään suunnittelu- ja toteutusvaiheessa digitaaliseen tietomalliin.

Suunnitellessa digitaalisella tiedolla johtamisen kokonaisvaltaista ratkaisua korjausrakentamiseen täytyy tunnistaa korjausrakentamisen oleellimmat haasteet ja priorisoida ne tärkeysjärjestykseen, jotta ratkaisu palvelisi haasteita optimaalisesti. Empiirisessä tutkimuksessa tuli ilmi, että korjausrakentamisen iteroiva luonne korostaa sitä, että työmaan ja suunnitteluryhmän välisellä yhteistyöllä ja tiedonvälityksellä on suuri vaikutus korjaushankkeen onnistumiseen. Työmaan ja suunnitteluryhmän tehokas yhteistyö ja kommunikaatio johtavat iteraatiokierrosten vaatiman ajan lyhenemiseen ja iteraatiokierrosten määrän vähenemiseen. Empiirinen tutkimus osoitti, että Suomessa työmaan ja suunnitteluryhmän välinen viestintä on usein heikolla tasolla.

Kirjallisuuden mukaan digitalisaatiota tulisi hyödyntää jo korjaushankkeen esisuunnitteluvaiheessa, jotta voitaisiin johtaa hanketta digitalisella tiedolla myös sen myöhemmissä vaiheissa. Alkuperäiset suunnitteludokumentit tulisi digitalisoida ja rakenteiden purku ja keilaus tulee aloittaa hyvissä ajoin jo ennen varsinaista suunnitteluvaihetta. Esisuunnitteluvaiheessa ositetaan hanke eri vaiheiden työtehtäviin. Tällä

varmistetaan työtehtävien kattava ja yksiselitteinen määrittely sekä varmistetaan sidosryhmien kesken välitettävät tiedot hankkeesta.

Kirjallisuuden mukaan suunnitteluvaiheessa tehtävä työnositus auttaa tärkeimpiä sidosryhmiä ymmärtämään paremmin roolinsa ja vastuunsa. Suunnitteluvaiheessa suoritetaan myös tietomallin ositus eli tietomallia puretaan pienemmiksi ja hallittavissa oleviksi moduuleiksi laadun ja kustannusten hallitsemiseksi. Tietomallin ositus mahdollistaa myös suunnittelumallin laajuuden määrittämisen. Suunnitteluvaiheessa tulisi ylläpitää yhteistyötä eri osapuolten kesken. Nykyään BIM mahdollistaa sen sekä tietojen syöttämisen kaikilta suunnittelijoilta yhteen samaan malliin. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa keskeneräisenkin tiedon vaihto suunnittelijoiden välillä on mahdollista jakamalla ja integroimalla suunnitteluryhmien rakennustietomalleja aina tarvittaessa. Tämä mahdollistaa suunnittelun reaaliaikaiset muutokset ja parannukset. Tieto on tällöin aina ajan tasalla. Lisäksi suunnittelun visualisointi helpottaa osapuolten välistä kommunikaatiota sekä varmistaa jatkuvaa tiedonkulkua.

Tutkimus korostaa, että visuaalinen viestintä on usein tehokkaampaa kuin verbaalinen viestintä. Toimenpiteet lisätöiden vähentämiseksi tulisi suunnata tehostettuun tiedon hyödyntämiseen eli tietomallin käyttöönottoon. BIM luo kattavaa, luotettavaa, helposti saatavilla olevaa ja helposti päivitettävää tietoa kenelle tahansa rakennuksen koko elinkaaren ajan. Korjaushankkeen visualisointi toteutusvaiheessa auttaa työntekijöitä ymmärtämään koko projektia ja rakennuksen osaratkaisujen suunnittelua. BIM-tietomallilla on myös mahdollisuus lisätä viestinnän tehokkuutta entisestään, jos työntekijät voivat olla keskenään vuorovaikutuksessa mallin kautta. BIM-tietomallin käyttö työmaalla avaa uuden viestintäkanavan suunnittelun ja rakentamisen välille mahdollistaen rajapinnalla esiintyvien ongelmien ratkaisemisen liittyen esimerkiksi viivästyneisiin suunnitelmiin.

