



Juha Pennanen

LISÄARVO RAKENTAMISEN ARVOKETJUSSA - ODOTUSAIKA TUOTANNONOHJAUKSEN NÄKÖKULMASTA

LISÄARVO RAKENTAMISEN ARVOKETJUSSA - ODOTUSAIKA TUOTANNONOHJAUKSEN NÄKÖKULMASTA

Juha Pennanen
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, tuotantotekniikka

Tekijä: Juha Pennanen

Opinnäytetyön nimi: Lisäarvo rakentamisen arvoketjussa - odotusaika tuotannonohjauksen näkökulmasta

Työn ohjaaja: Lehtori Antero Stenius

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013

Sivumäärä: 30+ 1 liitettä

Työn tarkoituksena on tutkia lisäarvon muodostumista ja siihen vaikuttavia tekijöitä rakentamisen arvoketjussa. Tavoitteena on myös pyrkiä löytämään tuotannon tehokkuuden ja taloudellisuuden kehittämiseen johtavia asioita rakennustuotannosta. Työssä mietitään tuotannon kehittämistä teknologian, projektinarvoketjun ja prosessin logistiikan kannalta. Työssä etsitään uusia näkökulmia työelämää varten ja kehitetään tuotannon teorian sekä käsitteiden osaamista.

Tutkimuksen kohteena käytetään kuvitteellista kerrostalon kylpyhuonetta, jonka rakentamisesta laaditaan tehtävuottelo ja etsitään rakentamisprosessista mahdollisesti syntyvää hukkaa eli odotusaikaa. Tyypikylpyhuoneen rakentamisprosessiin kohdistetaan yhtenä ohjaustoimenpiteenä teknologian eli tuotantotekniikan muutos. Toisena muutoksena prosessissa tutkitaan erilaisen työryhmän vaikutusta. Työn tavoitteena on selvittää muutosten vaikutusta rakennusvaiheen kestoon ja kustannuksiin. Kaikki laskelmat perustuvat julkisesti saatavilla oleviin lähteisiin kuten Ratu-käsikirjoihin.

Tuotantokustannuksissa tulee huomioida myös hankkeeseen sitoutuvan pääoman kustannukset normaalien materiaali- ja työpanosten kustannusten lisäksi. Odotusajan vaikutus saadaan oikeaan mittakaavaan, kun se projisoidaan hankkeen loppuun mahdollisena myöhästymisenä.

Työryhmät rakennustyömailla muotoutuvat nykyään usein monitoimityöryhmiksi. Saatujen tulosten perusteella monitoimityöryhmän ja suunnittelun ohjauksen avulla saadaan merkittävää säästöä työmaalla. Työvaiheen kestoa voidaan lyhentää alle puoleen alkuperäisestä panoskustannusten säilyessä lähes ennallaan. Rakennustyömaan ajallisella suunnittelulla ja ohjauksella voidaan vaikuttaa myös hankkeen muiden osa-alueiden tavoitteiden saavuttamiseen.

Asiasanat:

odotusaika, monitoimityöryhmä, arvoketju, tuotannonohjaus

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| TIIVISTELMÄ | 3 |
| SISÄLLYS | 4 |
| 1 JOHDANTO | 5 |
| 2 LISÄARVO RAKENNUSTUOTANNOSSA | 7 |
| 2.1 Lisäarvo | 7 |
| 2.2 Arvoketju | 8 |
| 2.3 Tuotannonohjaus | 10 |
| 2.4 Erilaisten rakennusyritysten tuotannonohjaus | 12 |
| 2.5 Rakennustyömaan arvoketjun erityispiirteitä | 13 |
| 3 TUTKIMUSMENETELMÄ | 16 |
| 3.1 Tyypikylpyhuone | 16 |
| 3.2 Lähtötiedot | 16 |
| 3.3 Tutkimusmenetelmän kuvaus | 17 |
| 4 TULOKSET | 22 |
| 4.1 Toimenpiteiden ajalliset vaikutukset | 22 |
| 4.2 Toimenpiteiden kustannusvaikutukset | 24 |
| 4.3 Pääomakustannus | 25 |
| 5 YHTEENVETO | 27 |
| LÄHTEET | 30 |
| LIITE1 VAIHTOEHTOJEN LASKELMAT | |

1 JOHDANTO

Rakennustyömaan tehokkuuden ja taloudellisuuden optimoiminen on askarruttanut tekijää jo useiden vuosien ajan työelämässä. Aikuisopiskelijana Oulun seudun ammattikorkeakoulun rakennustekniikan koulutusohjelmassa suoritettujen opintojen ja henkilökohtaisen opintosuunnitelman tavoitteena oli parantaa osaamista nimenomaan tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen osalta.

Tämän työn aihe syntyi keskustelussa työn ohjaajan lehtori Antero Steniuksen kanssa hänen esittäessään aihepiiriksi ”Lisäarvon muodostuminen rakentamisen arvoketjussa” ja tarkastelua tuotannon ohjauksen näkökulmasta. Aihe on mielenkiintoinen, suhteellisen vähän käsitelty ja sopiva päätös tekijän suorituille opinnoille.

Työssä lähdetään liikkeelle tutustumalla tuotantoteorioihin. Lähtökohta teorioissa on ymmärtää tuotannossa vallitsevat säännön mukaisuudet, joihin perustuen on pyritty kehittämään toiminnan periaatteita ja parantamaan käsitystä tuotannosta yleisellä tasolla. Teoriaa hyödynnetään käsiteltäessä kysymyksiä, joiden tarkastelu edellyttää tuotannon alan, tekniikan ja tuotteiden erityispiirteiden tuntemusta.

Työn tavoitteena on löytää ja käsitellä tuotannon tehokkuuteen liittyviä ongelmia rakennustyömaalla ja problematiikkaa lähestytään lisäarvon kannalta kysymyksellä: haluaako asiakas maksaa tästä? Erityisesti työssä syvennytään odotusaikojen vaikutukseen tuotannossa ja tavoitteena on selvittää erilaisten tuotannonohjaus tapojen vaikutusta läpimenoaikaan. Toisena tavoitteena on tutkia odotusajan aiheuttamaa kustannusvaikutusta.

Rakennustyömaan tuotannon ohjaukseen löytyy nykyään työkaluja, jotka ovat käytössä varsinkin isommissa rakennusyhtyrityksissä. Pienemmän mittakaavan rakentamisessa kuten omakotitalot, paritalot ja rivitalot, ohjaus harvoin perustuu toimintatapaan vaan enemmänkin kokemukseen ja MUTU-tietoon.

Tuotannon ongelmia ja niihin varautumista on työn tekemisen yhteydessä käsitelty myös muutaman haastattelun avulla. Työssä on otettu tarkastelun koh-

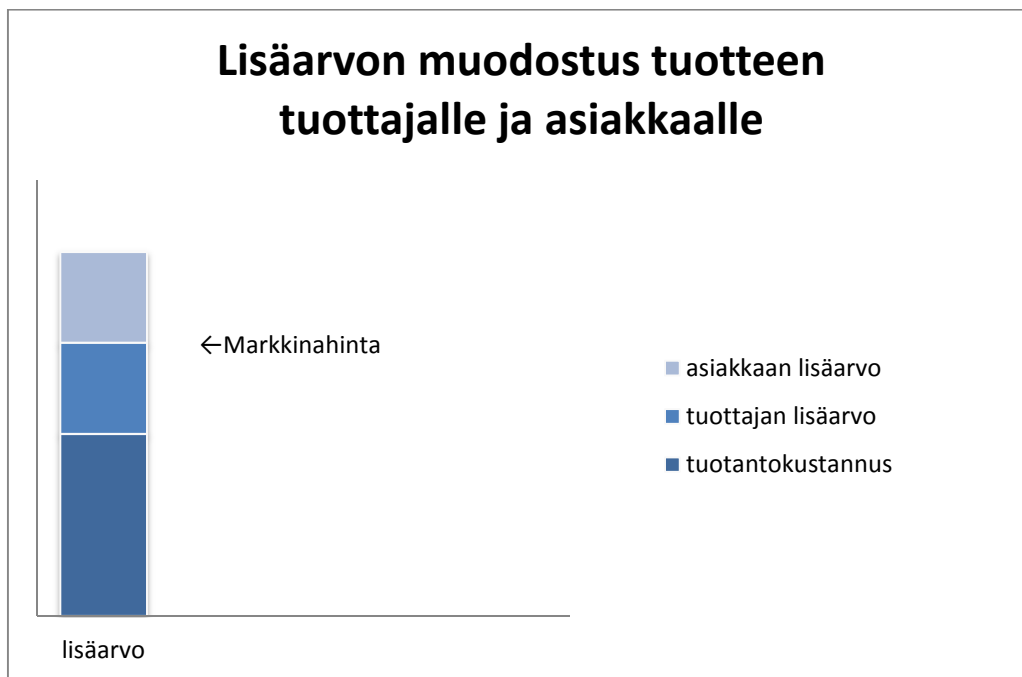
teeksi kylpyhuoneiden rakentaminen asuinkerrostalotyömaalla ja siinä keskitytään rakennustyömaan taloudellisuuden ja tehokkuuden optimoinnissa kohdattaviin haasteisiin. Tutkimusosassa selvitetään odotusaikaan liittyvää problematiikkaa, syitä ja seurauksia sekä niihin vaikuttamisen mahdollisuuksia.

