



Topi Kauppinen

Kylpyhuone-elementit tahtiaikataulutetussa hankkeessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

25.4.2025

Tiivistelmä

Tekijä: Topi Kauppinen
Otsikko: Kylpyhuone-elementit tahtiaikataulutetussa hankkeessa
Sivumäärä: 37 sivua + 2 liitettä
Aika: 25.4.2025

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine: Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat: Vastaava työnjohtaja, Tuomo Rintala, YIT
Lehtori, Riikka Jääskeläinen, Metropolia ammattikorkeakoulu

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kylpyhuone-elementtien soveltuvuus tahtituotantoon, mitkä asiat voivat olla pahimpia ”kompastuskiviä” aikataulullisesti ja miten niitä vältetään kylpyhuone-elementtejä käytettäessä, mitä hyötyjä kylpyhuone-elementeistä on tahtituotannossa sekä minkälaisiin kohteisiin kylpyhuone-elementit soveltuvat. Lisäksi työssä käytiin läpi kylpyhuone-elementtien historiaa ja niiden asennusta sekä tahtituotannon peruseriaatteita.

Opinnäytetyö toteutettiin kirjallisuusselvityksellä, esimerkkikohteen ratkaisuja tutkimalla ja haastatteleamalla henkilöitä, joilla on käytännön kokemusta kylpyhuone-elementeistä ja tahtituotannosta. Esimerkkikohte sijaitsee Helsingissä ja haastatteluiden tarkoituksena oli selvittää kokemuseräisiä haasteita ja edellytyksiä liittyen kylpyhuone-elementtien käyttöön tiukempien läpimenoaikojen hankkeissa.

Työssä kävi ilmi, että kylpyhuone-elementit soveltuvat hyvin tahtituotantoon, jos hankkeen muut ominaisuudet antavat myöten, kunhan niihin liittyvät työmaalla tehtävät työt ovat huomioitu tuotannonsuunnittelussa. Todennäköisimmin aikataulupaineita aiheuttavat tekniikkahormin liitokset, eristykset, palokatkot ja valut, sillä niihin tarvitaan useampaa urakoitsijaa ja ennen niitä kylpyhuone-elementtiä ei päästä levyttämään väliseinätöiden yhteydessä.

Avainsanat: kylpyhuone-elementit, tahtituotanto

Abstract

Author: Topi Kauppinen
Title: Bathroom Elements in Takt Timed Project
Number of Pages: 37 pages + 2 appendices
Date: 25 April 2025

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil engineer
Professional Major: Construction project management
Supervisors: Tuomo Rintala, Site manager, YIT
Riikka Jääskeläinen, Senior Lecturer, Metropolia University of Applied Sciences

The purpose of this thesis was to investigate the suitability of bathroom modules for takt production, what could be the worst "pitfalls" in terms of scheduling, and how to avoid them when using bathroom modules. The thesis also explores the benefits of bathroom modules in takt production and the types of projects they are suitable for. Additionally, the thesis covers the history and installation of bathroom modules, as well as the basic principles of takt production.

The thesis was carried out through a literature review, examining solutions in a case study, and interviewing individuals with practical experience in bathroom modules and takt production. The case study is in Helsinki, and the aim of the interviews was to explore the experiential challenges and requirements related to the use of bathroom modules in projects with tighter lead times.

The study indicates that bathroom modules are well-suited for takt production, provided that the other characteristics of the project allow it and that the on-site work related to them has been considered in production planning. The most likely sources of scheduling pressure are the connections to the technical shaft, insulation, firestopping, and concrete casting, as these tasks require multiple contractors, and the bathroom module cannot be drywalled as part of the partition wall work until these have been completed.

Keywords: bathroom elements, takt time planning

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kylpyhuone-elementit	3
2.1	Historiaa	3
2.2	Parmarine Oy kylpyhuoneet	4
2.3	KPH-elementin asennus betonielementtirunkoon	6
2.3.1	Asennuksen valmistelut	6
2.3.2	KPH-elementtien vastaanotto	8
2.3.3	Paikoilleen asentaminen	9
2.3.4	LVIS-liitokset	11
2.3.5	Tekniikkahormin valu ja palokatkot	11
2.3.6	Kosteudenhallinta	12
3	Tahtituotanto	14
3.1	Teollinen rakentaminen	14
3.2	Taustaa	14
3.3	Tahtiaikataulu	17
3.4	Tahtituotannon mahdolliset hyödyt rakentamisessa	18
3.5	Tahtituotannon mahdolliset haasteet rakentamisessa	19
4	As Oy Helsingin Saarni	22
4.1	Sisätyövaiheiden tahtiaikatauluseuranta	22
4.2	Kylpyhuone-elementtien asennuksen toteutus	23
5	Haastattelut	26
6	Tulokset	28
6.1	Tahtituotannon vaatimukset yleisesti	28
6.2	KPH-elementtien soveltuvuus tahtituotantoon	28
6.3	Riskialttiimmat tehtävät ja niiden hallinta	29
6.4	Kylpyhuone-elementtien ongelmat	30
6.5	Työvaiheiden järjestys ja riippuvaisuudet	31
6.6	Huomioita KPH-elementteihin liittyviin LVI-töihin	32

6.7	Mahdollisuudet	34
7	Yhteenveto	35
	Lähteet	36
	Liitteet	
	Liite 1: Haastattelukysymykset	

Lyhenteet

KPH-elementti: Kylpyhuone-elementti

LVISA: Lämpö, vesi, ilmanvaihto, sähkö ja automaatio

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö toteutetaan YIT Housing Oy:n toimeksiantona. YIT on suuri suomalainen rakennusyhtiö ja hankekehittäjä, joka toimii asunto-, toimitila- ja infrarakentamisen sektoreilla. YIT on ollut osana kaupunkien ja kotien rakentamisessa jo 110 vuoden ajan. YIT:n päämarkkina-alueisiin sisältyy Suomi, Ruotsi, Viro, Latvia, Liettua, Tšekki, Slovakia sekä Puola ja tällä hetkellä YIT työllistää noin 4300 ammattilaista näissä maissa. YIT:n liikevaihto oli 2,2 miljardia euroa vuonna 2023. YIT:n yksi prioriteeteistä strategiakauteen 2025–2029 on tähdätä alan ykköseksi tuottavuudessa ja taloudellisessa suorituskyvyssä. Kuvassa 1 esitettynä YIT:n strategiaa. [1.]



Kuva 1. YIT:n strategia 2025–2029 (<https://www.yitgroup.com/fi>)

Tämä työ tehdään, koska YIT:n uuden strategian keskeisimmistä tavoitteista on tuottavuuden parantaminen, joka tarkoittaa tahtituotannon käyttöönottoa entistä enemmän hankkeiden läpivientiin. Yleisesti rakentamisen heikon tuottavuuden takia pyritään käyttämään entistä enemmän esivalmisteita, joista kylpyhuone-elementti on hyvä esimerkki. Vaikka kylpyhuone-elementtien on huomattu

lyhentävän rakentamisen läpimenoaikaa, eivät ne yksinään riitä parantamaan rakentamisen nykyistä tuottavuutta ilman laadukasta tuotannosuunnittelua. Esivalmisteista voidaan saada enemmän hyötyä aikataulullisesti, jos niihin liittyvät työmaalla toteutettavat tehtävät sovitetaan tahtituotantoon.

Tahtituotannon tehokkuus rakentamisessa perustuu siihen, että saadaan poistettua ylimääräiset aika- ja tilapuskurit, jolloin saadaan vähennettyä tuotantontota toimintaa. Tuottamattoman toiminnan vähentäminen pienentää rakentamisen kustannuksia ja voi samalla parantaa laatua. Alun perin tahtituotanto on lähtöisin valmistavasta teollisuudesta, jossa tuotannonohjausjärjestelmänä sen tavoitteena on tahdistaa tuotannon nopeus kysynnän mukaiseksi. [2.]

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on yhdistää rakentamisessa yleistynyt tahtituotanto ja kylpyhuone-elementit. Työssä käsitellään, mitkä asiat voivat olla pahimpia ”kompastuskiviä” aikataulullisesti ja miten niitä vältetään kylpyhuone-elementtejä käytettäessä, mitä hyötyjä kylpyhuone-elementeistä on tahtituotannossa sekä minkälaisiin kohteisiin kylpyhuone-elementit soveltuvat. Tämä työ rajataan Parmarine-kylpyhuone-elementteihin kololaatta-asennettuna keskikoisessa betonielementtirunkoisessa asuinkerrostalossa. Työn tutkimusmenetelmänä käytetään haastatteluita ja esimerkkikohde As Oy Helsingin Saarnin toteutusta.

2 Kylpyhuone-elementit

2.1 Historiaa

Kylpyhuone-elementit ovat esivalmistettuja tilaelementtejä, jotka saivat alkunsa maailmalla 1930-luvun teollistumisen kasvun myötä. Suomessa ensimmäinen kylpyhuone-elementti valmistettiin 1960-luvulla, kun taas Ruotsissa nämä tulivat markkinoille jo 1950-luvulla. Suomessa kylpyhuone-elementtiä käytettiin ensimmäisen kerran Helsingin Myllypurossa asuinkerrostalohankkeessa. Tähän aikaan kylpyhuone-elementit asennettiin toistensa päälle torniksi, jonka jälkeen ne valettiin kerroksen välipohjarakenteeseen kiinni. Alkuvuosina kylpyhuone-elementtejä Suomessa valmisti ensimmäisenä PARMA Kylpyhuoneet, nykyinen Parmarine Oy ja Skånska Cementgjuteriet AB. Kuvassa 2 kylpyhuone-elementin asennusta 1960-luvulla. [3.]