3.3.2.3 Digitaalisen tiedon tarpeellisuus korjausrakentamisessa

Empiirinen tutkimus osoitti, että kattava ja tarkka tieto korjauskohteesta auttaa muita sidosryhmiä ymmärtämään mitä korjauskohteessa tapahtuu varsinkin silloin kun suunnitelmia muutetaan. Tällä hetkellä kommunikaatio korjaushankkeen eri osapuolten välillä on epäoptimaalista. Osa tiedon vaihdosta tapahtuu verbaalisesti tai tieto kulkee eri organisaatioiden välillä useissa eri ohjelmissa, jolloin tietoa täytyy etsiä eri paikoista. Tehoton kommunikaatio vie kallista aikaa. Mikäli kaikki korjauskohteessa tehdyt havainnot olisivat yhdessä mallissa, jota kaikki osaisivat käyttää, ei tarvitsisi jatkuvasti kysellä asioita eikä tietojen etsimiseen kuluisi ylimääräistä aikaa. Lisäksi digitaalinen suunnittelumalli, jossa on kaikki yksityiskohdat esitettynä, on tilaajalle hankkeen tilanteen hahmottamisen kannalta välttämätöntä.

Kirjallisuuden mukaan tiedon puute ja koordinoinnin haasteellisuus ja heikko viestintä ovat osoittautuneet olevan suurimmat pullonkaulat korjausrakentamisessa. Viestintävälineiden

kehitys ja suunnittelu ovat korjausrakentamisen tuottavuuden parantamisen keskiössä. Tehoton tiedon virtaus korjausrakentamisessa synnyttää lisätöitä. Lisätöiden kustannuksen suuruus on suhteellista, eli mitä kalliimpi korjaushanke on rahallisesti, sitä kalliimpia myös lisätyöt yleensä tulevat olemaan. Täten on merkittävää, että alkuperäiset suunnitelmat ovat tarkkoja, jotta voidaan ehkäistä uudelleensuunnittelua. Kirjallisuus korostaa, että korjaushankkeissa kuluu ylimääräistä aikaa puutteellisten hanketietojen käsittelyssä, sidosryhmien välisissä kommunikaatiohäiriöissä, ammattitaidon puutteen takia ja tietomallin sopimus- ja mallistandardien puutteista johtuen. Pelkästään Yhdysvalloissa tehoton viestintä ja epätarkat projektitiedot aiheuttavat arviolta yhteensä 30 miljardin dollarin tappiot vuodessa.

3.3.2.4 Tiedon virtauksen varmistaminen korjausrakennushankkeessa

Empiirinen tutkimus osoittaa, että projektipankki on yleensä tiedon keskiö, jonka kautta tieto virtaa eri osapuolten välillä. Projektipankissa on kansioista muodostunut puurakenne, jossa dokumentoidaan projektin mallit, suunnitelmat, asiakirjat ja muut dokumentit. Käytännössä projektipankissa ylläpidetään järjestäytyneitä dokumentaatiota, jossa ei ole kuitenkaan digitaalisia järjestelmiä tai ohjelmia yhteydessä toisiinsa. Korjaushankkeen osapuolet hyödyntävät pääosin omia organisaation sisäisiä ohjelmia, jonka lisäksi projektipankki toimii heidän yhteisenä projektin tietovarantona.

Empiirisessä tutkimuksessa nousi esille monia haasteita, jotka heikentävät yhtenäistä tiedonvirtausta korjausrakennushankkeessa. Tietoa voi esimerkiksi kadota tai tiedon laatu tai tarkkuus voi heikentyä, kun tietoa siirretään ohjelmasta toiseen silloin kun ohjelmat eivät keskustele keskenään heikentämättä tiedon laatua. Ohjelmistot myös kehittyvät ajan myötä, minkä vuoksi niiden käyttäjät tarvitsevat jatkuvaa koulutusta. Markkinoilla on erilaisten ohjelmistokehittäjien ratkaisuja eri käyttötarkoituksiin, mitkä toisaalta vaativat käyttäjiltään erityisosaamista. Tieto liikkuu yrityksessä monella eri tasolla ja moneen eri suuntaan hankaloittaen tiedon hallintaa entisestään.