2 LISÄARVO RAKENNUSTUOTANNOSSA

Tutkimuksen alustamiseksi määritellään muutamia työssä käytettyjä tuotantoon liittyviä käsitteitä ja niiden tulkinta ei ole aukoton tai täydellinen. Näkökulmaa on yritetty soveltaa työmaan tuotannon mukaan ja siihen sopivaksi.

2.1 Lisäarvo

Lisäarvosta esitetään kirjallisuudessa monta erilaista teoreettista määritelmää. Kiinnostava näkökulma, jota hyödynnetään tässä työssä, löytyy Seppo Saaren kirjasta ”Laatuun perustuva talous, Johdatus tuotannon teoriaan ja mittaamiseen”. Saari määrittelee lisäarvon eri tavoin ja yksi niistä on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Lisäarvon muodostus tuottajalle ja asiakkaalle (1, s. 97.)

Hyödykkeen lisäarvo määritellään siten, että lisäarvo on tuotteen hyödyllisten ja tuotteen haitallisten ominaisuuksien arvojen erotus tai osamäärä. Tuotantokustannuksissa huomioidaan normaalien panoskustannusten lisäksi myös sidotun pääoman kustannukset. (1, s. 84.)

Saaren kirjassaan esittämän mukaan hyödykkeen lisäarvo ja laatu tarkoittavat samaa asiaa, toinen on kvalitatiivinen ilmaisu ja toinen kvantitatiivinen. Laadun

hän määrittelee tuotteen hyödyllisten ominaisuuksien ja haitallisten ominaisuuksien erotukseksi tai osamääräksi. (1, s. 92.)

Lisäarvo saadaan, kun tuotteen markkinahinnasta vähennetään tuotantoprosessin ostopanosten arvo eli materiaalit, työpanos ja pääomapanos. Tuotteen hinnasta vähennettäessä vain ostopanos saadaan jalostusarvo, josta käytetään myös nimeä arvonlisä. Lisäarvo mittaa tuottajan taloudellista menestystä eli toiminnan kannattavuutta. (1, s. 86.)

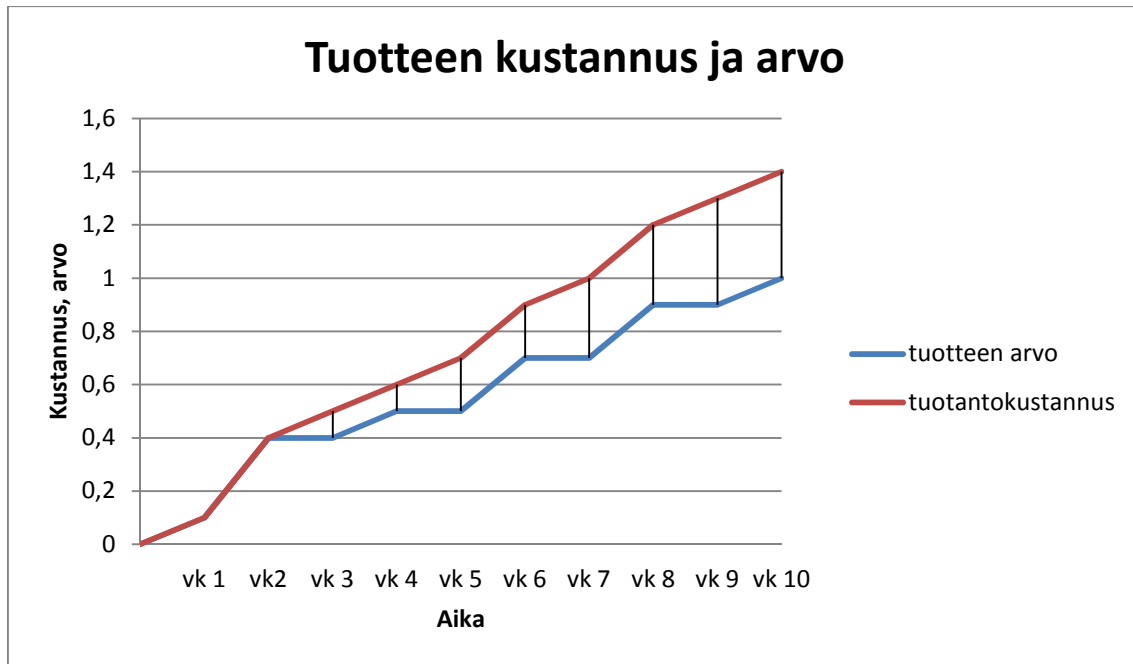
Käsitteitä ei kannata sotkea keskenään ja tässä työssä yritetään pohtia nimenomaan lisäarvoon vaikuttavaa odotuskustannusta ja huomioida myös sen aiheuttamat pääomakustannukset. Sen avulla voidaan tarkastella myös rakennustyömaalla tehtävien toimien kannattavuutta.

2.2 Arvoketju

Arvoketju käsitteenä on suhteellisen tuore ja lyhykäisyydessään tarkoittaa sitä, että tuotteen valmistus koostuu peräkkäisistä toiminnoista, joiden on tuotettava lisäarvoa. Yleensä lisäarvon ajatellaan syntyvän arvoketjun osien eli toimintojen sisällä tai niiden liitoksissa. (3, s. 89.)

Rakennustyömaan tuotantoketju muodostaa tyypillisen arvoketjun ja työmaasta puhutaankin usein tuotantoketjuna. Laajennettuna rakentamisen arvoketjuun kuuluu muutakin kuten alihankkijoilla tai toimittajilla tapahtuvat asiat, mutta tässä työssä keskitytään nimenomaan rakennustyömaan tuotantoketjuun.

Rakennustyömaan tuotantoketjussa lopputuotteeseen tehdään suoritteita, jotka nostavat lopputuotteen arvoa. Työmaalla käy myös niin, että lopputuotteen arvo ei nouse, mutta sen tuotantokustannukset kasvavat. Tällöin kysymyksessä on odotusaika, joka aiheuttaa lopputuotteeseen pääoman sitoutumisen muodossa kustannuksen. Odotusaika voi nostaa myös muulla tavalla tuotantokustannusta, mutta pääasiallinen vaikutus on työmaan aikataulun venyminen ja ajasta johtuva kustannus. Odotusajan vaikutusta lopputuotteen arvoon ja tuotantokustannukseen voidaan kuvata kuvan 2 avulla.



KUVA 2. Lopputuotteen tuotantokustannus ja arvo (2)

Kuvassa käyrillä ei ole muuten sidonnaisuutta, mutta tuotteen arvo -käyrän tasan osan kohdalla voidaan nähdä tuotantokustannuskäyrällä nousu, mikä johtuu sitoutuneen pääoman kustannuksesta. Odotusaikana sitoutuneelle pääomalle voidaan laskea korkokulu. Arvoketjussa käsiteltäessä odotusaikaa ja siitä aiheutuvaa kustannusta pitää sidotun pääoman kustannus peilata aina projektin loppuun ja arvioida vaikutus siellä.

Mitä aiheuttaa esimerkiksi kuukauden pitempi kylpyhuoneiden rakentamisaika, jos tehtävät ovat hankkeen aikataulun kriittisellä polulla. Kuinka tuotantoketjua ohjataan, mikäli tehtävät eivät ole aikataulun kriittisellä polulla. Mikä on tarkastelussa olennaista kokonaisuuden kannalta? Rakennustyömaan arvoketjua voidaan kuvata myös kuvan 3 avulla (2).



P työtehtävä; nostaa tuotantokustannusta ja arvoa
W odotusaikaa; sidotun pääoman kustannus

KUVA 3. Työsuoritus ja odotusaika tuotantoketjussa (2)

Kuvien 3 ja 2 välillä voidaan myös havaita yhteneväisyys eli periaatteessa kuva 3 voisi kuvata kuvan 2 vaaka-akselia. Osuudella W vain tuotantokustannus kasvaa, mutta lopputuotteen arvo ei. P ja W voidaan kuvata myös työtehtävien avulla. P tarkoittaa esimerkiksi kylpyhuoneen vesieristystyötä, jossa seinään telataan vesieriste. Tarvike, jolla on arvo, kiinnitetään lopputuotteeseen tekemällä työtä, millä on myös arvo. W voidaan kuvata taas odotusaikana, jolloin tilassa ei tehdä työtä.

Rakennusapumies on tehnyt seinään roilot ja mennyt seuraavaan tilaan. Seuraavaksi putkimies tuo suojaputken ja hanakulmarasian paikalleen. Putkimies on toisessa osakohteessa eli kylpyhuoneessa ja tulee kun ehtii sieltä. Toisin sanoen osakohde odottaa seuraavaa työvaihetta.