Kuva 2. KPH-elementin asennus Forssassa 1960-luvulla (<https://www.tekniikkatalous.fi>)

Parmarine Oy on nykypäivänä suurin suomalainen valmistaja, joka on viime aikoina valmistanut noin 7000 kylpyhuone-elementtiä vuosittain. Parmarine Oy:n vuosikapasiteetti on enintään 8000 kylpyhuone-elementtiä ja koko historian aikana heidän tuotantolinjaltaan on valmistunut noin 280 000 yksikköä. Ensimmäisen kylpyhuone-elementin he valmistivat 1968-luvulla. Parmarine Oy erosi Parma-konsernista itsenäiseksi yhtiöksi vuonna 1996 ja nykypäivänä Parmarine Oy:n omistaa Eastern Pretech PTE Ltd, joka kuuluu NSL-konserniin. [4.]

2.2 Parmarine Oy kylpyhuoneet

Parma Kylpyhuoneet ovat vesi- ja viemärlaitteiltaan tyyppihyväksytyjä, asennusvalmiita kylpyhuone-, WC- ja saunapesuhuonevalmistiloja. Ne soveltuvat asuntoihin, palvelutaloihin, sairaaloiden potilashuoneisiin ja hotelleihin. Kylpyhuoneet valmistetaan automatisoidussa teollisessa prosessissa suurella valmistusvolyymilla. Valmistilat voidaan räätälöidä tilaajan toiveiden ja kohteen suunnitelmien mukaan. Forssan tehtaalla on koulutettu henkilökunta, joka valmistaa tuotekokonaisuudet lämpimissä ja kuivissa sisätiloissa, jolloin saadaan tasainen lopputulos riippumatta työmaan sääolosuhteista, työvoimatilanteesta tai urakoitsijoiden yhteistyöstä. [5.]

Valmistilat toimitetaan työmaalle valmiina märkätiloina, joissa kaikki sisustus-, kalustus- ja LVI-työt on jo tehty. Tämän myötä työmaan riskialteimmat ja aikaa vievimmat työvaiheet voidaan tehdä tehtaalla, mikä nopeuttaa rakennuksen valmistumista, vapauttaa pääomaa aikaisemmin ja vähentää rakennusaikaisia riskejä. Toimituksen laadusta ja viranomais määräysten noudattamisesta vastaa yksi toimittaja, eikä useat eri aliurakoitsijat ja tavarantoimittajat. [5.]

Mahdollinen sauna ja pesuhuone on suunniteltu yhtenäiseksi kokonaisuudeksi, joten pesuhuoneen teräsbetonilaatta ja runkorakenne jatkuvat saunan puolelle. Runkorakenteet täyttävät vedeneristykselle asetetut vaatimukset. Pohjalaatta on teräsbetonia ja lattian voi pinnoittaa tilaajan haluamalla materiaalilla. Seinä- ja kattorakenteet on tehty sinkitystä ja pohjamaalatusta teräsohutlevystä, joka on käsitelty terästoimittajan valmistusprosessissa. Seiniin voi valita

muovipinnoitteen tai laatoituksen keraamisilla laatoilla tai luonnonkivilaatoilla. Märkätilojen rakenteet ovat palamattomia. Kuvassa 3 on esitettyä Parman nykyaikainen kylpyhuone-elementti. [5.]



Kuva 3. Parmarine kylpyhuone-elementti (RT 38784 Parma Kylpyhuoneet Parmarine Oy)

Parmarine Oy:n valmistilaelementeissä käytetään virallisesti hyväksytyjä vesi- ja viemärlaitteita. Ilmanvaihtokanavat sekä vesi-, viemäri- ja sähköputket kulkevat märkätilojen rakenteiden sisällä ja ne asennetaan joko elementin ulkopuolelle tai sen ulkopuolella olevaan hormitilaan. Märkätilojen lämmitys toteutetaan asiakkaan toiveiden mukaisesti. [5.]

Parma Kylpyhuoneet valmistetaan mittatilaustyönä. Hyvä ääneneristys ja kevyt rakenne mahdollistavat märkätilojen suunnittelun niin, että ne edistävät viihtyvyyttä ja asumismukavuutta. Kylpyhuoneen suunnittelussa huomioidaan LVIS-

määräysten lisäksi vaatimukset vedeneristykselle, ääniteknikalle, sähköturvallisudelle sekä tilojen soveltuvuus liikuntarajoitteisille. [5.]

2.3 KPH-elementin asennus betonielementtirunkoon

Tässä kappaleessa kuvataan työmaalla suoritettavat tehtävät, jotka liittyvät Parmarine-kylpyhuone-elementtien asentamiseen ontelolaatta välipohjaan. Teolliseen rakentamiseen siirryttäessä on tärkeää tunnistaa eri työvaiheisiin liittyvät tehtävät, jotta ne voidaan huomioida tahtituotannossa.

2.3.1 Asennuksen valmistelut

Runkotyönjohtajan on ennen kylpyhuone-elementtien vastaanottoa tarkastettava ja varmistettava suunnitelmien oikeanlaisuus, erityisesti KPH-elementtien korkeusasemat, kynnyshkorkeudet ja muut kriittiset kohdat. Ennen asennustöiden aloittamista on suositeltavaa varautua elementtien välivarastointiin työmaalla. [6.]

Työpisteen siivoaminen orgaanisista ja muista rakennusjätteistä on välttämätöntä asennustöihin ryhtyessä. Kylpyhuone-elementtien asennuspaikoilla ei saa olla ylimääräistä tavaraa tai jätettä, joka haittaa kylpyhuone-elementtien asennusta. [6.]

Kylpyhuone-elementtien asennuspaikat ja nurkat merkitään tarkasti suunnitelmien mukaan mittamiehen toimesta. Kylpyhuone-elementtien asennuskorkeus tulee määritellä ennen asennusta huomioiden lattioiden pintamateriaalit ja muut korot, jotta kylpyhuoneen kynnyshkorkeus on enintään 20 mm. Kylpyhuone-elementit saadaan oikeaan korkoon yleensä betonikivillä, korkolapuilla ja KPH-elementtien mukana tulevilla joustovälikkeillä. Seuraavassa kuvassa näkyvät välikkeet saadaan oikeaan korkoon viiva- tai tasolaserilla mittamiehen asettaman merkin avulla. [6.]



Kuva 4. KPH-elementin alle tulevat välikkeet laitettuna oikeaan korkoon. Vi-notuet ja pystysauman tukko poistetaan ennen asennusta. (Kauppinen, 2024.)

Ennen elementtien asennusta on myös tarkistettava, että viemäröinnin ja lattia-kaivovalu-ulokkeiden vaatima tila on riittävä. Mikäli poikkeamia havaitaan, ne tulee korjata ennen asennusta. Kaikkien muidenkin LVIS-varauksien sijainti ja mitat on myös tarkistettava. [6.]

Rakennustyömaalla käytettävät nostovälineet, kuten nostopuomit ja nostoliinat, on tarkastettava ennen asennustöitä. On tärkeää varmistaa, että kaikki nostovälineet täyttävät työturvallisuusasiakirjojen vaatimukset ja että ne on tarkastettu määräajoin. [6.]

Lopuksi runkorakenteiden saumojen tiiveys on tarkistettava erityisesti KPH-elementtien taakse jäävien vaaka- ja pystysaumojen sekä ontelosaumojen osalta. Mahdolliset pystysaumapellit on tarkastettava erikseen, ja on ensisijaisen tärkeää, että kaikki piiloon jäävät saumat tiivistetään etukäteen. [6.]

2.3.2 KPH-elementtien vastaanotto

Kylpyhuone-elementtien saapuessa rakennustyömaalle, on tärkeää, että elementtiasennuksesta vastaava työnjohtaja tarkistaa kuljetuksen yhteydessä saapuvan rahtikirjan. Näin varmistetaan, että työmaalle on toimitettu oikeat kylpyhuone-elementit. Rakennustyömaalla tilaajan edustaja tarkistaa KPH-elementtien tyyppi- ja kerrosmerkinnät suojamuovista sekä rahtikirjasta. Samalla tarkastetaan visuaalisesti kylpyhuone-elementtien suojamuovit, että ne ovat ehjiä. Tarkastuksen avulla varmistetaan, ettei elementeissä ole ulkoisia vaurioita, kuten osumia tai muita jälkiä. Seuraavassa kuvassa KPH-elementit rekan kyydissä. [6.]



Kuva 5. KPH-elementit toimitettuna. Suojamuoviin merkattu työmaan nimi ja asunto, johon elementit asennetaan. (Kauppinen, 2024.)

Mikäli KPH-elementtien kuljetuksen aikana on tullut vaurioita, jälkiä tai osumia, on tärkeää tarkastaa seuraavat kohdat elementeistä: hormi, LVIS-liitospaaleet, ovi, kattorakenteet, viemäri ja lattiakaivo. Kylpyhuone-elementtejä

nostettaessa on mahdollista tarkistaa myös betonisen pohjalaatan alapuolella olevien kaivon ja viemärin suojavaalujen kunto. Mikäli elementeissä havaitaan puutteita tai vaurioita, niin havainnot kirjataan rahtikirjaan ja otetaan mahdollisimman nopeasti yhteyttä elementtitehtaaseen. [6.]

2.3.3 Paikoilleen asentaminen

Kylpyhuone-elementtien asennuksesta vastaa rakennustyömaalla elementti-asennusryhmä. Tavallisesti elementtitehtaasta saapuu työmaalle elementti-asennusopettaja, joka valvoo ensimmäisten KPH-elementtien asennuksen. Ensimmäisestä asennettavasta KPH-elementistä laaditaan mallityöasennuspöytäkirja työmaalla. [6.]