Kirjallisuuden mukaan korjausrakentamisessa tiedonkulku on hankkeen onnistumisen kannalta olennaista. Digitaaliset työkalut mahdollistavat tiedon saatavuuden kaikille sidosryhmille nopeuttaen tiedonkulkua. Rakennustyömailla käytettävillä BIM-laitteilla on mahdollisuus kaksisuuntaiseen viestintään. Kaksisuuntaiset viestintäkanavat helpottavat rakennustyöntekijöitä raportoimaan laatuvirheet ja edistymiset suoraan suunnittelijaryhmälle. Perinteisesti puhelut, sähköpostit, piirroksot sekä esimiesten ja suunnittelupääälliköiden tapaamiset ovat olleet käytettyjä viestintäkanavia. Nämä eivät kuitenkaan ole tehokkaita keinoja kommunikoida esimerkiksi edistymisestä ja laatuvirheistä, sillä tieto kulkee näiden kautta pitkän matkan ennen kuin se saavuttaa määränpään. Tiedon rikastamiseksi työntekijät voivat ottaa tabletilla valokuvan rakennustyömaalta ja liittää sen virheraporttiin, jotta suunnittelijat näkevät tarkalleen, missä ongelma sijaitsee.

Kirjallisuuden mukaan ihmisen näköaisti välittää 80–85% tehdyistä havainnoista aivoille. Visuaalisessa muodossa olevaa tietoa voidaan sisäistää yhdellä silmäyksellä. Visuaalisen hallinnan tarkoitus on helpottaa tehtävien suorittamista tarjoamalla nopean ja oikean käsityksen tiedosta. Epätietoisuus hankkeen tai työtehtävien tilasta korreloi prosessien alhaisen läpinäkyvyyden, työnkulun keskeytyksien ja tiedon etsimiseen käytetyn aikahukan kanssa. Kun korjaushankkeen tuotantovaiheessa lisätään sidosryhmien tilannetietoisuutta hankkeesta, voivat he tehdä parempia ja ennakoivia päätöksiä.

3.3.3 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tutkimuksen tavoitteena oli luoda kokonaisvaltainen digitaalisella tiedolla johtamisen malli korjausrakentamiseen. Esihaastatteluissa korostui korjausrakentamisen iteroiva luonne, mikä on epätarkkojen lähtötietojen seurausta. Epätarkat lähtötiedot osoittautuivat suurimmaksi haasteeksi korjausrakentamisessa. Kaikissa viidessä tutkitussa tapaustutkimuskohteessa oli puutteita lähtötiedoissa. Tällöin korostui työmaan ja suunnittelijaryhmän kommunikaatio.

Kirjallisuusselvitys osoitti, että projektitasolla digitalisaatiota hyödynnetään integroimalla digitaalisia osaratkaisuja käyttötarpeen mukaan optimaaliseen muotoon. Jotta digitalisaatio olisi mahdollista korjausrakentamisessa, korjauskohteen lähtötiedot tulisi olla saatavilla digitaalisessa muodossa jo ennen varsinaista suunnitteluvaihetta. Kirjallisuusselvitys tutki myös, miten tiedon virtausta voidaan varmistaa koko hankkeen ajan, jonka myötä korostui digitalisaation ja visuaalisen hallinnan merkitys korjausrakentamisessa.

Kirjallisuustutkimuksen ja empiirisen tutkimuksen vertailu vahvisti, että merkittävimmät haasteet koskivat epätarkkoja lähtötietoja, kommunikointia ja koordinoitua sekä dokumentointia. Kirjallisuusselvityksen ja empiirisen tutkimuksen erot haasteisiin liittyvissä havainnoissa liittyivät pääosin tiedon virtauksen kulttuurillisiin tekijöihin. Empiirisen tutkimuksen tapaustutkimuksissa havaittiin, että tiedon virtauksen tehottomuuteen vaikutti myös epäasiallinen suhtautuminen tiedon käsittelyyn. Tulos viittaa siihen, että viestinnän laatu, eli miten tietoa välitetään, miten sitä vastaanotetaan ja miten siihen suhtaudutaan, vaikuttaa tiedon virtauksen tehokkuuteen. Tapaustutkimuksissa korostui, miten joko liian läheinen tai kaukainen suhde sidosryhmien välillä vaikuttaa tiedon välityksen tehokkuuteen. Hyvin läheisessä ihmissuhteessa työtehtäviä saatettiin tehdä liian vähillä tietojen varmistamisella ja hyvin kaukaisessa ihmissuhteessa puolestaan ei uskallettu pyytää tietoa. Havainto nosti esille huomion, että tiedonkulku ei ole aina kiinni järjestelmästä ja prosesseista vaan siihen vaikuttavat myös ihmiset ja heidän keskinäiset suhteensa.