Odotusajat ovat tyypillisiä tuotantoketjussa tai sen osassa, jossa on paljon erilaisia pieniä tehtäviä useassa eri osakohteessa eli tehtävät ”pirstaloituvat”. Tässä työssä käytetään esimerkkinä kylpyhuonetta, jonka eri työvaiheet muodostavat otollisen alustan tarkastella odotusaikaa. Rakentamisen osaprosesseissa sama tehtävä toistuu yleensä useita kertoja eri osakohteissa ja niin käy myös myöhemmin luvussa ”Menetelmät” esitetyssä esimerkissä. Tästä seuraa se, että tuotanto- tai arvoketjussa tapahtumat kertaantuvat ja lopulta niiden vaikutus voi olla merkittävä.

2.3 Tuotannonohjaus

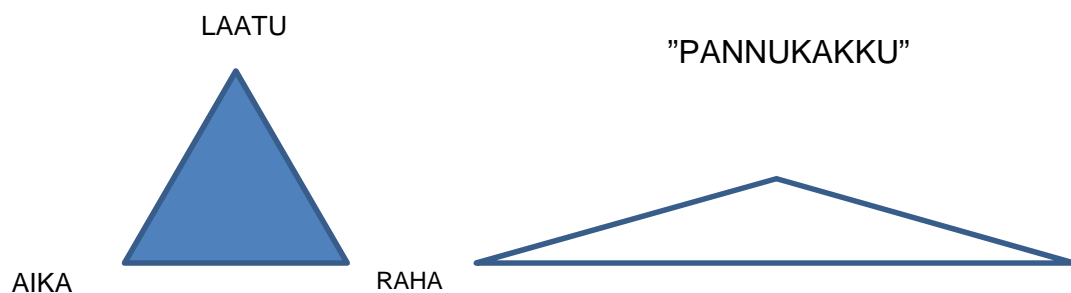
Rakentamisessa ja rakennushankkeissa tuotantoa ohjataan haluttuun suuntaan erilaisilla toimenpiteillä. Toimenpiteet voivat olla periaatteessa hyvinkin erilaisia, mutta keskeisintä rakennushankkeessa on työmaan ajallinen ohjaus. Aikataulu on rakennustyön etenemisen malli ja kuvaa tuotantoa työmaalla. Aikaohjaus alkaa yleisaikataulun laadinnalla, joka voidaan laatia eri tavalla erilaisiin tarkoituksiin. Yleisaikataulu voi olla alustava yleisaikataulu, sopimusaikataulu tai työaikataulu (5, s. 43). Työaikataulu on työmaan ohjenuora, jossa yleensä ottaen on pysyttävä.

Tuotannon ohjauksen toinen ohjenuora työmaalla on tavoitearvio, jossa on hankkeen kustannusarvio tai sen osa sovellettuna työmaan käyttöön sopivaksi. Tuotannon avainhenkilöt, vastaava työnjohtaja ja työpäällikkö, sitoutuvat tavoit-

tearvioon. He esittävät tarvittavia muutoksia ennen työmaan aloitusta havaite-
saan poikkeamaa omaan näkemykseensä tavoitearviota tarkastaessaan.

Tämän jälkeen kaikki tuotantoa ohjaavat toimenpiteet perustuvat jollakin tavalla
hankkeen laatutason määääviin teknisiin suunnitelmiin, tavoitearviossa lukkoon
lyötyihin kustannuksiin tai työaikatauluun. Työaikataulua tarkennetaan tarpeen
mukaan rakennusvaihe aikatauluksi tai viikko aikatauluksi, joissa kuvataan tar-
kemmin tehtävän suorittaminen. Tehtäväsuunnittelussa tehtävä aikataulua ja
kustannusarviota verrataan aina yleis aikatauluun ja tavoitearvioon nähden. Mi-
käli poikkeamia löytyy, ryhdytään välittömiin korjaustoimenpiteisiin. Tehtävien
etenemistä seurataan vertaamalla suunniteltuun koko hankkeen ajan.

Työmaan ajallinen ohjaus on tuotannonohjauksen tärkein keino, koska se voi-
daan tehdä reaaliajassa ja toteutumaa voidaan mitata. Kustannukset, laatu ja
aika ovat hankkeessa toisistaan riippuvaisia ja niiden hallinta on luontevinta ai-
katauluohjauksen kautta. Asiaa voidaan tarkastella kuvan 4 avulla.



KUVA 4. Projektin tuloskolmio (7, s. 40)

Kuva 4 kuvaa hyvin riippuvuutta hankkeen eri tavoitteiden osalta. Yksikään ta-
voitteista ei ole irrallinen osatekijä, vaan kaikki ovat riippuvaisia toisistaan. Ku-
vasta nähdään myös miten käy projektille, joka epäonnistuu. Aika ja kustannuk-
set ovat ylittyneet eikä kyetä saavuttamaan hankkeen tai projektin laadullisia
tavoitteita. Rakennushankkeen ajallisella ohjauksella ja suunnittelulla voidaan ja
pitää ohjata siis muitakin projektin osa-alueita.

Tuottajan lisäarvon määrittely alussa tapahtui tuotteen hyödyllisten ja haitallisten ominaisuuksien arvojen kautta. Lisäarvon haitalliset ominaisuudet muodostuivat tuotantokustannuksesta, joka muodostui panoskustannuksista ja pääoman kuluista. Tuotannon ajallisella ohjauksella vaikutetaan siis pääosin lopputuotteen ja tuottajan lisäarvon haitallisiin ominaisuuksiin.

Rakennustyömaan laadulliset tavoitteet on kiinnitetty jo suunnitteluvaiheessa ja niihin vaikuttaminen työmaalta on yleensä vaikeaa. Laadullisten tavoitteiden ohjaus tapahtuu lähinnä suunnittelun ohjauksen kautta. Suunnittelun ohjauksen avulla voidaan vaikuttaa työmaalla käytettävään teknologiaan eli tuotantotekniikkaan. Suunnittelun laatu onkin sitä, kuinka hyvin suunnitelma vastaa alkupe-
räistä ajatusta (8, s. 143).

Suunnittelunohjaus on tärkeä osa tuotannonohjausta ja sen merkitys kokonaisuuteen korostuu esimerkiksi perustajaurakoinnissa tai projektinjohtourakoinnissa, joissa aidosti pystytään vaikuttamaan toteutettaviin asioihin. Tyypikkylpyhuoneen toteuttamisen yhdeksi muuttujaksi kohdassa ”Menetelmät” valittiin teknologian muutos eli rakenteita muutettiin kuvitteellisesti suunnittelua ohjaamalla.

2.4 Erilaisten rakennusyritysten tuotannonohjaus

Rakentamisen arvoketjussa on mukana erilaisia yrityksiä, jotka sijoittuvat eri tavalla rakentamisen kentälle ja eri tehtäviin. Voidaan sanoa, että yrityksillä on erilainen reviiristrategia. (4, s. 33.)

Prosessiosaamiseen keskittynyt yritys tai urakoitsija, joka tekee esimerkiksi väliseiniä ja alakattoja, pyrkii yleensä maksimoimaan toimintansa tehokkuuden ja se on periaatteessa tämänlaatuisen yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä. Siinä ei ole mukana projektinhallinnassa tarvittavia elementtejä, koska niitä ei tarvita. Tällaisella yrityksellä ei ole käytössään monimutkaisia järjestelmiä, vaan niiden tuotannon lisäarvo muodostuu prosessin osaamisesta ja tuottavuudesta. Organisaatio yrityksessä on monesti niin yksinkertainen, että tietokin kulkee riittävästi, jos on kulkeakseen.

Samanlainen prosessiosaaja on monesti myös talotekniikkayritys, joka tekee työmaalla esimerkiksi LVI-alan töitä. Yritys menestyy parhaiten hoitamalla oman osuutensa asiakasyrityksen lopputuotteen lisäarvoon. Asiakkaan menestys on myös prosessiosaajan etu. (4, s. 75.)

Toisenlaisella reviiristrategialla toimiva yritys on rakennusliike, joka perustaa asunto-osakeyhtiön ja rakentaa asuntoja eli toimii perustajaurakoitsijana. Yleensä tämän kaltainen urakoitsija pystyy osaamisensa puolesta toimimaan pääurakoitsijana myös uudis- ja korjausrakentamishankkeissa, joissa on ulkopuolinen tilaaja. Tällä strategialla toimivassa yrityksessä tarvitaan projektiluontoisia taitoja, hankkeisiin liittyy ainutkertaisia tarkasti määriteltyjä tehtäviä ja tietotusta, jotka on huomioitava tuotannossa. Tuotannonohjausta on suoritettava työmaalla ja yrityksessä on yleensä olemassa ainakin projektitoimintaohje.

Yrityksen hankkeiden koon ja lukumäärän kasvaessa, on toimintastrategia jo erilainen. Yritys voi hallita toimialalla monta eri aluetta tai ainakin ohjata niitä alihankkijoiden kautta. Tämän kaltainen yritys voi olla alueellisesti vahva toimija tai valtakunnallinen yritys, jolla on sertifioitu laatuja järjestelmä toimintaohjeineen. Tässä toimintaohjeessa on oleellinen osa tuotannonohjauksella ja pitäisi olla myös tehtävänsuunnittelulla.