Kylpyhuone-elementit puretaan elementtikuormasta ja nostetaan suoraan rakennuksen runkoon, jossa asennusvälikkeet ovat valmiiksi laitettuna oikeaan asennuskorkeuteen. Nämä välikkeet sijaitsevat kololaattasyvennyksessä, joka on KPH-elementtien lopullinen sijainti rakennuksessa. Välivarastointia ei elementtitehdas yleensä suosittele työmailla, mutta jos se on välttämätöntä, tulee noudattaa elementtitehtaan antamia ohjeita välivarastoinnin osalta. Kuvassa 6 nähdään kylpyhuone-elementin paikoilleen nostaminen. [6.]



Kuva 6. Kylpyhuone-elementtiä asennetaan kololaattaan, jossa välikkeet oikeassa korossa. (Kauppinen, 2024.)

Kylpyhuone-elementtien asennusvaiheessa on tärkeää, että KPH-elementit asennetaan pysty- ja vaakasuoraan kololaattasyvennyksiin, joissa asennusvälikkeet on valmiiksi asetettu oikeaan asennuskorkeuteen. Tarvittaessa KPH-elementtiä ohjataan ja siirretään asennuskangilla. KPH-elementtien asentamisessa on tärkeää varmistaa, että elementti jätetään riittävän kauaksi kantavista betonirakenteista. Elementtiasennuspiirustuksesta löytyvät rakennesuunnittelijan määrittämät etäisyydet KPH-elementin ja seinäelementin välille. [6.]

2.3.4 LVIS-liitokset

Seuraavassa kuvassa 7 esiintyvä kylpyhuone-elementin LVIS-tekniikka kulkee pääasiassa kylpyhuoneen sisä- tai ulkopuolisessa hormitilassa. Kylpyhuone-elementeissa käytetään vain tyyppihyväksytyjä tuotteita, jotka on suunniteltava ja asennettava niin, että ne voidaan tarvittaessa helposti vaihtaa, huoltaa ja korjata ilman rakenteiden vaurioittamista. Vesivahinkojen syntyminen elementin rakenteissa estetään oikeilla asennusmenetelmillä ja vuodonilmaisimien asentamisella, jotka ohjaavat mahdolliset vuodot näkyville. [7.]



Kuva 7. Työmaalla tehtyjä kylpyhuone-elementtien vesi- ja viemäri-liitoksia, viemäriputken ympärillä palokatkonauhaa. (Kauppinen, 2024.)

2.3.5 Tekniikkahormin valu ja palokatkot

Työmailla KPH-elementtien läpivientien palokatkojen toteutuksessa on tärkeää toimia huolellisesti ja perehtyä ennakkosuunnitelmiin tarkasti. Työmaan työnjohtajan on suositeltavaa käydä läpi yhdessä Rakenne- ja palokatkosuunnittelijan kanssa palokatkojen toteutustapa, sekä tutustua suunnitelmiin ja tarvittaessa

tehdä niihin täydennyksiä. Näin palokatkojen suorittaminen KPH-elementin hormilinjaan sujuu helpommin ja ne saadaan virallisiksi. [6.]



Kuva 8. Tekniikkahormin valumuotti ylhäältä, KVV-putkia ei vielä kokonaan eristetty. (Kauppinen, 2024)

2.3.6 Kosteudenhallinta

Kylpyhuone-elementtejä käytettäessä, kuten rakentamisessa yleisesti, tulee kosteudenhallinnan kannalta noudattaa säädöksiä, ohjekortteja ja Kuiva-
ketju10:n ohjeistuksia. [8.] Kuivaketju10 on kokonaisvaltainen kosteudenhallinnan toimintamalli, joka ulottuu rakennusprosessin kaikille vaiheille suunnittelusta rakentamiseen sekä rakennuksen vastaanotosta käyttövaiheeseen. Malliin kuuluu riskilista, joka sisältää kymmenen merkittävintä kosteusvaurioiden riskiä. Näiden riskitekijöiden hallintaan kiinnitetään huomiota kaikissa rakennusvaiheissa, jotta kosteusvaurioiden syntymistä voidaan ehkäistä. [9.]

Mikäli kylpyhuone-elementtiä ei päästä asentamaan suoraan kuormasta paikalleen, niin väliaikaisessa varastoinnissa tärkeimpiä vältettäviä asioita ovat

maakosteuden siirtyminen, sekä lumi- ja vesisateen vaikutukset. Suojamuovin kunto tulee tarkistaa ja tarvittaessa laittaa lisäsuoja kylpyhuone-elementin päälle. [8.]

Työmaalla tulee huomioida asennuspaikan kosteus. Kylpyhuone-elementtejä asentaessa, tulee asennuspaikalta poistaa mahdolliset vesilammikot esimerkiksi vesi-imurilla. Asennuspaikalla olevat vesilammikot saattavat pahimmassa tapauksessa aiheuttaa kosteuskuorman siirtymistä kylpyhuone-elementin sisälle. Asennuksen jälkeen on tärkeää varmistaa, että suojamuovi on kunnossa erityisesti kylpyhuone-elementin päältä, sillä se suojaa yläpuolisen holvin läpi tippuvalta vedeltä. [8.]

Yksi toimiva keino kylpyhuone-elementin alapuolisen tilan kosteuden poistoon on, että kylpyhuone-elementin reunavalun valmistelussa asennetaan tuuletusputki, jonka toinen pää menee kylpyhuone-elementin alle ja toinen pää tulee ylös reunavalusta. Reunavalun betonin kuivuttua riittävästi, voidaan putkesta puhaltaa ilmaa kylpyhuone-elementin alle esimerkiksi ontelokuivaimella. [6.]

Kuivumisen varmistamiseksi reunavaluissa on suositeltavaa käyttää NP-LYX- tai NP-betonia ja noin kahden viikon kuluttua pinnasta on poistettava sementti-liima hiomalla. Runkovaiheen aikataulua suunniteltaessa tulee antaa eri työvaiheiden välille riittävä väli, jotta kuivumisajat riittävät. Yleisaikatauluun tulee merkitä tarvittavat kuivumisajat eri työvaiheiden välille. Tämä aikataulusuunnitelma liitetään osaksi rakennustyömaan kosteudenhallintasuunnitelmaa. [6.]

3 Tahtituotanto

3.1 Teollinen rakentaminen

Teollinen rakentaminen koostuu monista eri osa-alueista, jotka yhdessä tekevät rakennusprosessista tehokkaamman. Näihin osa-alueisiin kuuluvat rakentamista tehostava tahtituotanto, joka mahdollistaa työvaiheiden ja aikarajojen tarkemman hallinnan ja tarveperusteinen toimitusketjun ohjaaminen, joka varmistaa oikeiden materiaalien ja komponenttien saapumisen oikeaan aikaan. Lisäksi esivalmistuksen hyödyntäminen on keskeinen osa teollista rakentamista, sillä rakennusosien valmistus tehtaissa ennen työmaalle saapumista parantaa rakennusprosessin nopeutta ja laatua. [10.]

Teollisessa rakentamisessa pyritään vakioimaan toistuvia osia ja työvaiheita, joka auttaa tehostamaan tuotantoa. Valmisteluun ja suunnitteluun käytetään riittävän paljon aikaa, jotta toteutus olisi mahdollisimman häiriötön ja nopea, lisäksi tuotesuunnittelu ja tuotannonsuunnittelu tehdään mahdollisimman samanaikaisesti. Tuotannonsuunnittelussa ei keskitytä pelkästään hankintoihin ja kaupanteekoon, vaan nimenomaan tuotannonsuunnitteluun kaikilla osa-alueilla. Toimitus- ja logistiikkaketjut suunnitellaan työmaatoiminnan näkökulmasta, jotta ne tukevat prosessia. Tavoitteena on myös hyödyntää teollista esivalmistusta tai työmaaverstasta, mikä mahdollistaa kokonaiskustannusten pienentämisen ja prosessin tehostamisen. [11.]

3.2 Taustaa

Rakennusalan perinteisissä tuotannonsuunnittelu- ja ohjausmenetelmissä on useita haasteita. Rakentamisessa esiintyy paljon hukkaa, kuten odottelua, tarpeetonta liikettä ja heikkoa laatua. Lisäksi työ ei ole usein jatkuvaa ja virtaavaa, vaan keskeytyy säännöllisesti. Moniin muihin toimialoihin verrattuna rakennusalan tuottavuus on heikkoa. [2.]

Tahtituotannon soveltaminen rakennusalalle on melko tuore ilmiö, mikä voi johtua siitä, että rakennustyömaita on perinteisesti pidetty kertaluontoisina projekteina, jolloin teollisuuden menetelmien käyttöönotto on ollut haastavaa. Lean-rakentaminen on kuitenkin muuttamassa tätä ajattelutapaa. Tahtituotantoon alettiin Suomessa kiinnittää huomiota vasta 2010-luvulla. Tuolloin sitä tutkittiin jo Kaliforniassa ja Saksasta saatiin kokemuksia sen käytöstä niin korjausrakentamisessa kuin laivojen korjauksissa. [12.]

Tahtituotanto on ottanut vaikutteita Lean-ajattelusta, joka on jatkuvan parantamisen, hukan vähentämisen ja asiakaslähtöisyyden periaatteisiin pohjautuva johtamisfilosofia, joka edistää tehokkuutta, joustavuutta ja kilpailuetua. Filosofian taustalla on Toyotan kehittämä tuotantojärjestelmä, joka on levinnyt laajasti eri teollisuudenaloille ja organisaatioihin maailmanlaajuisesti. [13.]