4 Yhteenveto ja johtopäätökset

Projektissa tutkittiin menetelmiä, joilla korjausrakentamisesta saadaan projektien johtamisen ja lopputuloksen kannalta laadukkaampaa, tuottavampaa, ennakoidumpaa ja hallittavampaa. Yhteenvetona voidaan todeta, että korjausrakennushankkeessa korostuu:

- Suunnittelun, työmaan, asiakkaan ja käyttäjien saumaton yhteistyö ja kommunikaatio
- Valmius muutoksiin ja kyky toteuttaa niitä joustavasti
- Oppiminen projektin aikana

Johtuen edellä mainituista tekijöistä, korjaushankkeissa on erityisesti pohdittava seuraavia johtamisen teemoja:

- Miten sopimukset ja hankintamallit tukevat hankkeen erityisiä tarpeita?
- Onko tiimi ja sen jäsenet kykeneviä vastaamaan hankkeen vaatimuksiin?
- Onko johtamiskäytännöt ja -työkalut valittu oikein?

Tutkimuksen aikana tuli selväksi, että korjausrakentaminen ei ole yhtenäinen rakentamisen osa-alue, vaan se pitää sisällään monenlaisia hankkeita, jotka poikkeavat etenkin kohteen yksilöllisyyden ja korjausrakentamisen laajuuden osalta. Tästä syystä valitut käytännöt ja menetelmät on aina sovitettava hankkeen ominaisuuksien mukaan.

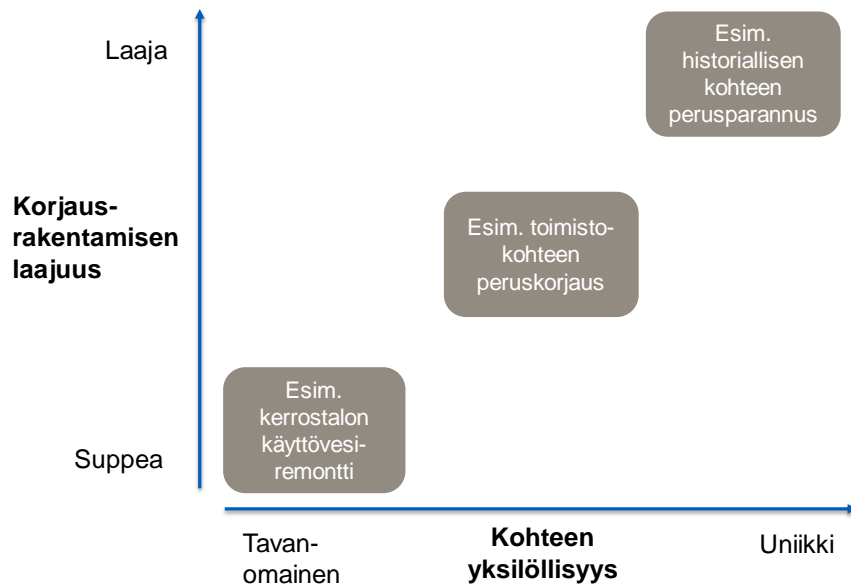
Hankkeen tulosten synteeseinä laadittiin kuvien 10 ja 11 mukainen nelikenttä, joka auttaa korjausrakentajia valitsemaan toimivia johtamismenetelmiä ja työkaluja. Nelikentässä korjausrakennushankkeet jaotellaan aluksi niiden yksilöllisyyden ja korjausrakentamisen laajuuden mukaan. Kohteen yksilöllisyys vaihtelee tavanomaisesta uniikkiin mm. seuraavien tekijöiden pohjalta:

- **Tavanomainen:** yksi käyttötarkoitus, toistuvat ratkaisut, tarkat toleranssit, ei ulkopuolisia reunaehtoja, jne.
- **Uniikki:** kohteella historiallinen arvo, uniikit ratkaisut, epätarkat toleranssit, yksilöllinen käyttötarkoitus, jne.