2.5 Rakennustyömaan arvoketjun erityispiirteitä

Rakennustyömaa on tuotantoympäristönä vaativa. Verrattuna esimerkiksi tehdastuotantoon vakio-olosuhteissa, rakentaminen työmaalla vaatii aivan toisenlaista suorituskkyä kuin komponentin yhdistäminen tehtaassa työpöydällä. Vertaus rakentamisesta ”yksinkertaisten ihmisten yksinkertaisena hommana” on varsin epäonnistunut, kuten on yleisesti todettu. (2.)

Nykyaikana viestimissä puhutaan rakentamisen laadusta päivittäin ja syytellään rakentajia ja suunnittelijoita. Tosiasia kuitenkin on, että virheitä ei tee kukaan tahallaan. Perustajaurakoija, jonka tuotannon ainoa tarkoitus on tuottaa mahdollisimman paljon lisäarvoa omistajalle eli itselleen, ei tee yhtään rakennusvirhettä tarkoituksellisesti, koska jälkitöistä takuukorjauksina ja muina kustannuksina kertyvä kustannus syö urakoitsijan eli tuottajan lisäarvoa. Mistä virheet sitten johtuvat?

Rakennustyömaan tuotantoketjussa on monta muuttuvaa tekijää, jotka vaativat jatkuvaa ohjausta tai hallintaa. Esimerkiksi urakoitsijoiden määrä, sääolosuhteet, materiaalitoimittajat, viranomaiset, asiakkaat, suunnittelijat ja työntekijät muodostavat rakennushankkeesta ja työmaasta avoimen prosessin, joka on herkkä häiriötekijöille. Rakennusvirheet johtuvat suurimmaksi osaksi juuri prosessin- tai projektinhallinnan osaamisesta ja niissä olevista puutteista.

Rakennustyömaan johdossa ohjataan prosessia, joka koostuu useista eri osatekijöistä. Työmaan johdon, vastaava työnjohtaja ja työpäällikkö, täytyy tuntea kokonaisprosessi hyvin eli täytyy olla prosessiasiantuntemusta, ymmärtää kuinka rakennetaan. Tämän lisäksi työmaan johdossa täytyy olla myös projektiosaamista, pystyä hallitsemaan muutoksia ja ohjata hanketta sekä tuotantoketjua.

Työmaan suorittava henkilöstö, johon luetaan tässä myös työnjohtajat, tarvitsee tehtävissään suurimmaksi osaksi prosessiosaamistaan työmaalla. He ovat omilla henkilökohtaisilla taidoillaan ja tiedoillaan ratkaisevassa asemassa työmaan tuotannon kannalta. Työryhmät ja niiden johtajat ovat monesti hitsautuneet yhteen vuosia jatkuneen yhteistyön ja luottamuksellisten henkilösuhteiden kautta. Ryhmät ovat parhaillaan erittäin monitaitoisia eikä työsaavutusta voi edes verrata hajanaisiin työryhmiin kuten vuokratyöryhmiin.

Rakentamisen on joskus sanottu olevan materiaalivirtojen ohjaamista oikeaan paikkaan ja oikeaan aikaan sekä materiaalin kiinnittämistä paikoilleen. Tähän ajatukseen on helppo yhtyä ja työmaan ohjauksen ja hallinnan kannalta löytyy tästä kolmas tärkeä asia, eli logistiikka. Voitaisiin puhua laajemmin materiaalin hallinnasta rakentamisessa. (2.)

Rakennustyömaan tuotannossa perimmäinen tarkoitus on lisäarvon tuottaminen asiakkaalle ja sitä kautta rakennusyrityksen omistajalle. Tapa, jolla tätä työmaalla tehdään, on minimoiva. Tuotteen haitallisten ominaisuuksien arvon minimointi on työmaan tärkein tehtävä. Tämänlaatuinen toiminta minimoi tuotantokustannuksen suunnitelmien antamissa rajoissa. Materiaaleihin ja logistiikkaan sekä työhön liittyvän hukan minimoiminen on työmaan vaikutuskeino lisäarvoon. Pu-

hutaan siis tuotantoteknologiasta, projektin arvoketjusta ja prosessinlogistiikasta sekä niiden haitallisten ominaisuuksien eli niihin liittyvän hukan minimoinnista.

Tämän työn tutkimusosassa keskitytään työmaalla tehtävään työhön ja odotusaikaan, joka aiheuttaa hukan. Odotusaika pidentää tehtävien kestoa ja vaikuttaa koko hankkeen kesto-aikaan. Odotusaika vaikuttaa siten hankkeeseen sitoutuneeseen pääomaan ja toteutuvaan kokonaiskustannukseen.

3 TUTKIMUSMENETELMÄ

3.1 Tyypikylpyhuone

Tutkimuksen tarkoitus on selvittää odotusajan muodostumista tyypikylpyhuoneen rakentamisessa. Tässä tutkimuksessa ei ollut mahdollisuutta seurata ja kirjata jonkin todellisen hankkeen tapahtumia, joten työssä määriteltiin kuvitteellinen tyypikylpyhuone ja sen rakenteet.

Asuinkerrostalon kylpyhuoneen lisäarvon muodostumista tarkastellaan tuotannon näkökulmasta. Alkutilanteessa kylpyhuoneeseen on sitoutunut tietty määrä pääomaa. Kun kylpyhuoneessa tehdään töitä, siihen tuodaan panoksia, jotka yhdistettäessä nostavat tilan arvoa. Tehtävän suoritus aiheuttaa työ- ja materiaalikustannuksia, jotka kohdistetaan tilaan. Kun kylpyhuoneessa ei tehdä töitä, siihen ei kohdistu työ- eikä materiaalikustannusta. Tilaan kohdistuu kuitenkin koko ajan osuus työmaahan sidotun pääoman kustannuksista. Betonin ja vesieristeen kuivaminen lisää tilan arvoa, toisin sanoen kuivamisaika ei ole hukkaa. On kuitenkin mietittävä, tuoko kuivaminen hankkeelle lisäarvoa halutulla tavalla. Siihen pystytään vaikuttamaan myöhemmin suunnittelunohjauksella ja suunnittelussa tehtävillä ratkaisulla.

Laskennallisesti yhteen kylpyhuoneeseen kohdistuva työmäärä on pieni ja töiden tehokas kesto näin ollen on lyhyt, vain muutama viikko. Kuitenkin kylpyhuoneen rakentaminen työmaalla valmiiksi saattaa kestää moninkertaisen ajan, jopa 4 - 6 kuukautta. Tyypikylpyhuone-esimerkin kautta pyritään selvittämään syitä odotusajalle eli hukalle, sillä se syö tuotannon lisäarvoa.

3.2 Lähtötiedot

Huoneen lattian pinta-ala on 6 m^2 ($2 \times 3 \text{ m}$) ja huonekorkeus 2,2 m. Runkokorkeus kerroksessa on 2,6 m. Huoneessa on yksi kosteantilan lasiovi kooltaan 9×21 . Laatoitettavia seinäneliöitä on siis yhteensä 20. Tilaan tulee suihku, pesuallas, WC-istuin, lattiakaivo ja kaksi pistorasiaa. Kylpyhuoneessa on poistoilmaventtiili. Pesualtaan alle tulee allaskaappi ja yläpuolelle peilikaappi, jossa on

valaisin. Tilassa ei ole suihkukaappia. Kylpyhuoneeseen asennetaan lattialämmitys sähkökaapelilla ja termostaatti seinään.

Alkutilanne on, että runkotyövaihe on valmistunut ja siirrytään sisävalmistustöihin, runkoa täydentäviin rakenteisiin. Alkutilanteessa lattiassa ja katossa on ontelolaatta ja talotekniikan runkolinjat on asennettu. Seinät muurataan kahiharkoista ja tasoitetaan kertaalleen kosteantilan tasoitteella. Lattiaan valetaan erillinen pintalaatta, johon muotoillaan kaadot lattiakaivoa kohti.

Kylpyhuoneen seinät ja lattia laatoitetaan. Seinälaatta on valkoinen kokoa 150x250 mm ja lattialaatat tummanharmaat, koko 100x100 mm. Katto lasketaan alas ja verhoillaan tervaleppäpaneelilla. Katto listoitetaan varjolistalla. Kattoon asennetaan kuusi kappaletta led-valaisimia (upotettavia spotteja).

3.3 Tutkimusmenetelmän kuvaus

Ensimmäisessä vaiheessa tyypikylpyhuone rakennettiin ”perinteisesti”; huoneen rakenteet edustivat pitkään käytössä olleita rakenteita, materiaaleja ja työmenetelmiä. Tämä ensimmäinen vaihtoehto on nimetty jatkossa merkinnällä VE1. Vaihtoehdolle VE1 laadittiin tehtäväluettelo ja laskettiin määrät. Seuraavaksi laskettiin tehtäväluetteloon kestolaskelmat käyttäen lähinnä Aikataulukirja 2013 (6) T3-työmenekkejä ja omia kokemuseräisiä tietoja työsaavutuksista.