Tahtituotannon perustermit

TAHTIAIKA

Vakiokestoinen ajanjakso, jota jokainen tahtituotannon työpaketti noudattaa
Käytetään rytmittämään tuotannon kulku tasaiseksi ja ennustettavaksi

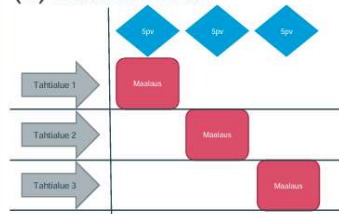
TAHTIALUE

Tuotteen osakokonaisuus, mikä saadaan valmiiksi yhdessä (1) tahtiajassa
Esimerkiksi yksi (1) toimistotila tai huone



TYÖPAKETTI

Työvaihe mikä pystytään tekemään yhden (1) tahtiajan aikana yhdellä (1) tahtialueella



TYÖJONO

Työpaketeista koostuva kokonaisuus

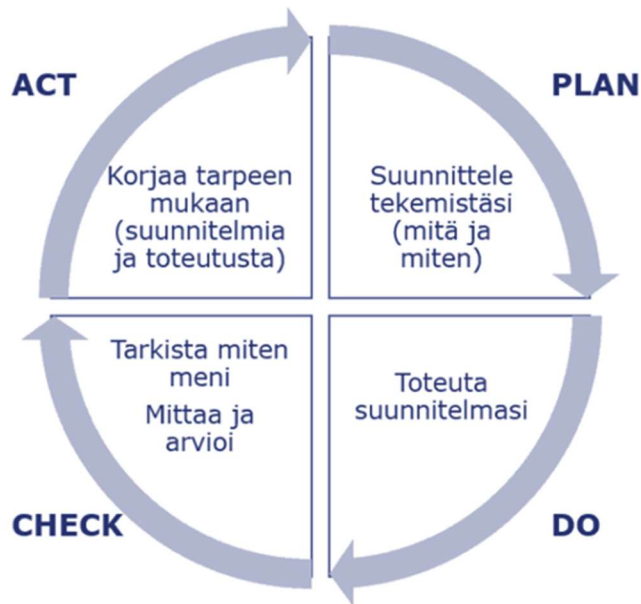
- Tuotantोजना
- Prosessi
- Resepti



Kuva 9. Tahtituotannon perustermit (Jami Ahonen, Tahtituotanto koulutuspaketti, YIT)

Lean on käsite, joka on kehittynyt ajan myötä ja jatkaa kehittymistään soveltamisen mukana. Sen keskeisin ajatus on, että pyritään jatkuvasti etsimään uusia toimintatapoja ja työkaluja, jotka voivat parantaa tuotantoprosessien tehokkuutta. Jos parempia tapoja löytyy, ne liitetään osaksi nykyisiä käytäntöjä. Lean-ajattelussa toiminnan kehittäminen nähdään koko toimitusketjun arvon luomisen kautta. Toiminnot voidaan jakaa kolmeen kategoriaan: arvoa tuottavat, arvoa

tuottamaton, mutta välttämätön, sekä arvoa tuottamaton ja tarpeeton toiminto. Lean-ajattelun keskeinen periaate on, että kaikki ne toiminnot, jotka eivät luo lisäarvoa asiakkaan näkökulmasta tuotteelle tai palvelulle, katsotaan hukaksi (waste). Seuraavassa kuvassa esitetään Leaniin yhdistetty jatkuvan parantamisen ympyrä. [14.]



Kuva 10. Jatkuvan parantamisen ympyrä. (<https://www.arter.fi>)

Lean-rakentaminen (Lean Construction) tarkoittaa Lean-ajattelun soveltamista rakennusalalle rakennushankkeiden eri vaiheissa ja prosesseissa. Vaikka rakennusalan erityispiirteet voivat tuoda omia haasteitaan, Leanin toteuttaminen ei sinänsä ole sen vaikeampaa tai helpompaa kuin muillakaan teollisuudenaloilla. Lean rakentamisen päämääränä on vähentää hankkeissa syntyvää hukkaa, kuten ylimääräistä työaika, energian, materiaalien ja muiden resurssien kulutusta. Tavoitteena on parantaa projektin tehokkuutta ja samalla maksimoida asiakkaan saama arvo. [14.]

3.3 Tahtiaikataulu

Tahtiaikataulu on tahtituotannossa käytettävä aikataulun esitysmuoto, josta nähdään tarkasti aika ja paikka. Jokaiselle työvaiheelle annetaan täsmällinen ajankohta ja sijainti, jossa työn tulee tapahtua. Aikataulu ohjaa työntekijöitä tekemään työtehtäviä oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Toimiessaan tahtiaikataulu estää työpisteiden ruuhkautumista ja varmistaa, että työ määrä jakautuu tasaisesti koko työvaiheen ajalle. Tahtiaikataulua käytetään työmaalla seurannan välineenä, jonka avulla voidaan nopeasti arvioida työryhmien aikataulussa pysymistä ja ennakoita mahdollisia ongelmia. [15.]



Kuva 11. Esimerkki tahtiaikataulusta (<https://www.tahcon.fi>)

Tahtiaikataulu suunnitellaan siten, että työpaketit ovat yhtä pitkiä, jotta jokaisessa vaiheessa toistuvat samat tehtävät, joita suorittavat samat henkilöt. Esimerkiksi väliseinien asennus alkaa tahtialueelta 1, sitten siirrytään tahtialueelle 2 ja jatketaan tätä järjestelmää eteenpäin. Tällöin työn eteneminen on ennakoitavampaa ja hallittavampaa. Työjonossa tuotannon täytyy edetä tasaisessa ja yhtenäisessä tahdissa. Vasta kun edellisen työpaketin tehtävät on saatu päätökseen, voi seuraava "vaunu" tulla samoihin tiloihin. Seuraavassa kuvassa tahtituotannon virtausnäkökulma. [16.]

Virtausnäkökulma



31.8.2021

Kuva 12. Tahtituotannon virtausnäkökulma (Jami Ahonen)

3.4 Tahtituotannon mahdolliset hyödyt rakentamisessa

Tahtituotanto mahdollistaa tarkemman aikataulutuksen ja paremman aikataulussa pysymisen. Työvaiheet pyritään suunnittelemaan niin, että työt etenevät sujuvasti ilman turhia keskeytyksiä tai odotusaikoja, kun yksi vaihe on saatu päätökseen, niin seuraava voi alkaa heti. Tämä voi vähentää tyhjääkäyntiä ja estää aikataulun venymisen, mikä puolestaan lyhentäisi koko rakennusprosessin kestoa. Lyhyempi rakennusaika tarkoittaa sitä, että tilaaja voi ottaa rakennuksen käyttöönsä aikaisemmin. [17.]

Tahtituotannossa esiintyvä suunnitelmallisuus ja tarkka aikataulun seuranta voivat vähentää ylimääräisten kustannusten syntymistä. Tahtituotannossa työvaiheet voivat edetä tehokkaammin, mikä auttaa vähentämään hukkaa ja parantaa kustannustehokkuutta. Hyvin suunniteltu aikataulu minimoi viivästymisistä aiheutuvat lisäkustannukset, kuten ylimääräiset työvoimakustannukset, vuokrat ja muut järjestelyt. Lyhyempi rakennusaika mahdollistaa tilaajalle tilan nopeamman käyttöönoton. [17.]

Tahtituotannossa suunnittelu ja valmistelu toteutetaan mahdollisimman tarkasti, mikä minimoi rakennusprosessin aikana tapahtuvia virheitä ja puutteita. Tämä parantaa lopputuloksen laatua ja vähentää tarvetta myöhempisiin korjauksiin. Laadukas asunnonrakentaminen mahdollistaa tilaajalle ja asukkaalle paremman ja kestävämmän elinympäristön. Kun asunnot valmistetaan kerralla valmiiksi, rakennusvaiheessa sattuvien vahinkojen riski pienenee, sillä jokainen asunto on rakentamisen alla lyhyemmän aikaa. [17.]

Tahtituotannossa työvaiheet ja materiaalit tarpeet pyritään määrittelemään mahdollisimman tarkasti etukäteen. Tämän ansiosta materiaalihankinnat ja työvaiheet ovat oikeassa aikajärjestyksessä, estäen turhat hankinnat ja ylimääräiset toimenpiteet. Tämän seurauksena rakennusprosessin hukka vähenee huomattavasti. Tahtituotannon keskeinen tavoite on myös pitää ylimääräinen varastointi mahdollisimman pienenä. Materiaalit pyritään toimittamaan tarpeen mukaan oikea aikaisesti, mikä vähentää varastointiin liittyviä ongelmia, kuten materiaalien vanhenemisen, pilaantumisen tai vahingoittumisen. Jokainen työvaihe pyritään tarkastamaan ja hyväksymään ennen seuraavaan vaiheeseen siirtymistä. Tämä prosessi voi vähentää virheiden ja korjaustarpeiden määrää, mikä vähentää hukkaa ja parantaa rakennusprosessin sujuvuutta ja kustannustehokkuutta. [17.]

Tahtituotannossa tarkoituksena on, että eri osapuolet, kuten tilaaja, suunnittelijat, urakoitsijat ja aliurakoitsijat tekevät mahdollisimman tiivistä yhteistyötä ja viestivät avoimesti keskenään. Tämä parantaa tiedonkulkua ja nopeuttaa ongelmien ratkaisua. Lisäksi tahtituotanto voi parantaa riskien tunnistamista ja hallintaa. Suunnittelu ja jatkuva valvonta auttavat havaitsemaan mahdolliset ongelmat ajoissa, jolloin ne voidaan korjata ennen kuin ne aiheuttavat suurempia vahinkoja. [17.]