Korjausrakentamisen laajuus puolestaan vaihtelee suppeasta laajaan mm. seuraavien tekijöiden mukaisesti:

- **Suppea:** korjausrakentamisen keskiössä yksi rakennuksen osajärjestelmä tai tavoite (esim. energiatehokkuus)
- **Laaja:** hankkeessa on monia osin ristiriitaisia tavoitteita, rakentaminen koskee useimpia rakennuksen osajärjestelmiä.

Näiden dimensioiden mukaisesti nelikenttään voidaan toiseen ääripäähän sijoittaa esim. suhteellisen yksinkertaiset kerrostalon käyttövesiremontit ja toiseen ääripäähän puolestaan monimutkaiset laajojen historiallisten kohteiden perusparannukset. Keskelle sijoittuu mm. toimistokohteiden peruskorjaukset.



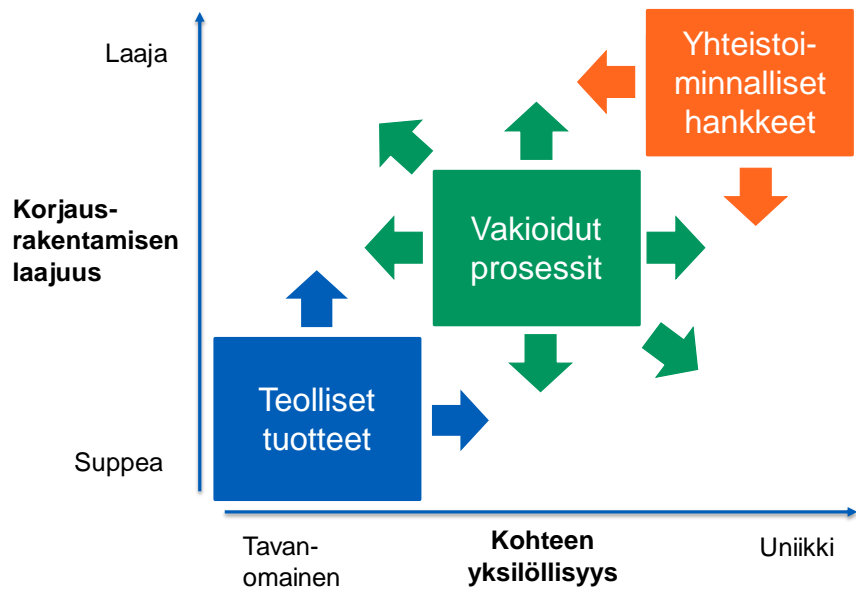
Kuva 10. Korjausrakentamisen nelikenttä

Kuvassa 11 on puolestaan esitetty tutkimuksen perusteella ehdotettuja johtamismalleja kullekin korjausrakentamisen tyypille. Tavanomaisissa ja suppeissa korjauskohteissa lähtökohdaksi kannattaisi ottaa **teollisten tuotteiden hyödyntäminen**. Tällöin lähtökohdana on tuotevalmistajien vakio- tai räätälöitävien tuotteiden (esim. tate-moduulit) hyödyntäminen. Suunnittelun ja tuotannon prosessit tulee sovittaa valitun teollisen ydintuotteen mukaisesti, eikä toisin päin.

Yksilöllisyydeltään ja/tai laajuudeltaan keskivaikeiden kohteiden johtamisessa tulisi hyödyntää **vakioituja prosesseja**. Tällöin lähtökohdana on päätoteuttajan vakioidut prosessit, esim. tahtituotanto ja vakioidut tehtäväluettelot. Hankkeeseen voidaan valita lisäksi teollisia tuotteita ja yhteistoiminnallisia menetelmiä, mutta valitun prosessin pohjalta.