Lopuksi vaihtoehdolle laskettiin kustannusarvio. Kustannusarvion laadintaa varten suoritettiin myös aikataulutehtävien karkeuttaminen eli tehtäväluettelo yhdistettiin isompiin kokonaisuuksiin. Vaihtoehdon VE1 laskelmat ovat laskentataulukossa työn liitteenä (liite 1/1). Laskenta eteni samalla periaatteella myös muissa vaihtoehdoissa.

Toisessa vaiheessa rakentamista lähdettiin muuttamaan tästä vaihtoehdosta erilaisilla valinnoilla ja eri näkökulmista. Toiseksi vaihtoehdoksi ensimmäisen rinnalle muodostettiin vaihtoehto VE2, johon muutettiin kaksi rakenteellista asiaa. Väliseinät muuttuivat muuratusta kalkkihiekkaharkosta kertopuurakenteeseen kevyeen väliseinään. Rungon kylpyhuoneen puoleiseen pintaan asennettiin valmiiksi vesieristetty XPS-levy (20 mm) ja toiselle puolelle (kuivalle) erikoiskova kipsilevy.

VE1:n lattiassa käytettiin normaalia lattiamaassaa, mutta VE2:n lattiaan vaihdettiin nopeasti pinnoitettava lattiabetoni, jonka kuivamisaika on kolmasosa normaalin betonin kuivamisajasta. Kolmantena asiana muutettiin toteutusjärjestys seinien ja lattioiden osalta toiseksi, etteivät puiset seinärakenteet jää kahden lattiabetonin väliseen syvennykseen. Ensin rakennettiin pintalaatta ja vasta sen jälkeen väliseinät. Muuten kaikki pysyi ennallaan ensimmäiseen vaihtoehtoon verrattuna. Vaihtoehdon VE2 laskelmat ovat tämän työn liitteessä (liite 1/2) laskentataulukossa.

Vaihtoehdot kolme ja neljä VE3 ja VE4 ovat laadulliselta sisällöltään kuten kaksi aikaisempaa, mutta niissä vaikutettiin rakentamiseen ottamalla käyttöön monitoimityöryhmä, joka tekee työsuoritukset. Vaihtoehdon VE3 sisältö on muuten sama kuin vaihtoehdossa VE1 ja vaihtoehdon VE 4 kuten vaihtoehdossa VE2. Laskenta vaihtoehdoille on esitetty tämän työn liitteessä (liite 1/3 ja liite 1/4).

Monitoimityöryhmässä osaaminen ja halukkuus tehtävien suorittamiseen ovat poikkeavat verrattuna perinteiseen työryhmään ja työnjakoon. Monitoimityöryhmän toiminnan avainasia on joustavuus. Työryhmä tekee asioita, jotka eivät tulisi kysymykseenkään perinteisesti toimivilla työryhmillä. Monitoimityöryhmä koostuu rakennusammattihenkilöistä, jotka pystyvät tekemään kaikki ketjussa tarvittavat työsuoritukset, myös LVIS-asennukset, joissa ei tarvita erityisammattiosaamista. Monitoimityöryhmä tekee kaikki ammatti- ja aputyöt siivousta myöten. Työt, joita monitoimityöryhmä ei tee, ovat esimerkiksi kaapeleiden kytkentä jakorasioille tai vesikalusteiden asennus ja kytkentä.

Monitoimityöryhmän ja tavallisten työryhmien ero on siinä, että tavallisesti yhden työsuorituksen osakohteessa tekee yksi työryhmä ja seuraavaksi osakohteeseen tulee toinen ryhmä, joka suorittaa oman tehtävänsä. Kun osakohteessa tehtävät ovat määrältään pieniä, ovat työryhmät jatkuvassa kierrossa. Tällainen toiminta aiheuttaa varmuudella odotusaikoja tuotantoketjussa. Edellisen työryhmän saatua suorituksen valmiiksi ja lähdettyä seuraavaan osakohteeseen, uusi työryhmä ei varmasti ole heti paikalla. Tästä aiheutuu odotusaika, joka on hukkaa ja aiheuttaa odotuskustannuksen. Tilaan on sitoutunut pääomaa aiheuttaen kustannuksia, mutta osakohteen arvo ei nouse.

Työmäärältään pieniä suorituksia yritettiin tahdistaa tuotantoaika-kaaviossa. Tuotantoaika-kaavioon piirrettäessä vinoviivoina tehtäviä nähdään pirstaleiden seuraus teoreettisesta näkökulmasta, sama seuraus näkyy käytännössä odotusaikana. Tehtäviä kuvaavat viivat ovat kulmakertoimeltaan hyvin erilaisia ja kestot lyhyitä. Tahdistettaessa joudutaan lähes kaikki tehtävät pyöristämään kestoltaan ylöspäin yhden työvuoron mittaiseksi kokoamalla niitä yhteen tai pyöristämällä täyteen työvuoroon. Mikäli kestoa ei tahdisteta, joudutaan aloitusvälejä muuttamaan, koska muuten tehtävien viivat törmäävät yhteen eli samassa osakohteessa on kaksi työryhmää.

Tehtävien kokoaminen on haastavaa, koska jokaisen tehtävän suorittaa eri ammattiryhmä. Tätä suoritettaessa olisi tarvittu työryhmä, jossa on rakennusmies, LV-asentaja, IV-asentaja, kirvesmies ja siivooja. Tämänlaatuinen työryhmään on tietysti poissuljettu heti, koska silloin yksi tekee ja neljä katsoo, eli hukka on todella suuri.

Pienemmän mittakaavan rakentamisessa esimerkiksi omakotitalossa törmätään useasti samantyyppiseen ongelmaan. Kohteet ovat hajallaan ja LVIS-asentajat eivät voi käydä työmaalla joka päivä tekemässä pieniä töitä, eikä työmaalle ole mahdollista palkata erikseen siivoojaa tai muuta erityistehtävän tekijää kustannusten vuoksi. Monitoimityöryhmän avulla näistä kohteista on selvitty käytännöllisesti ja turhaa odotusta välttämällä, mutta samalla kustannustehokkaasti. Sovellaan kerrostalon kylpyhuoneeseen samaa menettelyä. Tutkimuksen vaihtoehdot VE3 ja VE4 on siis laskettu käyttäen monitoimityöryhmää.

Pohdintaa aiheutti, kuinka olisi mahdollista saada luotettava arviointitapa odotusajalle ja siten odotuskustannukselle. Oikealla työmaalla voitaisiin suorittaa seuranta ja kirjata ylös eri suoritusten ajankohdat ja kestot. Tämä oli pitkään ainoa vaihtoehto, kunnes viimeisen ohjauspalaverin ja siinä käydyn keskustelun jälkeen ratkaisu selvisi; kokonaistyömenekki laskettiin ensin normaalityöryhmän kautta ja muutettiin sen keston kautta vastaamaan monitoimityöryhmän tunteja. Tapa on pelkistetyn teoreettinen ja kuvaa hyvin ainakin potentiaalisen odotusajan syntyminen mahdollisuuden.

Tällä tavalla saadaan myös luotettava tapa vertailla toimintaa perinteisen ja monitoimityöryhmän välillä. Menettelyssä on myös se hyvä puoli, että kaikki suoritukset tulevat arvioitua. Tällä menettelyllä päästään mittaamaan ja hahmotamaan odotusaikaa työryhmien ja suoritusten väliin jäävältä osalta ja vastaamaan johdannossa esitettyihin tutkimuskysymyksiin.

Monitoimityöryhmän kooksi valittiin työpari, jossa on kaksi monitaitoista rakennusammattihenkilöä (2RAM). Perustelu tälle ryhmälle on selkeä; sen jäsenet voivat työskennellä samassa osakohteessa myös eri tehtävissä ja tarpeen vaatiessa auttaa toisiaan. Toinen peruste on se, että perinteisesti monitaitoisia ovat nimenomaan kirvesmiehet ja kokeneet avustavat työntekijät, jotka voi käytännössä lukea ammattimieheksi.

Vaihtoehtoissa VE3 ja VE4 on mukana myös LVIS-työryhmä tekemässä tehtävät, jotka vaativat erityisosaamista tai ovat määräysten mukaan luvanvaraisia. Samoin laskelmissa on mukana laadunvarmistuksen osuus. Laadun varmistuksen olisi voinut jättää poisikin, mutta se haluttiin mukaan odotusajan vuoksi. Tämä tarkoittaa, että laadunvarmistustehtäviä tehdään koko ajan rakentamisen edetessä, mutta työt kasattiin yhteen monitoimityöryhmän tehtäväksi odotusajan huomiointia varten.