3.5 Tahtituotannon mahdolliset haasteet rakentamisessa

Tahtituotannon hyötyjen lisäksi voi rakentamisessa ilmetä tahtituotannon myötä haasteita ja ongelmia. Tahtialueella ilmenevät häiriöt voivat johtua monista

tekijöistä, kuten muutoksista alkuperäisissä suunnitelmissa tai materiaali- puutteista. Tahtialueen luovutuksen viivästykset voivat puolestaan johtua esimerkiksi puutteellisesta työsuorituksesta tai virheistä. Lisäksi tahtijunaan liittyvät ongelmat saattavat olla seurausta puutteellisista resursseista tai materiaaleihin liittyvistä ongelmista. [18.]

Tahtituotannon toteutuksessa on ilmennyt, että eri työvaiheet eivät aina kulje yhteisessä tahdissa, eikä työvaiheiden välisiä eroja ole onnistuttu yhteensovittamaan. Yhteinen tahti on rikkoutunut siten, että suunniteltuja tehtäviä ei pystytä suorittamaan oikeaan aikaan oikeassa paikassa. Hankkeen osapuolet eivät jaa yhteistä tilannekuvaa, mikä estää tahdissa pysymisen. Tämän seurauksena havaittuja ongelmia ja puutteita ei ehditä tai kyetä korjaamaan ajallaan, jolloin ne kasaantuvat ja aiheuttavat häiriöitä sekä viivästyksiä koko tuotantoon. [18.]

Tahtituotantoon sitoutumisen ja suunnitteluun osallistumisen puute ovat aiheuttaneet haasteita aliurakoitsijoille aikataulussa pysymisen kannalta. Aliurakoitsijoilla saattaa olla vähän tietoa tahtituotannosta ja sen vaatimuksista. Tahtituotannon vaatimuksia ei välttämättä aina oteta huomioon sopimuksia tehdessä, joka voi aiheuttaa ristiriitoja ja viivästyksiä, sillä aliurakoitsijan sitoutuminen tuotantomalliin on heikkoa. [18.]

Eryteisesti talotekniikan yhteensovittamisessa on havaittu ongelmia lähtötietojen myöhästymisen ja suunnittelun hitauden takia. Aikataulun seurannan aikana ei olla pystytty ratkaisemaan häiriöitä ja ongelmia nopeasti heikon ongelmanratkaisuprosessin takia, sillä tähän ei ole ollut toimivaa mekanismia. Lisäksi työalueiden luovutuksessa keskeneräisten töiden dokumentointi saattaa puuttua, mikä tekee myöhemmästä uudelleensuunnittelusta haastavaa. Tämä keskeneräisyys aiheuttaa usein tarpeen palata aikaisempiin työvaiheisiin ja tehdä niihin korjauksia. [18.]

Seuraavien työvaiheiden sujuvuutta voivat häiritä edellisten työvaiheiden jäljiltä jäänyt siivo ja materiaalit, joita ei ole ehditty poistamaan työpisteeltä uuden työvaiheen tieltä. Lisäksi logistiset ongelmat, kuten materiaali- toimitusten

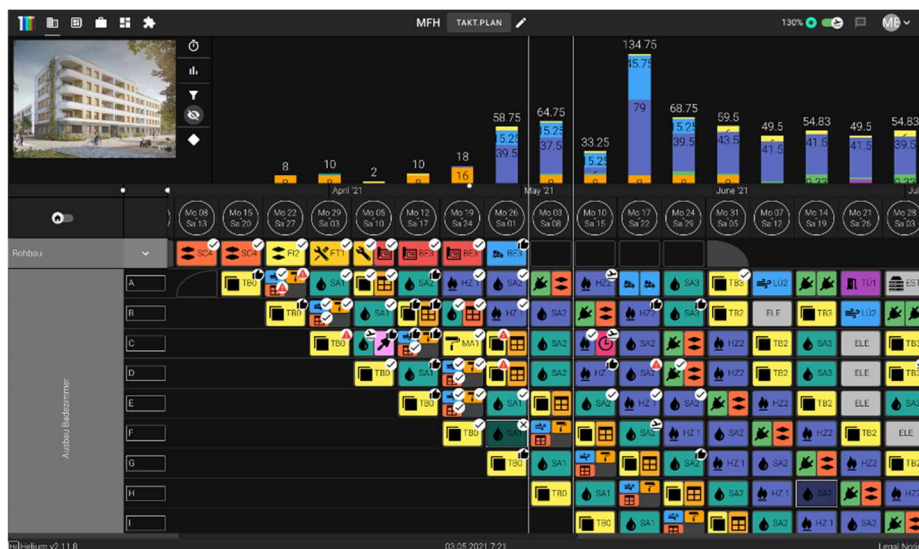
viivästyksset, epäjärjestelmälliset toimitukset ja puutteellinen rytmitys aiheuttavat häiriöitä tahtituotannon sujuvuuteen. Myös työmaalle johtavat huonot kuljetusreitit vaikeuttavat logistiikan toimivuutta entisestään. [18.]

4 As Oy Helsingin Saarni

As Oy Helsingin Saarni on 5-kerroksinen ja kaksipiortainen asuinkerrostalohanke Etelä-Haagassa, jonka rakentaminen aloitettiin syksyllä 2024 ja kohde valmistuu aikataulun mukaisesti kesällä 2025. Asuinkerrostalossa on 39 asuntoa, joiden yhteinen pinta-ala on 2108 m². Muita tiloja rakennuksessa ovat irtaimistovarasto/väestönsuoja, kerhotila, lämmönjakohuone, pesula, kuivaushuone, talosaunaosasto, ulkoiluvälinevarasto, talovarasto ja siivouskomero. Taloyhtiön jätehuone sijaitsee viereisellä tontilla erillisenä rakennuksena. Rakennuksen lämmitysjärjestelmänä toimii maalämpö ja lämmönjako tapahtuu vesikiertoisilla pattereilla. Kohteessa on käytetty kolmea eri kokoista Parmarinen kylpyhuone-elementtiä.

4.1 Sisätyövaiheiden tahtiaikatauluseuranta

As Oy Helsingin Saarnin työmaalla käytiin läpi viikoittain sisätyövaiheiden aikatauluseuranta TAKT.ing-sovelluksella. Sovelluksesta nähdään selkeästi, milloin ja missä minkäkin työpaketin tulisi olla. Sovelluksella voidaan merkata työpakettien kohdalle ”valmius”, ”käynnissä”, ”valmis” tai ”häiriö”, jonka avulla voidaan tarvittaessa reagoida ja tehdä muutoksia tuotantoon.



Kuva 13. TAKT.ing-perusnäkökymä <https://leanconstructionblog.com/Introduction-To-Takt-Planning.html>

4.2 Kylpyhuone-elementtien asennuksen toteutus

As Oy Helsingin Saarnissa kylpyhuone-elementtien asennuksessa ei havaittu minkäänlaisia ongelmia. Kylpyhuone-elementit asennettiin suoraan kuormasta ilman välivarastointia. Merkattuihin asennuspaikkoihin oli laitettu valmiiksi kylpyhuone-elementtien alle jäävät betonikivet ja korkolaput oikeaan korkoon, jotta elementit voitiin vain nostaa paikalleen.

As Oy Helsingin Saarnissa reunavalu suoritettiin samana päivänä, kun kylpyhuone-elementit asennettiin. Ennen valua kylpyhuone-elementin reunat rajattiin pellillä, jonka päälle asennettiin irrotuskaista. Tekniikkahormin kohdalle tehtiin stoppari puutavarasta ja betoninkovetuskaapelit asennettiin kololaatan pohjalle. Mahdolliset valuun jäävät LVIS-kytkennät asennettiin ennen valua. Reunat valettiin betonin nostoastialla. Väestönsuojan päällä olevien asuntojen kylpyhuone-elementeille ei tehty tavanomaista reunavalua, sillä kylpyhuone-elementti kiinnittyi lattian valun yhteydessä.



Kuva 14. Kylpyhuone-elementin reuna valuvalmiina. (Kauppinen, 2024.)

Työmaalla tehtävät LVIS-liitokset tehtiin vesikaton pitäessä vettä, sillä silloin kylpyhuone-elementtiä ympäröivä suojamuovi voitiin ottaa kokonaan pois. Tekniikkahormit valettiin, kun LVI-urakoitsija ja palokatko-urakoitsija saivat tehtyä tarvittavat vesi- ja viemäri-liitokset, eristykset ja palokatkonauhan asennukset. Runkovaiheen aikana kerroksiin nostettiin muutamia 1000 kg S30-laastisäkkejä, joista saatiin valmistettua betonia tekniikkahormeihin.

Kylpyhuone-elementin ja kololaatan välisen tilan kuivuminen varmistettiin siten, että tekniikkahormin valun korko ei ollut samalla tasolla ontelolaattojen kanssa, vaan se jätettiin vähän alemmas. Näin tekniikkahormin kohdalle jäi rako, josta voitiin puhalttaa ilmaa simpukkapuhaltimella kylpyhuone-elementin alle ja mahdollinen kosteus saatiin pois. Saarnissa ei säästetty betonin kovetuskaapeleita, vaan niitä laitettiin reilusti kuorilaattojen valuihin ja kylpyhuone-elementtien reu-
navaluihin, jotta valut saatiin varmasti kuiviksi ajallaan.

As Oy Helsingin Saarnissa kylpyhuone-elementit levytettiin suunnitelmien mukaisesti kaksinkertaisesti kipsilevyllä väliseinätöiden yhteydessä. Ennen kylpyhuone-elementin levytystä tuli varmistaa, että tarvittavat LVIS-työt oli tehty. Eri-
tyisen tärkeää oli huomioida vuodonilmaisimien oikeaoppinen asennus ennen tekniikkahormin umpeen levytystä.