Haastavimmissa korjauskohteissa perusratkaisuna tulisi aina olla tilaajan, päätoteuttajan ja keskeisten suunnittelijoiden **yhteistoiminnallinen hanke**. Lähtökohdana on monimutkaisuuden hallinta tilaajan, käyttäjien, suunnittelijoiden ja rakentajien yhteistoiminnan avulla. Tuotteiden, prosessien ja digitaalisen tiedonhallinnan menetelmien valinta (esim. BIM strategia) tapahtuu tällöin hankkeen edun kannalta parhaalla tavalla.

Kaikki hankkeet eivät sijaitse nelikentän läpäisevällä akseleilla. Näissä hankkeissa johtamismenetelmän valinta on monimutkaisempi prosessi, mutta nelikenttä antaa siihenkin apuja. Esim. uniikissa kohteessa, jossa korjausrakentamisen laajuus on keskitasoa, voisi riittää vakioiduilla prosesseilla johtaminen.



Kuva 11. Korjausrakentamisen nelikenttä ja ehdotetut johtamismallit

Johtamismallien lisäksi tutkimuksessa tunnistettiin, että korjausrakentamista optimoidaan edelleen pitkälti käsillä olevan hankkeen tavoitteiden pohjalta. Korjausrakentaminen on kuitenkin vain yksi pistemäinen vaihe rakennuksen pitkällä elinkaarella ja siksi pistemäisen korjaushankkeen optimoinnista tulisi edetä kattavampaan elinkaariajatteluun. Sekä uudis- että korjausrakentamisen ratkaisuissa tämä tarkoittaa varautumista myös tulevaisuuden muutokseen, joita ovat mm. rakennuksen ja sen tilojen a) sopeutuvuus, b) muokattavuus, ja c) laajennettavuus. Ajatuksena on siis tehdä tulevaisuuden korjaus- ja muutoshankkeista kevyempiä.

Paitsi itse rakentamiskäytännöissä, myös uudis- ja korjausrakentamisen tiedonhallinnassa tulisi varautua paremmin tuleviin hankkeisiin. Tämä tarkoittaa sitä, että as-built-tieto on digitaalisessa muodossa palvelemaan tulevaisuuden korjaus- ja muutosprojekteja. Tieto syntyy siis yhtenä tärkeänä rakentamisen lopputuotteena itse konkreettisen tuotteen ohella. Pää tavoitteena paremmassa tiedonhallinnassa on tehdä tulevaisuuden korjaus- ja muutoshankkeista helpompia suunnitella ja hallita.

5 Lähdeluettelo

Bansal ym. (2017) Fuzzy decision approach for selection of most suitable construction method of green buildings, *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(1), pp. 122–132.

Boyd, N., Khalfan, M. M. ja Masqood, T. (2012) Off-Site Construction of Apartment Buildings, *Journal of Architectural Engineering*, 19(1), pp. 51–57.

Chauhan, K. ym. (2022) The Monetary and Non-Monetary Impacts of Prefabrication on Construction: The Effects of Product Modularity, *Buildings*, 12(4), p. 19.

Chauhan, K. ym. (2022a) To prefabricate or not? A method for evaluating the impact of prefabrication in building construction, *Construction Innovation*.

Construction Extension to the PMBOK Guide, 2016, Project Management Institute.

Enkovaara, E., Lautanala, M., Saarnivaara, V-P., Laapotti, J., Hannus, M., Koivu, T., ja Leppänen, P. (1992). Asiakaslähtöinen teollinen rakentaminen. TEKES. Tekes: Julkaisu Vol. 32.

Fager-Pintilä, E. (2017) Improving productivity in pipe renovation project by standardized solutions. Diplomityö, Aalto-yliopisto. Saatavilla: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/29308>

Jonsson, H. ja Rudberg, M. (2014) Classification of production systems for industrialized building: A production strategy perspective, *Construction Management and Economics*, 32(1–2), pp. 53–69. doi: 10.1080/01446193.2013.812226.

Junnonen, J. (2012) Korjausrakentamisen teolliset ratkaisut. RIL 258-2011.