Aluksi työssä oli tarkoitus käsitellä vain vaihtoehdot VE1 ja VE3, joissa erona on perinteisten työryhmien vaihtaminen monitoimiryhmään. Laskettaessa kestoja herätti huomion kuivamisajoista johtuvien viiveiden merkitys kerrosten käytettyyn kokonaisaikaan. Pelkästään tavallisen betonin kuivaminen vie tyyppikylpyhuoneessa aikaa 9 viikkoa. Työvuoroiksi muutettuna puhutaan suuruusluokasta 45 tv. Samoin vesieristeiden kuivaminen aiheuttaa viivettä, ei tosin niin merkittävästi kuin betoni. Vesieristuksen aiheuttama vaikutus on se, että määrällisesti pienen työsuorituksen jälkeen on asentajan vaihdettava uuteen osakohteeseen. Tästä syystä päädyttiin tekemään suunnittelunohjausta ja ottamaan erilaiset materiaalit sekä rakenteet vaihtoehtoihin VE2 ja VE4. Samalla saadaan käsitys miten kalliimmat materiaalit vaikuttavat kokonaisuuteen eli toteutuvaan kokonaiskustannukseen.

Tavoitteena oli saada tyyppikylpyhuoneen rakentamiselle työnkesto, odotusaika ja viive eli kuivamisajat sekä kokonaiskustannukset laskentataulukoiden kautta ja piirtää niistä havainnolliset kuvaajat. Kuivamisaika ei ole hukkaa vaan se on materiaalien ominaisuus, jonka aikana myös tuotteen arvo nousee. Sillä kuitenkin on vaikutus hankkeen kokonaiskeston, joten se vaikuttaa myös sidotun pääoman kustannuksiin.

Kesto määritettiin kokonaistyoimenekin avulla perinteisellä työryhmällä vaihtoehtoisissa VE1 ja VE3 sekä monitoimityöryhmällä vaihtoehtoisissa VE2 ja VE4. Sijoittamalla tehtävät paikka- aikakaavioon on mahdollista määrittää työryhmien lukumäärä koko hankkeeseen.

Odotusaika käsitellään tutkimuksessa vaikutuksena koko hankkeen keston. Odotusajalle voidaan laskea myös välitön kustannus. Tarkastellaan kuitenkin sen vaikutusta hankkeen kokonaiskeston ja sitä kautta sidotun pääoman kustannukseen. Odotusajan kustannuksen ja hukan vaikutus on suurimmillaan kun se projisoidaan hankkeen loppuun sidotun pääoman ollessa maksimissaan. Näin menetellään kun aikataulutehtävät ovat hankkeen kriittisellä polulla.

Mikäli tehtävä ei ole kriittisellä polulla on, sen toteutus suunniteltava siten, ettei se sido tarpeettomasti pääomaa esimerkiksi liian aikaisen materiaali- tai resurssihankinnan muodossa. Liian aikaisessa hankinnassa piilee aina myös materiaalin vaurioitumisen riski työmaalla tapahtuvan välivarastoinnin yhteydessä.

Ei-kriittisellä polulla olevasta tehtävästä on hyvä esimerkki tyyppikylpyhuoneen seinien laatoitus. Tehtävä ajoittuu pintalattian kuivamisen ajalle. Kriittinen tehtävä ketjussa on puolestaan lattianlaatoitus, joka on tehtävä heti, kun pohja sen sallii kuivamisajan puolesta. Seinien laatoitus on teknisesti viisasta tehdä ennen lattiaa, mutta juuri ennen lattiaa, koska resurssi on todennäköisesti sama ja materiaalit tulevat todennäköisesti samalta toimittajalta. Näin minimoidaan turhat toimet ja liian aikaiset hankinnat.

4 TULOKSET

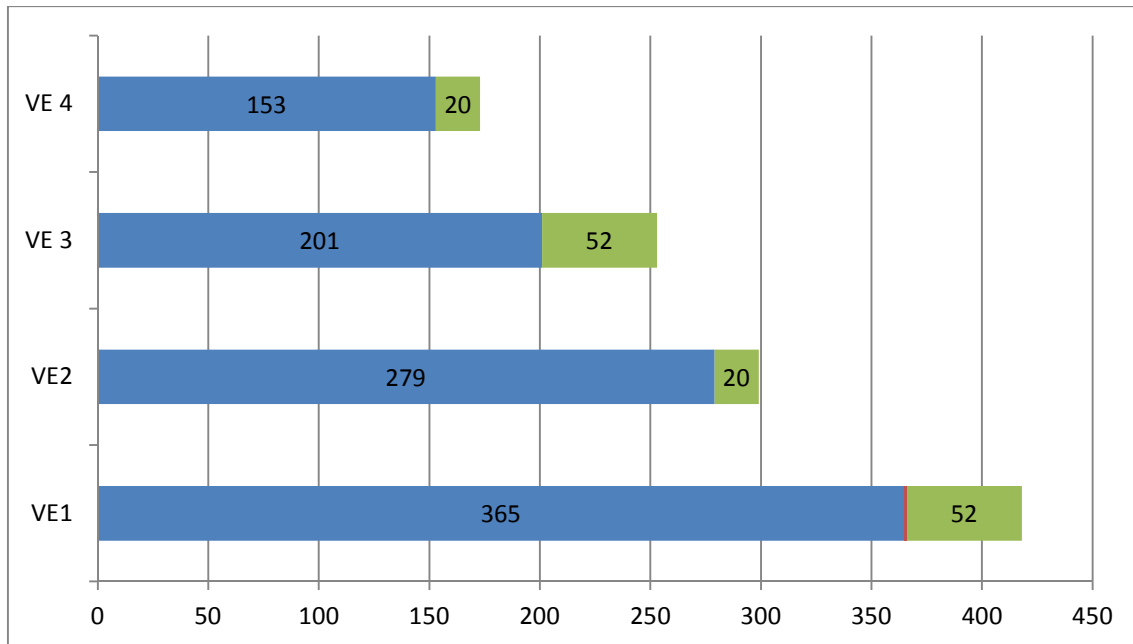
Kesto ja kustannuslaskelmat ovat työn liitteenä olevissa laskentataulukkoissa vaihtoehtoisin (liite 1). Laskentataulukot ovat työkalu tässä luvussa olevien kuvien ja taulukoiden aikaansaamiseksi. Taulukoiden esitystapa ei ole havainnollinen ja olennaiset asiat esitetään siksi kuvaajien avulla.

4.1 Toimenpiteiden ajalliset vaikutukset

Rakennustuotannon tehtävistä ja osakohteissa tapahtuvista työsuoritteista on vaikea löytää järkeviä tehostamismahdollisuuksia. Mahdollisuudet ovat lähinnä prosessin logistiikassa, projektin arvoketjussa ja teknologiassa eli tuotantotekniikassa. Tässä työssä keskityttiin pääasiassa projektin arvoketjuun eli työmaan tuotantoketjuun ja sen toimintaan tutkimalla laskennallisesti mahdollisuutta vaikuttaa odotusaikaan työryhmän kokoonpanon kautta. Vaihtoehtoisissa VE2 ja VE4 käytettiin monitoimityöryhmää.

Toisena kohtana tarkasteltiin teknologian vaikutusta hankkeessa. Tuotantotekniikka muuttui erilaiseksi verrattuna vaihtoehtoihin VE1 ja VE3. Edellisessä luvussa kuvatussa tutkimusmenetelmän avulla saatiin selvitettyä työryhmien kokoonpanon vaikutusta odotusajan muodostumiseen arvoketjussa.

Yhteenveto laskelmien tuloksista on esitetty lyhyesti kuvassa 5. Eri vaihtoehtojen kesto on kuvattu aikajanan avulla. Kuvassa 5 kesto on esitetty sinisellä janalla ja arvo on muodossa työvuoroa/ rakennus. Rakenteiden kuivamisaika on esitetty samoin, mutta jana on vihreä.



KUVA 5. Eri vaihtoehtojen kestojen aikajana

Taulukossa 1 samat kestoajat on esitetty lukuarvoina. Tuloksena työryhmien ja toteutustavan muutoksesta saatiin taulukossa 1 näkyvä muutos. Työntekijätunnit pysyivät vertailupareissa luonnollisesti samana.

TAULUKKO 1. Vaihtoehtojen keston yhteenvetotaulukko

| tunnus | tth | tv/as | tv/krs | tv/talo |
|--------|-----|-------|--------|---------|
| VE1 | 89 | 10 | 61 | 365 |
| VE2 | 68 | 8 | 46 | 279 |
| VE3 | 89 | 6 | 34 | 201 |
| VE4 | 68 | 4 | 26 | 153 |