Kuva 15. Tekniikkahormissa eristykset tehty ja vuodonilmaisimet asennettu, jolloin hormin voi levyttää (Kauppinen, 2024)

Kylpyhuone-elementit olivat sisältä päin kunnossa eikä merkittäviä puutteita havaittu. Paikoilleen nostamisen jälkeen tehtaan edustajat avasivat kylpyhuone-elementtien sinetit ja kiersivät jokaisen kylpyhuone-elementin tarkistaen, ettei puutteita ja virheitä löydy.

5 Haastattelut

Tämän työn pääsääntöisenä tutkimusmenetelmänä käytettiin haastatteluita. Haastateltavina oli rakennusvalvoja, LVIA-asiantuntija sekä As Oy Helsingin Saarnin työnjohtaja ja vastaava työnjohtaja. Haastateltavilla on kokemusta kylpyhuone-elementeistä ja tahtituotannosta.

Heiltä kerättiin kokemuksia ja näkemyksiä liittyen yleisesti kylpyhuone-elementteihin ja tahtituotantoon, kylpyhuone-elementtien asennukseen ja logistiikkaan, laatuun ja kustannuksiin, haasteisiin ja riskeihin sekä muista työmaalla tehtävistä kylpyhuone-elementteihin liittyvistä töistä. Haastattelupohjassa oli yhteensä 19 kysymystä, joista osa suunnattiin ainoastaan LVIA-asiantuntijalle.

Haastattelut järjestettiin kahdella eri tavalla, kasvokkain työmaalla ja sähköpostin välityksellä. Saarnin työnjohtajan ja vastaavan työnjohtajan haastattelut suoritettiin kasvokkain työmaatoimistolla. LVIA-asiantuntijan ja rakennusvalvojan haastattelut järjestettiin sähköpostitse. Kasvokkain haastatteluissa käytiin vapaata keskustelua näkemyksistä ja kokemuksista kysymyksiin liittyen. LVIA-asiantuntijan vastaukset ei ole rajattuna pelkästään Parmarinen kylpyhuone-elementteihin.

Saarnin työnjohtajan ja vastaavan työnjohtajan haastattelussa keskusteltiin aluksi yleisistä asioista liittyen kylpyhuone-elementteihin ja tahtituotantoon. Ensimmäiseksi tuli ilmi kylpyhuone-elementtien hyödyt, kuten ”Kylpyhuone-elementti on valmistuote, joten sen myötä jää paljon työvaiheita pois. Muita etuja ovat kuivumisaikojen väheneminen, vähemmän logistisia haasteita ja vähemmän jätettä”.

Kylpyhuone-elementtien asennukseen ja logistiikkaan liittyvät kysymykset johtivat keskusteluun liittyen turvalliseen asennukseen, jolloin vastaukseksi saatiin ”Turvallinen ja tehokas asennus varmistetaan asennusohjeita ja työturvallisuussuunnitelmaa noudattamalla ja varmistamalla että nostovälineet ja turvavaljaat ovat asianmukaiset”. Logistisiin asioihin todettiin, että ”Kylpyhuone-elementtien kerroksittaiset toimituspäivät ja kellonajat on sovittu tehtaan kanssa

runkokierron mukaisesti”. Kylpyhuone-elementtien toimituksissa ei ole myöskään ollut ongelmia ”KPH-elementtien toimituksissa ei ole havaittu ongelmia tai viivästyksiä. Ne ovat toistaiseksi tulleet aina ajallaan ehjinä”.

Haastattelussa ilmeni myös todennäköisimmät kylpyhuone-elementteihin liittyvät tehtävä, joka voi aiheuttaa aikataulullisia ongelmia. Näistä jokainen liittyy kylpyhuone-elementin tekniikkahormiin, kuten ”Vesi- ja viemäriiliitokset, eristyksiset ja palokatkot”.

Kaikkien haastateltavien tuloksia on käsitelty laajemmin seuraavassa kappaleessa. Eri haastateltavien vastauksia on yhdistetty aiheittain samoihin kappaleisiin. Alaotsikon ”Huomioita KPH-elementteihin liittyviin LVI-töihin” on ainoastaan LVIA-asiantuntijan sähköpostin välityksellä tehdyn haastattelun vatsaukset.

6 Tulokset

6.1 Tahtituotannon vaatimukset yleisesti

As Oy Helsingin Saarnissa pilotoitiin tahtituotantoa, eli tahtituotantoa ei oltu vielä huomioituna esimerkiksi hankinnoissa ja urakkasopimuksissa, jonka myötä työmaalla huomattiin tahtituotannon vaatimukset. Haastatteluissa tuli ilmi, että urakoitsijat täytyy jo sopimusvaiheessa saada sitoutumaan tahtituotantoon, ettei urakoitsijat tule ja mene milloin sattuu, vaan työt saadaan tehtyä tavallisen työajan aikana. Lisäksi urakoitsijalta tulee saada tarkempi tieto siitä, että kuinka kauan yhden tahtialueen suorittamisessa menee aikaa, eli mikä on heidän tuotantonopeutensa, jotta voidaan suunnitella työvaiheet samaan ”tahtiin”.

Tahtituotannossa on tarkoituksena, että kaikki työpaketit menevät samaan tahtiin, eikä missään ole tyhjäkäyntiä, mutta Saarnissa tämä ei täysin onnistunut sisätyövaiheissa. Esimerkiksi laminaattiasentaja oli poikkeuksellisen nopea, joten oli parempi antaa kalusteasentajan mennä vähintään pari kerrosta edellä, jotta saatiin tarpeeksi mestaa laminaattiasentajalle. Lisäksi rakennusosalalla vallitsevan heikomman tilanteen takia urakoitsijat ovat joutuneet vähentämään työntekijöitä, jolloin asentajilla voi olla samanaikaisesti useampi työmaa. Tämän myötä urakoitsijan on vaikeampi sitoutua tahtiin, jos sitä ei olla erikseen vaadittu jo sopimusvaiheessa.

6.2 KPH-elementtien soveltuvuus tahtituotantoon

Haastattelujen perusteella täysin valmiit kylpyhuone-elementit soveltuvat hyvin tahtituotantoon, jos vain hankkeen muut piirteet sen sallivat. Kylpyhuone-elementit soveltuvat hyvin kohteisiin, joissa on tiukempi läpimenoaika, kunhan huomioidaan tietyt tärkeät asiat liittyen niiden asennukseen. Parhaimmillaan kylpyhuone-elementit ovat sijoituskohteissa ja esimerkiksi hotelleissa, joissa ei ole tarvetta asukasmuutostöille

Runko- ja sisätyövaiheen aikatauluja suunniteltaessa, tulee huomioida entistä tarkemmin kylpyhuone-elementtien käyttöön liittyvät tehtävät, joita ei aina aikatauluja suunniteltaessa ajatella. Näitä ovat reunavalut ja niiden kuivumisajat, kylpyhuone-elementin alapuolisen tilan kuivatus, LVIS-liitosten teko, tekniikkahormin valu, palokatkojen teko ja kylpyhuone-elementin levytys.

Tahtituotannolliset hankkeet vaativat enemmän aikaa hankkeen tuotannosuunnitteluun, jolloin kylpyhuone-elementtien valmistamiseen on varmasti riittävästi aikaa ennen rakentamisvaihetta, kunhan suunnitelmat saadaan ajoissa tehtäville. Lisäksi täysin valmiit kylpyhuone-elementit helpottavat tahtiaikataulun suunnittelua.

Kylpyhuone-elementtien myötä jää paljon tehtäviä pois sisätyövaiheesta, kuten viemärihajotusten teko, kaatolattioiden valut, kylpyhuoneen betonipintojen jälki-työt, vedeneristys ja laatoitustyöt sekä kylpyhuoneen kalustus. Näiden poisjäännin myötä ei tarvitse yhteensovittaa niin monia sisätyövaiheen tehtäviä keskenään. Lisäksi logistiset haasteet ja jätteiden määrä vähenee.

6.3 Riskialttiimmat tehtävät ja niiden hallinta

Haastatteluissa ilmeni, että pahimmat riskit kylpyhuone-elementtien asennuksessa liittyvät niiden korkeusasemaan ja sijaintiin. Kylpyhuone-elementtien reunavalun jälkeen niitä on hankala lähteä korjaamaan ainakaan ilman mittavia kustannuksia. Kylpyhuone-elementin korkeusasema määrittää koko asunnon muut korot, jolloin esimerkiksi liian ylös asennetun kylpyhuone-elementin myötä koko asuntoon tai kerrokseen joudutaan pumppaamaan turhan paljon lattiatasoitetta, joka aiheuttaa merkittäviä lisäkustannuksia. Sijaintiin ja korkeusasemaan liittyvät riskit minimoidaan siten, että tasolaser toimii varmasti ja että asennusryhmä on tarpeeksi kokenut ja korkomaailmaa tutkitaan yhdessä jo hyvissä ajoin ennen asennusta.

Seuraavaksi pahimmat riskit liittyvät tekniikkahormiin ja siellä olevan tekniikan liitoksiin. Huolimattomasti asennetut kannakkeet ja liitokset voivat aiheuttaa

mittavia kosteusvaurioita rakentamisen tai rakennuksen käyttöönoton jälkeen. Tämän takia täytyy olla erittäin varma siitä, että LVI-urakoitsija on tehnyt tarvittavat painekokeet ennen tekniikkahormin umpeen levytystä. Tämän lisäksi kylpyhuone-elementtien kanssa täytyy selvittää, mitkä kaikki kylpyhuone-elementtien liitokset kuuluvat LVI-urakoitsijalle ja mitkä tehtaalle. Levyseinäasentajan on hyvä viimeisenä tarkastaa, ettei käyttövesiputkien vuodonilmaisimien letkut ole päässyt irtoamaan ennen tekniikkahormin levytystä

Pääurakoitsijan tulee tehdä tiivistä yhteistyötä aliorakoitsijoiden työnjohtajien kanssa ja tiedottaa tarkasti, milloin tekniikkahormin liitokset, eristykset ja palokatkot tulee olla tehtynä, jottei tekniikkahormit seiso tyhjillään turhaan. Näin päästään valamaan tekniikkahormi ajoissa ennen levytystä.