Kemmer, S. (2018). Development of a Method for Construction Management in Refurbishment Projects. Doctoral dissertation, University of Huddersfield. Saatavilla: <https://core.ac.uk/download/pdf/161102559.pdf>

Kyrö, R., Peltokorpi, A., Luoma-Halkola, L. (2019) Connecting adaptability strategies to building system lifecycles in hospital retrofits. *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 26 Issue: 4, pp.633-647, <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2017-0217>

Lehtiranta, Liisa. Risk Perceptions and Approaches in Multi-Organizations: A Re-search Review 2000-2012. *International Journal of Project Management*, vol. 6, no. 1, 2014, pp. 640-653.

Leväniemi, M. (2018) Effects of Kitting on Labour Productivity in a Building Renovation Project. Diplomityö, Aalto-yliopisto. Saatavilla: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/35470>

Luoma-Halkola, L. (2017) Modular service concept for hospital retrofits. Diplomityö, Aalto-yliopisto. Saatavilla: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/28983>

Luu, Van Truong, et al. Quantifying schedule risk in construction projects using Bayesian belief networks. International Journal of Project Management, vol. 27, no. 1, 2009. pp. 39-50.

Martin, H. Rakennushankkeen riskienhallinta projektinjohtourakoinnissa, 2010, YAMK opinnäytetyö.

Morse, J. M. (2016) Mixed Method Design: Principles and Procedures. Routledge. New York.

Naaranoja, M. ja Uden, L. (2007) Major problems in renovation projects in Finland' Building and Environment, 42(2), pp. 852-859.

Närhi, R. (2019) KVR-korjaushankkeen riskienhallinnan kehittäminen. Diplomityö, Aalto-yliopisto. Saatavilla: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/39027>

Närhi, R. KVR-korjaushankkeen riskienhallinnan kehittäminen, 2019, DI lopputyö.

Nigel J. Smith, Tony Merna, Paul Jobling, Risk in Construction Projects, 2nd Edition 2009, Wiley-Blackwell.

Oxford Economics Ltd. Future of Construction. Oxford Economics Ltd, September 2021.

Peltokorpi, A., Lavikka, R. ja Chauhan, K. (2019) Esivalmistuksen vaikutusten arviointi. Building 2030 hankkeen loppuraportti, Aalto-yliopisto. Saatavilla: https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/2019-10/loppuraportti_esivalmistuksen_vaikutusten_arviointi_23.10.2019.pdf

Ratu S-1231. Korjausrakentamisen tuotannosuunnittelu, Rakennustieto. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20S-1231>

Sahlberg, J. (2020) Tahtituotannon prosessimalli korjausrakentamiseen. Diplomityö, Aalto-yliopisto. Saatavilla: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/97527>

Seppänen, O., Peltokorpi, A., Junnila, S., Mustonen, L. (2020) Toimivat katuhankkeet - tutkimuksen loppuraportti, Aalto-yliopisto. Saatavilla: https://acris.aalto.fi/ws/portalfiles/portal/55006926/Toimivat_katuhankkeet_loppuraportti_11.3.2020.pdf

Shaqhid Iqbal, Rafiq M. Choudhry, Klaus Holschemacher, Ahsan Ali. Risk Management in Construction projects, 2015, Technological and Economic Development of Economy 21(1), 65-78.

Shokri, Samin, et al. Interface-Management Process for Managing Risk in Complex Capital Projects. Journal of Construction Engineering and Management, vol. 142, no. 2, 2016, pp. 1-12

Statista Research Department. Global construction market size 2020-2030, Statista, 25 July 2022, <https://www.statista.com/statistics/1290105/global-construction-market-size-with-forecasts/>. Accessed 7 September 2022.

Tetik, M., Peltokorpi, A., Seppänen, O., Leväniemi, M., Holmström, J. (2021) Kitting Logistics Solution for Improving On-Site Work Performance in Construction Projects. ASCE Journal of Construction Engineering and Management, 147 (1). Saatavilla: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001921>

Xia, Nini, et al. Towards integrating construction risk management and stakeholder management: A systematic literature review and future research agendas. International Journal of Project Management, no. 36, 2018, pp. 701-715

Zhao, J., Seppänen, O., Peltokorpi, A., Badihi, B., Olivieri, H. (2019) Real-time resource tracking for analyzing value-adding time in construction. Automation in Construction, Vol. 104, pp. 52-65. Saatavilla: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.04.003>