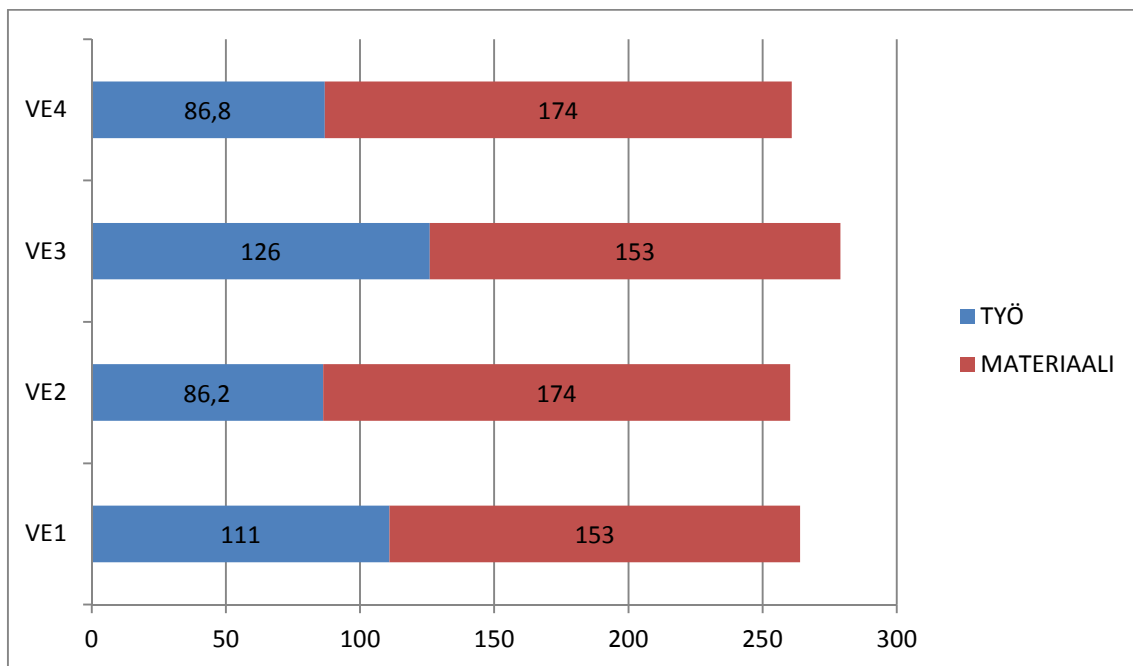
VE1: n kesto on yli kaksinkertainen verrattuna vaihtoehtoon VE4. Vaihtoehdossa VE1 käytettiin alkuperäistä työryhmää ja vaihtoehdossa VE4 monitoimiryhmää sekä molemmissa vaihtoehdoissa erilaista rakenteellista ratkaisua. Näin vaihtoehtojen välisessä vertailussa on nähtävissä myös suunnittelunohjauksen aiheuttama ero.

Monitoimityöryhmän käyttämisellä esimerkin tyyppisissä tehtävissä saadaan aikaan dramaattinen vaikutus työvaiheen kokonaiskesto. Tuotannon tehokkuuden täytyy jo laskennankin perusteella parantua yhtä dramaattisesti. Monitoimityöryhmän läpilyöntiä rakennustuotannossa ei tarvitse ihmetellä.

Teknologian muutoksella aikaansaatu tulos on näkyvissä viiveen muutoksena ja työntekijätunti-sarakkeessa. Muuttamalla rakennetta suunnittelunohjauksella saadaan VE1: n ja VE2: n välille erittäin selvästi havaittava ero niin kestoon kuin viiveisiin osakohteen sisällä. Työtuntien määrä ja siten kesto eroaa vaihtoehtojen välillä selvästi. Viiveen lyhentymisen vaihtoehtojen välillä selittää rakenteiden ja materiaalien kuivamisaikaa lyhentävä vaikutus vaihtoehdossa VE 2. Tämä sama vaikutus on nähtävissä myös vaihtoehtojen VE3 ja VE4 välillä.

4.2 Toimenpiteiden kustannusvaikutukset

Tarkastellaan seuraavaksi laskennasta saatuja tuloksia tavoitearvion näkökulmasta. Eri vaihtoehtojen tulokset näkyvät kokonaisuutena työn liitteessä, kuvassa 6 on kuvattu vaihtoehtojen kokonaiskustannus työ- ja materiaalikustannuksen avulla.



KUVA 6. Kustannukset lajeittain eri vaihtoehtojen toteutuksessa

Taulukosta 2 voidaan nähdä eriteltyinä eri vaihtoehtojen toteutuvat kustannukset. Taulukossa kustannukset on koottu asunto, kerros ja koko rakennuksen tasolle.

TAULUKKO 2. Kustannukset eriteltynä vaihtoehtoitain

| tunnus | työ €/as | työ €/krs | työ €/talo | mat €/as | mat €/krs | mat €/talo | yht €/as | yht €/krs | yht€/talo |
|--------|----------|-----------|------------|----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|
| VE1 | 3 086 | 18 514 | 111 084 | 4 244 | 25 466 | 152 793 | 7 045 | 42 270 | 263 878 |
| VE2 | 2 396 | 14 373 | 86 238 | 4 832 | 28 990 | 173 938 | 7 227 | 43 363 | 260 176 |
| VE3 | 3 157 | 18 942 | 113 653 | 4 244 | 25 466 | 152 793 | 7 401 | 44 408 | 266 447 |
| VE4 | 2 411 | 14 463 | 86 780 | 4 832 | 28 990 | 173 938 | 7 242 | 43 453 | 260 718 |

Taulukon 2 ja kuvan 6 avulla voidaan todeta, että vertailupareissa VE1 - VE3 ja VE2 - VE4 materiaalikustannukset ovat samat. Näin tulee olla, koska rakenteet ovat samat. Ero on havaittavissa työkustannuksissa. VE2 ja VE4 ovat materiaalikustannuksiltaan suuremmat kuin VE1 ja VE3, vastaavasti niiden työkustannus on selvästi pienempi. Kokonaiskustannuksiltaan VE2 ja VE4 ovat alhaimmat, kuitenkin vaihtoehtojen kokonaiskustannuksen ollessa lähes samat. Huomion kiinnittää vaihtoehtojen kokonaiskustannusten samankaltaisuus.

Kustannusvertailun paras oli siis vaihtoehto VE 2 periaatteessa marginaalisella erolla vaihtoehtoon VE4. Mikäli vaihtoehtojen toteuttamisesta päätettäisiin vain pelkän kustannusarvion perusteella, pitäisi valita vaihtoehto 2.

4.3 Pääomakustannus

Tehtävän määrittelyn alussa päätettiin, että koko hankkeen tavoitearvio on viisi miljoonaa euroa. Tyypikylpyhuoneiden rakentamiskustannus on siis noin 5 % koko tavoitearviosta. Tarkastellaan eri vaihtoehtoja sen perusteella kuinka ne sitovat pääomaa. Jos tyypikylpyhuoneen rakentamiseen kuluva aika määrää rakentamiseen kuluvan kokonaisajan, tehtävä on hankkeen aikataulussa kriittisellä polulla. Näin tarkastelu tapahtuu koko tavoitearvion loppusumman sitoututtua jo hankkeeseen.

Periaatteessa vaihtoehtojen kokonaiskestot ovat jo sellaisia, että ainoastaan vaihtoehdot VE2 ja VE4 ovat oikeassa rakennusprosessissa toteutettavissa. Vaihtoehtojen VE 1 ja VE3 kohdalla olisi työryhmien lukumäärää kohteessa lisättävä, mikä automaattisesti nostaa kustannusta. Tämä vähintään kaksinkertaistaa työkustannuksen, mutta myös puolittaa keston ja pienentää sitoutuvan pääoman kustannuksen osuutta.

Sitoutuneen pääoman kustannuksen eli korkokulun laskenta korkolaskurilla antaa seuraavan tuloksen. Kuukauden korko viiden miljoonan euron kokonaissummalle rakentamisen loppuvaiheessa tarkoittaa n. 35 000 euron kulua, kokonaiskorkona on käytetty arvoa 8 %. Tällä tuloksella suunta on selvä eli paras vaihtoehto on se, minkä kesto on lyhin, koska se sitoo vähiten pääomaa. Edes työryhmien lukumäärää muuttamalla ei muista vaihtoehtoista löydy kilpailijaa. Pääomakustannus huomioiden edullisin vaihtoehtoista on VE4.

5 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli perehtyä lisäarvon muodostumiseen rakentamisen arvoketjussa. Tarkempi tavoite oli löytää tuotantoketjusta odotusajat, määrittää niiden syntymisen syitä ja pohtia odotusaikojen vaikutuksia tuotannon lisäarvoon.

Työmaan ja tuotannon ohjauksen tärkein osa-alue on ajallinen ohjaus. Ajallisen ohjauksen kautta tuotantoa ohjataan reaaliajassa ja tuotantoprosessia voidaan mitata konkreettisesti. Ajallisen tavoitteen toteutuessa toteutuu yleensä myös projektin taloudellinen ja laadullinen tavoite, joiden mittaaminen reaaliajassa on vaikeampaa. Tutkimuksessa tyyppikylpyhuoneen prosessia ohjattiin teknologiaa muuttamalla ja työryhmän kokoonpanoa muuttamalla. Molemmilla toimenpiteillä haettiin ajallista ohjausvaikutusta eli läpimenoajan lyhentymistä. Ohjaustoimien tuloksellisuutta voidaan seurata luotettavasti vain hankkeen ajallisen seurannan keinoin vertaamalla tulosta suunnitelmaan tai toiseen vaihtoehtoon ja siirtämällä tieto edelleen laskentaan.

Rakennustyömaan johtamisessa tarvitaan monenlaista ammatillista osaamista. Tärkeimmät näistä ovat tuotannonohjauksen näkökulmasta projekti- ja prosessiosaaminen. Suorittavan portaalin ohjauksessa ollaan tekemisissä ihmisten kanssa ja siellä vaaditaan ”leadership”-taitoja. Monitoimityöryhmät eivät toimi ”management”-tyyppisten organisaatioiden suojissa.