6.4 Kylpyhuone-elementtien ongelmat

Kylpyhuone-elementeissä tai niiden toimituksissa ei ole havaittu mitään suurempia ongelmia. Kylpyhuone-elementtien kerroksittaiset toimituspäivät ja kellonajat sovitaan tehtaan kanssa ”runkokierron”, eli yhden kerroksen runkotöiden vievän ajan mukaisesti, jolloin kylpyhuone-elementtien saapuessa ei pitäisi olla asennusta haittaavia töitä tai muita toimituksia päällekkäin.

Kylpyhuone-elementtien saapuessa ne tulee tarkistaa päällepäin, ettei niissä ole minkäänlaisia kuljetuksesta ja liikuttelusta aiheutuneita kolhuja tai vikoja. Mikäli välttämättömiä ennen kylpyhuone-elementin asennusta tehtäviä töitä on jäänyt kesken syystä tai toisesta, kannattaa tehtaalle soittaa ja pyytää kuljetusta myöhemmäksi, sillä kylpyhuone-elementtejä ei ole kannattavaa välivarastoida työmaalle mahdollisen vaurioitumisen takia.

Kylpyhuone-elementtien asennuksessakaan ei yleensä olla havaittu mitään suurempia ongelmia, kunhan muistetaan tehdä valmistelevat työt ajoissa. Näistä tärkeimpiä ovat sijainnin merkitseminen, asennuspalojen oikeaan koon laittaminen, läpivientien oikeiden sijaintien varmistaminen ja asennuspaikan siisteyden varmistaminen. Jos edellä mainittuja tehtäviä aletaan tekemään

vasta kylpyhuone-elementtien saapuessa työmaalle, niin tulee todennäköisemmin virheitä asennuksessa kiireen takia. Todennäköisemmin ongelmia tulee kylpyhuone-elementtien asennuksen jälkeisissä töissä liittyen tekniikkahormiin, sillä siellä on useampien urakoitsijoiden töitä.

6.5 Työvaiheiden järjestys ja riippuvaisuudet

Ensimmäinen työvaihe kylpyhuone-elementtejä käytettäessä on valmistelevat työt ennen asennusta. Näihin kuuluu asennuspaikan siivous ja raivaus, sijainnin merkitseminen, asennuspalojen asentaminen oikeaan korkoon ja oikeisiin paikkoihin, KPH-elementin taakse jäävien elementtisaumojen valut.

Toisena työvaiheena on kylpyhuone-elementtien vastaanotto ja paikoilleen nostaminen. Kylpyhuone-elementit pyritään nostamaan suoraan auton kyydistä paikalleen asennusvälikkeiden päälle. Tätä ei voida tehdä ennen valmistelevia töitä.

Kolmas työvaihe on reunavalu, jossa kylpyhuone-elementit valetaan kiinni ja kololaatta saadaan samaan korkoon ontelolaattojen kanssa. Betonivalu voidaan suorittaa betoninnostoastialla.

Neljäs vaihe on tekniikkahormin liitokset, joihin yleensä Parmarinen kylpyhuone-elementeissä kuuluu käyttövesi- ja viemäri-liitokset. Liitoksien jälkeen putket tulee eristää suunnitelmien mukaisesti. Käyttövesiputkiin täytyy asentaa vuodonilmaisimet.

Viidentenä on tekniikkahormin valu ja palokatkot. Ennen valua tulee varmistaa ja dokumentoida, että liitokset, kannakoinnit, eristykset ja palokatkot ovat asennettu suunnitelmien mukaisesti. Tämän jälkeen kylpyhuone-elementti ja tekniikkahormi voidaan levyttää väliseinätöiden yhteydessä, kunhan sähköurakoitsijakin on saanut tarvittavat rasiat, kaapelit ja putket paikalleen.

Töiden välisten riippuvaisuuksien takia, tulee eri urakoitsijoiden tehdä tiivistä yhteistyötä. Erityisesti LVI-urakoitsijan täytyy olla tietoinen, mitä kylpyhuone-

elementtien käyttö vaatii heiltä, sillä esimerkiksi tekniikkahormin liitokset ovat oleellinen osa muiden sisätöiden jatkuvuutta.

Tuotantoa suunniteltaessa tulisi huomioida entistä paremmin kylpyhuone-elementteihin liittyvät tehtävät, jotta niille on varmasti varattu tarpeeksi aikaa ja rahaa, ettei tule ylimääräisiä virheitä, kustannuksia ja aikataulupaineita.

6.6 Huomioita KPH-elementteihin liittyviin LVI-töihin

Jotta asennustyö olisi sujuvaa ja turvallista on ensiarvoisen tärkeää varmistaa, että elementtitoimittajan ja LVI-suunnittelijan piirustukset ja suunnitelmat ovat täysin yhteensopivia. Yhdenmukaiset suunnitelmat ehkäisevät virheitä ja turhia korjaustoimia työmaalla.

Työmaan toteutusvaiheessa on tärkeää suorittaa tarkemittauksia, jotta LVI-runkoputkistojen haarat osuvat oikeille paikoille. Läpivientien, viemäreiden ja vesipisteiden tulee sijaita täsmällisesti suunnitelmien mukaisilla kohdilla, sillä elementtien liitännät eivät jouta ja virheiden korjaaminen jälkikäteen aiheuttaa merkittäviä kustannuksia ja aikataulupaineita.

Työmaalla on myös varmistettava, että putkien ja kanavien koot ovat yhteensopivia elementtien mukana tulevien liitosten kanssa. On huolehdittava, että järjestelmien huollettavuus säilyy ja mahdolliset korjaustoimet voidaan tehdä ilman laajoja purkutöitä. Tulee myös varmistaa elementtien asennuksen aikana, ettei LVI-putkituksia jää elementin puristuksiin asennusvaiheessa.

Ennen elementtien asentamista tulee suorittaa vesijohtojen koepaineet, viemäreiden kuvaus sekä ilmanvaihtokanavien tiiveyskokeet (mikäli kyseessä on keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä). Näillä toimenpiteillä voidaan ennaltaehkäistä vastuukysymyksiä ja myöhemmin syntyviä epäselvyyksiä. Kun elementit on asennettu ja liitetty runkoputkistoon, tulee tehdä uudet koepaine- ja tiiveyskokeet, ja varmistaa, ettei elementtien asennukset tai liitokset vuoda.

Vastuunjako on tärkeä määritellä selkeästi. Elementtitoimittaja vastaa tehdasolosuhteissa suoritetuista asennuksista, kun taas työmaalla tehtävät liitännät ovat LVI-urakoitsijan vastuulla. Tämän vuoksi kaikki liitokset, tarkastukset ja testaukset tulee dokumentoida huolellisesti.

Ilmanvaihtokanavien ja -laitteiden sijainti on myös otettava huomioon siten, että ilman kierto ei esty. Lisäksi elementtien asennuksessa on kiinnitettävä huomiota kiinnitysten, läpivientien ja kannakointien yhteensovitukseen muiden urakoitsijoiden kanssa. Näiden asioiden varmistamiseksi on suositeltavaa pitää risteilypalaveri hyvissä ajoin ennen asennuksia.

Yleisesti ottaen ongelmat johtuvat suunnitelmien ristiriitaisuuksista. Esimerkiksi suunnittelijoiden välinen tiedonvaihto on ollut puutteellista. Asennustöissä on ilmennyt haasteita muun muassa korkojen, sijaintien sekä putkien ja kanavien kokojen kanssa. Viemäreiden kaadoissa on havaittu virheitä, ja joissain tapauksissa käyttövesi- ja lämpöjohtoputket on asennettu ristiin. Myös elementtitehtaalla saattaa tapahtua asennusvirheitä.

Tällaisten virheiden välttämiseksi on tärkeää, että suunnittelijat järjestävät säännöllisiä suunnittelu- ja risteilypalavereja. LVI-asentajat huolehtivat ajantasaisten toteutuspiirustuksien käytöstä, jotta mahdolliset muutokset tulevat jo hyvissä ajoin huomioon. Yhteistyö LVI-suunnittelijan, elementtitoimittajan ja urakoitsijan välillä on keskeisessä roolissa, jotta kaikki putkistot ja liitokset saadaan oikeille paikoilleen.

Ongelmat korostuvat myös liitoksissa, joissa käytetään eri toimijoiden materiaaleja tai liitoksia, nämä voivat kiireessä jäädä tekemättä, erityisesti tahtituotannossa. Myös vastuunjako aiheuttaa toisinaan epäselvyyksiä, urakoitsijat saattavat kysellä, "kuuluuko tämä meille?". Tämän vuoksi vastuunjako ja rajapinnat on käytävä tarkasti läpi jo urakkaneuvotteluvaiheessa.

Ennaltaehkäisyyn avaintekijöitä ovat huolellinen suunnittelu, oikeiden materiaalien valinta, tarkka asennustyö sekä jatkuva ja selkeä kommunikaatio työmaalla eri osapuolten välillä. Kun nämä asiat otetaan huomioon ja työ tehdään

huolellisesti, voidaan välttää yleisimmät kylpyhuone-elementtien LVI-asennuksiin liittyvät ongelmat.

Kylpyhuone-elementit ovat tehtaalla valmiiksi rakennettuja kokonaisuuksia, joihin LVI-järjestelmät on asennettu jo ennen työmaalle toimitusta. Tämä tekee työmaavaiheesta nopeamman ja vähentää virheiden riskiä, koska suurin osa työstä on tehty valvotuissa olosuhteissa.

Paikalla tehtävissä LVI-asennuksissa kaikki järjestelmät rakennetaan työmaalla vaiheittain. Tämä mahdollistaa joustavamman toteutuksen ja räätälöinnin, mutta voi johtaa aikatauluviivästyksiin ja suurempiin kustannuksiin. Laatu vaihtelee enemmän, koska työ tapahtuu vaihtelevissa olosuhteissa ja on alttiimpi inhimillisille virheille.

Yhteenvedona voidaan sanoa, että elementtiratkaisut tarjoavat tehokkuutta ja tasalaatuisuutta, kun taas paikalla tehtävät asennukset antavat enemmän joustoa, mutta vaativat enemmän aikaa ja resursseja.

6.7 Mahdollisuudet

Huonoin puoli täysin valmiissa kylpyhuone-elementissä on asukasmuutostöiden mahdoton toteutus myöhäisessä vaiheessa, mutta ehkä tähänkin voitaisiin löytää ratkaisu käyttämällä asukasmuutoskohteissa esimerkiksi pelkästään vedeneristepintaan jätettyjä kylpyhuone-elementtejä. Tämäkin säästäisi jo aikaa sisätyövaiheiden läpimeno ajassa, sillä näin vältettäisiin suurin osa paikalla tehdyn kylpyhuoneen töistä, kuten viemärihajotusten teko, kaatolattioiden valu, hionta, kaatokorjaukset, kuivumisajat, kylpyhuoneen väliseinien teko, betonipintojen jälkityöt ja vedeneristystyöt. Näin vältettäisiin myös tyypillisiä suuria kustannuksia aiheuttavia laadullisia virheitä, joita usein paikalla tehdyissä kylpyhuoneissa saattaa ilmetä.

7 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli yhdistää rakentamisessa yleistynyt tahtituotanto ja kylpyhuone-elementit. Työssä pohdittiin, mitkä asiat voivat aiheuttaa eniten aikatauluhaasteita ja miten niitä voitaisiin välttää kylpyhuone-elementtejä käytettäessä. Lisäksi selvitettiin, mitä hyötyä elementtien käytöstä on tahtituotannossa ja minkälaisiin kohteisiin ne sopivat parhaiten. Näihin asioihin saatiin näkökulmia haastatteleamalla LVIA-asiantuntijaa, rakennustöiden valvojaa, vastaavaa työnjohtajaa ja työnjohtajaa. Lisäksi työssä käsiteltiin esimerkkikohteen ratkaisuja.

Haastatteluissa ilmeni, että kylpyhuone-elementtien käytöstä on paljon hyötyä tahtituotannollisissa hankkeissa, kunhan vältetään pahimmat ”kompastuskivet” niiden asennuksessa. Vakavimmat mahdolliset laadulliset virheet kylpyhuone-elementin asennuksessa liittyvät niiden sijaintiin ja korkeusasemaan. Ennen kun kylpyhuone-elementti valetaan kiinni, täytyy olla täysin varma, että se on oikeassa kohdassa ja korossa. Kylpyhuone-elementtien käytön hyödyt korostuvat sisätyövaiheessa, kun paikalla tehtävän kylpyhuoneen työt ja haasteet jäävät pois.

Aikatauluhaasteita aiheuttaa todennäköisimmin tekniikkahormin liitokset, eristykset, palokatkot ja valu, jotka vaikuttavat merkittävästi sisätyövaiheiden jatkuvuuteen. Haasteet voidaan minimoida hankkeen suunnittelijoiden, urakoitsijoiden ja muiden osapuolten välisellä tiiviillä yhteistyöllä, jossa ennen asennusta ja asennuksen aikana käydään läpi vastuunjako, materiaalien ja suunnitelmien yhteensopivuus ja aikataulusuunnitelmat. Eri osapuolten välillä tulee olla selkeää kommunikaatiota rakentamisen aikana.

Lähteet

1. Verkkotiedosto. <<https://www.yitgroup.com/fi/tietoa-yitsta/strategia>>.
2. Verkkotiedosto. <<https://www.tahcon.fi/palvelut/tahtituotanto>>.
3. Timonen, Niko. 2020. Kylpyhuone-elementin käyttö korkeassa rakentamisessa läpimenoajan lyhentämiseksi. Diplomityö. Aalto Yliopisto.
4. Verkkotiedosto. <<https://www.parmarine.fi/kylpyhuoneet/yritys/>>.
5. RT, 38784. 2016. Parma Kylpyhuoneet Parmarine Oy. Tuotetieto.
6. Sillanpää, Sami. 2021. Kylpyhuone-elementtien perehdytysohje asennukseen ja kosteudenhallintaan. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
7. Moisander, Joonas. 2014. Uuden suunnitteluohjelman käyttöönotto ja toiminnan testaus kylpyhuone-elementtien suunnittelussa. Opinnäytetyö. Tampereen Ammattikorkeakoulu.
8. Sarkola, Henri. 2018. Kylpyhuone-elementtien kosteudenhallinta työmaolosuhteissa. Opinnäytetyö. Tampereen Ammattikorkeakoulu.
9. Verkkotiedosto. <<https://kaltiot.com/blog/kuivaketju-10-tyomaavaiheen-tarkistuslista/>>.
10. Verkkotiedosto. <<https://www.yit.fi/infra/kaupunkirakentaminen/pysakointiratkaisut/teollinen-rakentaminen>>.
11. Ahonen, Jami. 2021. Tahtituotanto koulutuspaketti. YIT Group. Sisäinen tiedosto.

12. Verkkotiedosto. <<https://www.salmicon.fi/artikkelit/mita-uutta-tahtituotanto-tuo-rakentamisen-tuotannonohjaukseen/>>.
13. Verkkotiedosto. <<https://www.excellencefinland.fi/mita-on-lean/>>.
14. Ratu. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Sivun 13.
15. Veijola, Ville. 2024. Tahtituotannon toimivuus parveketöissä. Opinnäytetyö. Turun Ammattikorkeakoulu.
16. Verkkotiedosto. <<https://sitedrive.com/fi/blogi/tahtituotannon-perusteet/>>.
17. Verkkotiedosto. <<https://fira.fi/palvelut/rakentaminen/tahtituotanto/>>.
18. Leppänen, Veli. 2025. Tahtituotannon haasteet työnjohtajan näkökulmasta. Opinnäytetyö. LAB-ammattikorkeakoulu.

Liitteet

Liite 1. Haastattelukysymykset

Haastattelukysymykset

Yleiset kysymykset kph-elementeistä ja tahtituotannosta

-Mitä etuja kylpyhuone-elementtien käyttö tuo tahtiaikataulutetussa rakennushankkeessa?

-Minkälaisissa kohteissa on fiksuinta käyttää kylpyhuone-elementtejä paikalla tehtyjen kylpyhuoneiden sijaan?

Kylpyhuone-elementtien asennus ja logistiikka

-Miten kylpyhuone-elementit kuljetetaan rakennustyömaalle ja miten varmistetaan niiden turvallinen ja tehokas asennus?

-Onko kylpyhuone-elementtien asennuksessa erityisiä haasteita verrattuna paikalla tehtyyn kylpyhuoneeseen, ja kuinka nämä haasteet ratkaistaan?

-Kuinka tuotanto ja logistiikka rytmitetään, jotta kylpyhuone-elementit saapuvat rakennustyömaalle oikeaan aikaan ja oikeassa kunnossa?

-Kuinka tarkasti pystytte ennakoimaan kylpyhuone-elementtien asennukseen kuluvan ajan ja mitä riskejä on otettava huomioon aikataulun kannalta?

Laatu ja kustannukset

-Kuinka kylpyhuone-elementtien laatu varmistetaan tuotantovaiheessa, ja miten se valvotaan rakennushankkeessa?

-Onko kylpyhuone-elementtien käytöllä vaikutusta rakennusprojektin kokonaishintaan verrattuna perinteisiin rakennusmenetelmiin?

-Miten mahdolliset virheet tai poikkeamat elementtien tuotannossa käsitellään ja korjataan rakennushankkeessa?

Haasteet ja riskit

-Mitkä ovat suurimmat haasteet, joita kohdataan, kun rakennushankkeessa käytetään kylpyhuone-elementtejä ja tahtituotantoa?

-Onko olemassa erityisiä riskejä, jotka liittyvät kylpyhuone-elementtien käytön ja tahtituotannon yhteensovittamiseen rakennushankkeessa, ja miten niitä hallitaan?

-Onko kylpyhuone-elementeistä johtuvan syyn takia jouduttu venyttämään aikataulua ja jos on niin mikä oli syy?

-Oletteko kohdanneet ongelmia kylpyhuone-elementtien toimituksissa, ja miten olette ratkaisseet mahdolliset viivästykset?

-Mikä kylpyhuone-elementteihin yhdistetty tehtävä voi vaikuttaa todennäköisimmin muiden tehtävien aloittamiseen?

-Miten kylpyhuone-elementtien valmistus- ja asennustekniikat ovat kehittyneet, ja onko tulevaisuudessa odotettavissa uusia tapoja?

-Miten näette kylpyhuone-elementtien roolin kehittyvän asuinkerrostalohankkeissa tulevaisuudessa?

LVI

-Mitkä ovat tärkeimmät työmaalla tehtävien LVI-töihin liittyvät asiat, jotka tulee ottaa huomioon kylpyhuone-elementin asennuksessa?

-Mitkä ovat yleisimmät ongelmat kylpyhuone-elementin työmaalla tehtävissä LVI-asennuksissa, ja miten ne voidaan välttää etukäteen?

-Miten kylpyhuone-elementin työmaalla tehtävät LVI-asennukset eroaa paikalla tehtävän kylpyhuoneen LVI-asennuksista?