Työmaan taloudellisuuden ja tehokkuuden kehittämisen mahdollisuudet ovat suurimmaksi osaksi teknologiassa eli tuotantotekniikassa, projektin arvoketjun hallinnassa ja prosessin logistiikassa. Suoritettavien työtehtävien sisältö on vaikea löytää tehostamista. Tiili menee seinään, kunhan se on ensin muurarin kädessä.

Työn tutkimuksellinen osuus koostui ”tyyppikylpyhuoneen” rakentamisen tutkimisesta. Tyyppikylpyhuoneen rakentamisprosessista pyrittiin löytämään keskeiset syyt, jotka vaikuttavat odotusajan syntymiseen. Odotusaika tunnistettiin ja koetettiin löytää keinot sen poistamiselle tai minimoimiselle.

Tyypikylpyhuoneen rakentamista ohjattiin tutkimuksellisessa osuudessa muuttamalla teknologiaa ja sillä saavutettiin läpimenoaikaan merkittävä muutos. Kylpyhuoneiden rakentamisaika suhteutettuna koko hankkeeseen lyhenee kuukaudella. Tämän tason muutoksella on merkitys, jos tehtävä on hankkeen aikataulun kriittisellä polulla.

Odotusaika syntyy kun osakohteet ja tehtävät ”pirstaloituvat” pieniin osakohteisiin, joissa tehdään pieniä työsuorituksia. Työsuoritukset muistuttavat kestoaltaan monesti aikataulumielessä tapahtumaa. Rakennustyömaan tuotantoketjussa on monta eri suorittajaa tekemässä lopputuotteeseen peräkkäisiä työsuorituksia. Osakohteiden pientyessä ja tehtävien muuttuessa tapahtumaluonteisiksi on tuotannon valvonta ja ohjaus vaikeaa. Tästä hajoamisesta aiheutuvan odotusajan kasvun hallinnassa voidaan käyttää apuna monitoimityöryhmää. Toisena ohjaustoimenpiteenä tyypikylpyhuoneessa käytettiin monitoimityöryhmää.

Monitoimityöryhmässä on ammattityöntekijöitä, joiden ammattitaito riittää useiden eri tehtävien suorittamiseen. Käyttämällä monitoimityöryhmiä pystytään tehtäviä kasaamaan samassa osakohteessa isommiksi paketeiksi, jolloin ei synny odotusaikaa ja työ on tehokkaampaa. Osakohteita myös vaihdetaan harvemmin, koska suoritus yhdessä kohteessa kestää pidempään. Näin varatyökohteita tarvitaan vähemmän ja siirtymisessä syntyvä odotusaika pienenee.

Odotusajan minimoinnilla voidaan pienentää tuotantokustannuksia sitoutuvan pääoman kustannuksina läpimenoaikoja lyhentämällä. Materiaalit ja muut resurssit hankitaan lähellä oikeaa toimitusaikaa, joten pääoma ei seiso varastoissa kiinni. Tärkein asia on kriittisellä polulla olevien tehtävien odotusaikojen minimointi, sillä hankkeen valmistumisen myöhästymisen kuukaudella loppuvaiheessa aiheuttaa sitoutuvan pääoman kuluna viiden miljoonan euron hankkeessa korkokannalla 8 % jo noin 35 000 euron kustannuksen. Tämän lisäksi pitää arvioida vielä aikataulusidonnaisia kuluja työmaalta, esimerkiksi työmaatekniikka ja henkilöstökulut. Aikataulun kireminen kiinni rakentamisen aikana kannattaa, vaikka se maksaisi.

Hankintahinnaltaan, esimerkiksi materiaalien osalta kalliimpi tekninen ratkaisu, ei välttämättä ole absoluuttisesti kallein, jos mukaan tarkasteluun otetaan sitou-

tuneen pääoman kustannus. Tuotannon tarkastelu lisäarvon näkökulmasta antaa kokonaisvaltaisen kuvan ratkaisujen ja tuotannon kannattavuudesta.

Tutkimusmenetelmän avulla on mahdollisuus tarkastella tuotantoketjun toimintaa ja odotusajan syntymistä, mutta menetelmän heikkous piilee selkeästi teoreettisuudessa. Työmaakokemuksen avulla on mahdollista ohjata päättelyä oikeaan suuntaan, mutta vähemmän kokemusta omaavalle tämä lienee vaikeaa ja tarkasteluun tarvitaan työmaan seuranta tai ainakin tietoja työmaalta.

Monitoimityöryhmät ovat monessa rakennusyrityksessä saaneet työmailla merkittävän roolin. Viimeisten vuosien aikana ainakin paikallisesti merkittäviä asuntorakentajia on siirtynyt käyttämään lähes täysin omaa työvoimaa. Tämä suuntaus kertoo nimenomaan monitoimityöryhmän yleistymisestä rakennustyömailla. Alihankintana ostetut työsuoritukset tulevat ainakin panoksia laskettaessa edullisemmaksi kuin oman työvoiman käyttö, mutta jos tarkastelun taustalle otetaan tuottajan lisäarvo, on lopputulos monesti toinen.

Tuotantotekniikkaa ohjataan suunnittelunohjauksen avulla ja moni perustajaurakoitsija käyttää aikaisemmin jo yleiseksi käytännöksi muodostuneista tavoista poikkeavia menetelmiä. Esimerkkinä voidaan mainita paikalla valettavat runkorakenteet.

Kiistaton lopputulos on kuitenkin se, että tuotantoon käytetyn odotusajan minimoiminen on lisäarvon kannalta erittäin tuloksellista ja sen vaikutukset kertaantuvat nopeasti hankkeen koon kasvaessa. Mielenkiintoinen vertailu olisi myös monitoimiryhmien ja tavallisten työtyhmien jälkeen jäävät puutelistat eli dokumentit, jotka kuvaavat asiakkaan käsitystä lopputuotteen laadusta. Niissä on varmasti suuri ero.

LÄHTEET

1. Saari, Seppo 2002. Laatuun perustuva talous. Johdatus tuotannon teoriaan ja mittaukseen. Espoo: Mido Oy.
2. Stenius, Antero 2013. T542503 Tuotannon suunnittelu ja ohjaus. Opintojakson luentomateriaali keväällä 2013. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
3. Saari, Seppo 2006. Tuottavuus. Teoria ja mittaaminen liiketoiminnassa. Tuottavuuden käsikirja. Espoo: Mido Oy.
4. Roininen, Petri 2011. Yrittäjämäinen ote johtamiseen. Hämeenlinna: Talentum Oy.
5. Koskenvesa, Anssi – Sahlstedt, Satu 2011. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Helsinki: Rakennustieto Oy.
6. Lindberg, Rita – Koskenvesa, Anssi – Sahlstedt, Satu 2012. Aikataulukirja 2013. Helsinki: Rakennustieto Oy.
7. Pelin, Risto 2008. Projektihallinnan käsikirja (5. painos). Jyväskylä: Projektijohtaminen Oy Risto Pelin.
8. Lillrank, Paul 2004. Laatu 7. Teoksessa Lehtonen Juha-Matti (toim.). Tuotantotalous. Helsinki: WSOY.

| | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| LASKENTATAULUKKO 1 VET: | | | | | | | | | |
| SUURETÄVÄT, KESTOLASKELMA, KUSTANNUSSAVIO | | | | | | | | | |
| PERINTENEN TYÖALANO, ALKUPERÄINEN RAKENNE | | | | | | | | | |
| Kerrosalo 6 krs | | | | | | | | | |
| Työpaketyöluoneet 6 kpl/kerros | | | | | | | | | |
| Laajuus: 216 m ² (36 x 6 m ²) | | | | | | | | | |
| Kokonaisuudet: 5 M€ | | | | | | | | | |
| Työn yksiköinnat: 40 €/h alv 0 % | | | | | | | | | |
| LVIS-urakoitsijat: 35 €/h alv 0 % | | | | | | | | | |
| rakennusurakoitsija ammattimies | | | | | | | | | |
| rakennusurakoitsija apumies | | | | | | | | | |
| 28 €/h alv 0 % | | | | | | | | | |
| Työmenekki, kesto ja riippuvuudet | | | | | | | | | |
| TR | | | | | | | | | |
| Työaika | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |
| Kerros | | | | | | | | | |

[illegible]

[illegible]

| LASKENTATILILUKKO AVE 4 | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| SUORITETTAVAT KESTOLASKELMAT, KUSTANNUSSARNO | | | | | | | | | |
| MONITOIMIVIRHMA, UUDET RAKENNET | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Kerrostalo 6 krs | | | | | | | | | |
| Työn peräilylukuonnet 6 kpi / krs | | | | | | | | | |
| Lajitus: | | | | | | | | | |
| Kokonaishuoneet: | | | | | | | | | |
| Työn yksikkömittat: | | | | | | | | | |
| LV/S-urakoitsijat | | | | | | | | | |
| rakennusurakoitsija armatteimes | | | | | | | | | |
| rakennusurakoitsija arponnes | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |