

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tuotantojohtaminen

2016

Rene Ståhlström

TUOTANNONSUUNNITTELUN JA RESURSSIENHALLINNAN KEHITTÄMINEN

– Kosken Betonielementti Oy



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma | Tuotantojohtaminen

2016 | 29

Jyrki Haapasaari

Rene Ståhlström

TUOTANNONSUUNNITTELUN JA RESURSSIENHALLINNAN KEHITTÄMINEN – KOSKEN BETONIELEMENTTI OY

Opinnäytetyön perimmäisenä tarkoituksena oli luoda pohja betonielementtitehtaan resurssiensuunnittelulle ja tuotannonsuunnittelulle. Laskentaohjelman tarkoitus on korvata tehtaalla käytössä oleva resurssisuunnittelumalli, joka on täysin aikataulupohjainen. Työ on tehty toimeksiantona Kosken Betonielementti Oy:lle.

Työn toteutus aloitettiin tutkimalla olemassa olevaa resurssisuunnittelumenetelmää ja kartoittamalla työn todellinen tarve. Rajoitukset itse ohjelmalle olivat selkeät. Ohjelman tuli olla helppokäyttöinen, kevyt ja selkolukuinen sekä tulosteiden tuli myös olla helppolukuisia. Varsinaista tuotannon kehittämistä ei tässä vaiheessa tehty, vaan tarkoituksena oli löytää mitattavat suureet tuotannosta sekä matemaattisesti laskea tarvittavat resurssit ja löytää kehitettävät paikat.

Opinnäytetyö sisältää mittavan otannan resurssitehokkuuksien laskentaa jopa viiden kuukauden ajalta. Pitkän aikavälin mittaukset johtavat luotettaviin tuloksiin. Itse ohjelma valmistui aikataulussa, ja sitä päästiin myös koekäyttämään kerrostalokohteen elementtituotannossa. Toteutuneet ja laskennalliset resurssit kohtasivat hyvin, joten voidaan olettaa ohjelman olevan luotettava ja tarpeellinen työkalu niin kauan kuin tuotantotekniikoita ei oleellisesti muuteta ja työmenekkirjasto pidetään ajantasaisena.

ASIASANAT:

Betonielementti, tuotannonsuunnittelu, resurssisuunnittelu, tuotannon kehittäminen

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil engineering | Production management

2016 | 29

Jyrki Haapasaari

Rene Ståhlström

DEVELOPMENT OF PRODUCTION- AND RESOURCE PLANNING

This thesis is about developing and creating a production- and resource planning program in a precast concrete factory, where the existing system is based only on given deadlines and backwards planned timetable. This thesis was commissioned by Kosken Betonielementti Oy, as an assignment.

For the start the requirements and details for the program needed to be determined. On study about needed information, the main details for the program were: order volumes, types of elements, delivery dates, available resources and the consumption of the resources. To have an accurate information about working time and resources needed in each type of an element, it needed to be carefully measured, calculated and repeated many times enough to avoid singular mistakes.

After total of five months of studies about resource consumption for each kind of element, the results were reliable enough to start modeling the program itself. Designing it on Microsoft Excel was a simple decision, because of its easy use and its conspicuousness to factory workers. The requirements for the appearance of the program and prints were clear: it has to be easy to read, easy to use and prints need to be easily read. Including of relevant information and leaving out the too detailed data was made according to the requirements.

As a result, the program works fine, it is easy to use and results are accurate enough to conduct and develop planning. The study showed out a lot of unnecessary work completed in the factory, where we need to concentrate next.

KEYWORDS:

Production planning, resource planning

1 johdanto	6
1.1 Yrityksestä	7
1.2 Työn tavoitteet	8
1.3 Työn rakenne	9
1.4 Käytetyt menetelmät ja lähteet.....	9
1.5 Työaikamenekkien seuranta	10
1.6 Elementtirakentaminen suomessa.....	10
1.7 Tuotantotekniikka	11
2 Tuotannosuunnittelu	13
2.1 Tuotannosuunnittelu yleisesti.....	13
2.2 Tuotannon optimointi	14
3 Työn toteutus	16
3.1 Tilanne yrityksessä	16
3.2 Tutkimustyö ja tarpeen kartoitus	16
3.3 Työaikamenekki	17
3.4 Toteutus	19
3.5 Tuotannosuunnittelutyökalu	20
4 Koekäyttö ja kehitys	24
4.1 Koekäyttö As.Oy Paimion Jousitarhan elementtitilauksessa	24
4.2 Laskennalliset arvot ja niiden toteutuminen	25
4.2.1 AN-sokkelielementit	25
4.2.2 V-väliseinäelementit	25
4.2.3 CL-parveke-elementit.....	26
4.2.4 R-julkisivuelementit	26
5 johtopäätökset	28
5.1 Kehitysideat toimeksiantajalle	28
LÄHTEET	29

KUVAT

Kuva 1. Kosken Betonielementti Oy.	7
Kuva 2. Elementtisuunnitelma.	12
Kuva 3. Resurssien suunnittelu taulukko.	20

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö käsittelee betonielementtitehtaan tuotannosuunnittelua, ja työ tehtiin Kosken Betonielementti Oy:lle. Työn tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa tuotannosuunnittelutyökalu, joka pohjautuu Microsoftin Excel taulukkolaskentaohjelmaan. Suunnittelun tueksi suoritettiin myös työmenekkimittauksia eri tyyppisten elementtien valmistusprosesseista kesän ja syksyn 2015 aikana.

Tuotannosuunnittelulla on keskeinen merkitys kustannuslaskennassa ja resurssitarpeiden kartoittamisessa. Yrityksellä ei ollut ennestään käytössä minikäänlaista resurssisuunnittelumenetelmää, eikä myöskään mittausarvoihin perustuvaa tuotannosuunnittelujärjestelmää. Tuotannosuunnittelu on aiemmin tapahtunut kokemuspohjalta ja aikataulun sanelemana.

Toimeksiantaja toivoi työkalua, jolla pystytään ennakoimaan resurssitarvetta mahdollisimman tarkasti ja joka on kevyt käyttää sekä helppo tulostaa luettavaan muotoon myös paperisena. Suunnittelun paikkansapitävyyden tarkistamiseksi työkalun tuli myös sisältää seurantaosio.

Valmista ratkaisua ei edes yritetty löytää, koska tarve on niin yksilöllinen, ettei sopivaa ohjelmaa uskottu olevan valmiina. Uusi ohjelma olisi myös vaatinut opetteluja ja opastusta, joten alustaksi valittiin Microsoftin Excel-taulukkolaskentaohjelmisto. Excel on helppokäyttöinen ja tuttu ohjelma yrityksen henkilöstölle jo ennestään, joten valinta oli yksinkertainen.

Työ aloitettiin kartoituksella, jolla selvitettiin suunnittelutyökalun tarpeellinen sisältö. Tarkoituksena oli karsia pois näkyvistä kaikki ylimääräinen tieto, jotta ohjelmasta tulisi mahdollisimman kevyt käyttää ja helppo lukea.

Tarpeen kartoittamisen jälkeen oli aika miettiä sopivaa ja helppolukuista ulkoasua, josta tehtiinkin useita eri versioita.

1.1 Yrityksestä

Kosken Betonielementti Oy on vuonna 2008 perustettu betonielementtiteollisuuden erikoistunut yritys, jonka valikoimaan kuuluu betonielementtejä monipuolisesti eri tarpeisiin. Yleisimpiä asiakkaita ovat rakennusliikkeet, maatalosyrittäjät sekä yksityisrakentajat. Yritys kuuluu viiden yrityksen konserniin, jonka muita yrityksiä ovat Ojarannan Rakennus Oy, Rautanet Koski Oy ja Rautanet Somero Oy sekä Kosken Puunjalostus Oy. Yrityksen liikevaihto vuonna 2014 oli n. 4,2 miljoonaa euroa. Yritys työllistää noin 40 työntekijää sekä alihankkijoita ja vuokratyöntekijöitä. (Kosken Betonielementti Oy 2016.)



Kuva 1. Kosken Betonielementti Oy.

Yrityksellä on käytössään elementtien valmistamiseen erityisesti rakennetut nykyaikaiset toimitilat kahdessa eri tuotantohallissa. Yrityksellä on 11 elementtipöytä ja oma rouheasema väribetonin valmistukseen. Loppuvuodesta 2015 yritys sai valmiuden myös graafisen betonin valmistukseen.

Tämänhetkisiä pintakäsittelyvaihtoehtoja tuotteille ovat teräshiertopinta, telapinta, tiillilaattapinta, luonnonkivipinta, puhdasvalupinta, pesubetonipinta harjapinta ja graafinen pesupinta.

Yritys kuuluu Inspecta Sertifiointi Oy:n valvonnan piiriin ja omaa CE-merkinnän käyttöoikeuden. Sertifikaatti osoittaa, että tuotteet, johtamisjärjestelmät ja työntekijöiden osaaminen vastaavat kansallisia vaatimuksia. Sertifikaatti on kolmannen osapuolen antava pätevä todiste, joka osoittaa yrityksen ponnistelevan laadun, turvallisuuden, kestävän kehityksen ja toimitusvarmuuden puolesta. (Inspecta Oy 2016)

Yrityksen tärkeimpiin arvoihin kuuluu asiakastyytyväisyys, laatu ja joustavuus. Yrityksen valtteina markkinoilla on nopea reagointikyky suhteellisen pienen kokonsa ansiosta sekä laadukkaat elementit. Laadukkaiden elementtien merkitys työmaalle on merkittävä, ja yritys haluaa tarjota asiakkaalleen aina valmiin tuotteen.

1.2 Työn tavoitteet

Toimeksiantona toteutetun opinnäytetyön tavoitteet olivat selkeät alusta asti. Tiettyjä yksityiskohtia tarkastettiin ja selkeytettiin, mutta voidaan sanoa, että käytännössä tavoitteet säilyivät muuttumattomina koko työn ajan.

Tavoitteena oli luoda selkeä ja helppokäyttöinen menetelmä betonielementtitehtaan tuotannon resurssien suunnitteluun ja seurantaan. Menetelmän tuli olla ennen kaikkea kevyt käyttää ja helppo lukea. Vaatimuksena oli myös yksityiskohtaisuus ja oikea tarkkuus, jotta seuranta olisi mahdollista. Päivä- ja viikkotasoinen seuranta olisi liian työlästä, joten piti löytää luonnollinen tapa rajata. Keskeisenä vaatimuksena työn onnistumiselle ja oikeellisuudelle voidaan pitää myös tutustumista muuttujiin. Jotta ohjelma saataisiin oikeasti toimimaan, tulee tuntea yrityksen työntekijäresurssit ja elementtien valmistukseen kuluvat työaikamenekit. Päälinjauksina voidaan siis pitää tuotannon ja resurssienhallinnan kehittämistä ja niihin sopivan järjestelmän luomista.

Koulutuksen kannalta asetettuja tavoitteita olivat tuotannonsuunnittelun parempi ymmärtäminen ja suunnittelun kehittämisen valmiuksien omaksuminen. Jotta saavutettaisiin nämä tavoitteet, oli paneuduttava tuotannonsuunnitteluun yleisellä tasolla. Tärkeimpänä koulutukseen kohdistuvana tavoitteena voidaan pitää tuotannonsuunnittelun sisällön ymmärtämistä ja soveltamista käytäntöön. Tavoitteiden täyttymisen kannalta yhtenä tärkeimpänä tekijänä on laadukkaan lähteaineiston löytyminen ja avarakatseinen suhtautuminen myös muihin kuin toimeksiantajan toimintamalliin.

1.3 Työn rakenne

Raportti on pyritty koostamaan johdonmukaisesti, siten että ymmärrys tehtyä työtä kohtaan kasvaa jatkuvasti ja kaikki luvut ovat kronologisessa järjestyksessä, jolloin yksityiskohdat ovat selitetty ennen viittauksia. Ennen kohdekohtaista analysointia ja tulosten lähempää tarkastelua tulee ymmärtää myös pääkohdat tuotannonsuunnittelusta elementtitehtaassa, ja elementtien tuotantotekniikkaa yksinkertaistettuna, jotta työn seuraaminen olisi mahdollista. Raportti rakentuu vahvasti omien havaintojen, mittausten ja laskelmien, eikä niinkään lähdekirjallisuuden tai kaavojen varaan, sillä sovellettavaksi kelpaavia lähteitä ei juurikaan suomen kielellä ollut saatavissa. Myöskään juuri toimeksiantajan tiloihin, tilanteeseen ja toimintatapoihin spesifioitua materiaalia ei löytynyt englanniksikaan.

1.4 Käytetyt menetelmät ja lähteet

Tärkeimmäksi työvälineeksi valikoitui Microsoftin Excel- taulukkolaskentaohjelmisto. Excelin pohjalle itse työ luotiin, ja Exceliä käytettiin myös läpi tutkimusvaiheen. Mitattavat suureet työssä olivat aika, etäisyys pinta-alan muodossa, sekä kappalemäärät. Kovin erityistä kalustoa ei siis työmenekien kellottamisessa tarvittu kun määrätkin saatiin esiin suoraan piirustuksista. Työntekoon tarvittavat menetelmät olivat mittaamista, seurantaa, tulosten kirjaamista, ajanottoa ja Excel kaavojen erilaista soveltamista.

Mittaukset työmenekkien selvittämiseksi on suoritettu erityistä huolellisuutta ja rutiinia noudattaen, jotta tulokset olisivat riittävän luotettavia, ja vertailukelpoisia keskenään.

1.5 Työaikamenekkien seuranta

Resurssien käyttöä suunniteltaessa on tunnettava resurssien kapasiteetti ja työaikamenekit jonka pohjalta voidaan laskea resurssitarpeet. Työaikamenekki- en kartoittamiseksi tehtiin päivittäistä seuranta eri elementtityyppien valmistuksesta. Seuranta tehtiin elementtien pinta-alan, työntekijämäärien ja työvaiheiden osalta. Tutkittiin valmistamisen ajallista kestoa muotin valmistuksesta, raudoituksesta ja varustelusta, sekä mahdollisesta eristämisestä ja sisäkuoren muottityöstä. Ajat kirjattiin elementtityypeittäin Excel-taulukkoon ja niistä laskettiin T3 keskiarvo jokaiselle elementtityypille bruttoneliöistä.

1.6 Elementtirakentaminen suomessa

Elementtirakentaminen Suomessa on alkanut sotien jälkeen 1940- ja 50-lukujen taitteessa. Sodan tuhoja piti saada paikattua mahdollisimman kustannustehokkaasti, koska talous oli heikossa tilanteessa. Betonielementtirakentaminen oli kustannuksiltaan ja nopeudeltaan hyvin tarpeeseen sopiva vaihtoehto. Betoni maalattavana pintana sopi hyvin myös aikakauden arkkitehtuuristen ihanteiden toteuttamisen perustaksi, kun haluttiin suosia sileää ja hygieenistä ulkoasua. Merkittävimmät muutokset Suomen elementtirakentamisessa sodan jälkeen tapahtuivat 1960—70-luvuilla, kun maaltamuutto pakotti rakentamaan nopeasti ja edullisesti laadukkaita asuntoja. Tällöin otettiin käyttöön pöytämuottitekniikat, joihin haettiin mallia Ranskasta, Tanskasta ja Ruotsista. Tuolloiset pöytämuotti-

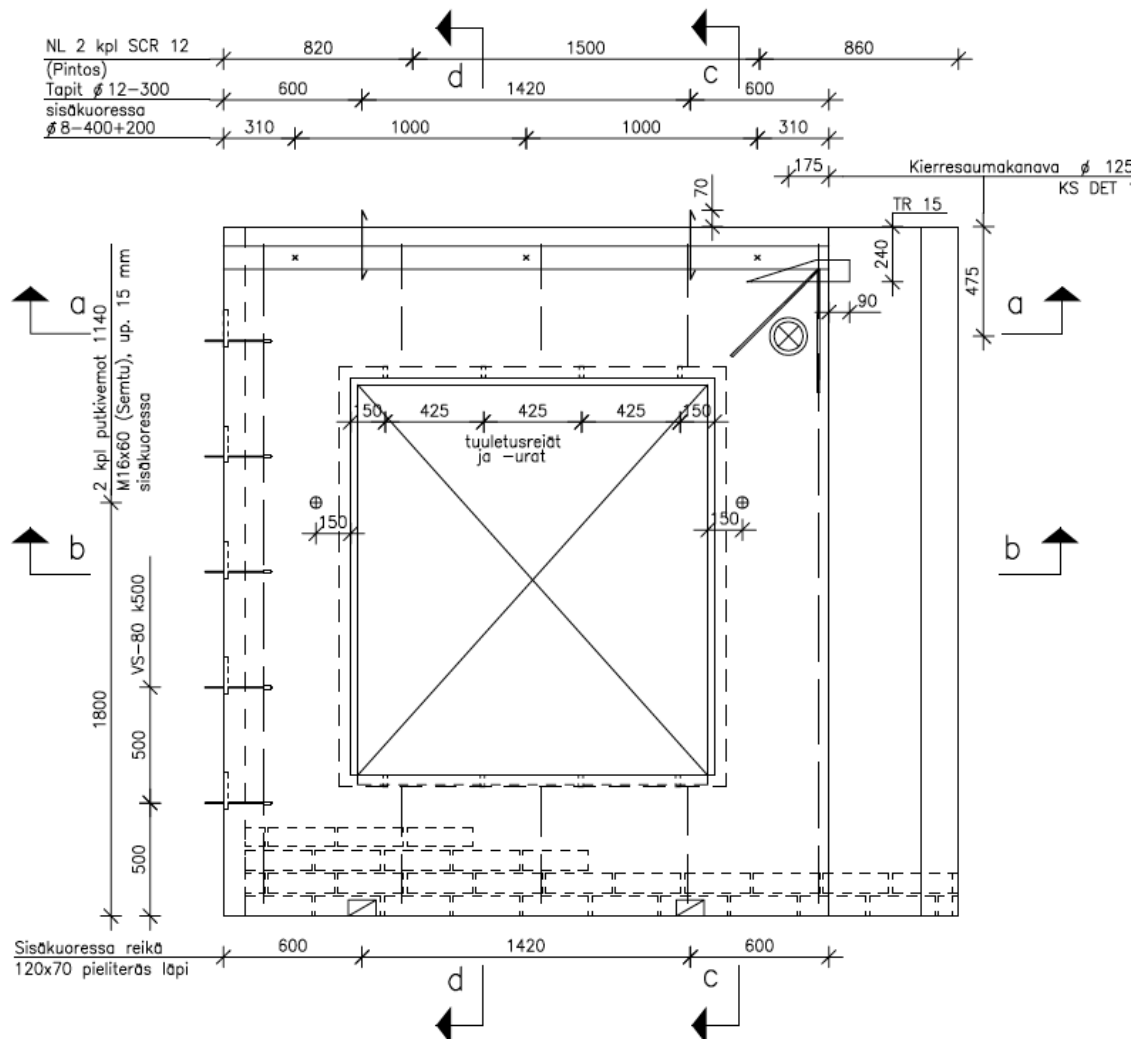
tekniikat ovat edelleen elementtitehtaiden käytössä. (Rakennustuoteteollisuus 2016.)

Nykyisinkin käytössä oleva BES-järjestelmä otettiin käyttöön 1970-luvulla. BES-järjestelmän keskeinen periaate on rakentaa kantavien pääty- ja väliseinien vaaraan sekä verhoilla rakennus ei-kantavilla sandwich- ja kuorielementeillä. BES-järjestelmän elementtityypit ja liitosdetaljit on standardisoitu siten, että yhteensopivia valmisosia voidaan käyttää ristiin eri toimittajilta. (Rakennustuoteteollisuus 2016.)

80-luvulla BES-järjestelmä laajentui toimitila- ja teollisuusrakentamiseen, ja laadittiin toimitila- ja teollisuusrakentamiseen soveltuva runko-BES-aineisto. Runko-BES kattaa pilari- ja palkkirunkojen mittajärjestelmän, rakenneosien mitta- ja tyyppisuositukset sekä liitosdetaljit. (Rakennustuoteteollisuus 2016.)

1.7 Tuotantotekniikka

Elementit rakennetaan tehtaalla pystyyn nostettavien teräspöytien päälle elementtisuunnitelmien mukaisesti (kuva 2). Pöytämuottitekniikka takaa elementtien mittatarkkuuden ja tasalaatuisuuden. Pöytämuottien käyttö mahdollistaa myös monipuoliset ulkoasut ja erilaisten pinnoitusmateriaalien käytön. Kun elementti kasataan pöytää vasten, saadaan elementin kummastakin pinnasta myös erittäin suora ja pintakäsittelyä vailla valmis kappale. Myös suojabetonietäisyyksiä ja raudoitteita on helppo kontrolloida tehtäessä elementti vaakatasossa.



Kuva 2. Elementtisuunnitelma.

Muotti kasataan elementtipöydälle yleensä vahvojen magneettien varaan, jotka painavat vaneriset muottisoivot teräspöytää vasten. Puhdistetut muottiosat ja teräspöytä vahataan, jotta valmis kappale saadaan nostettua ehjänä irti. Valmiista muotista tarkastetaan mitat ja ristimita laadunvarmistustoimenpiteinä. Raudoitukset asennetaan raudoitusvälikkeiden avulla oikean suojaetäisyyden päähän muotin reunoista. Kun elementit on raudoitettu ja varusteltu, ne valetaan valuujuassikalla ja betoni tiivistetään pöytätyrää käyttäen. Betonin annetaan kovettua yön yli ja aamulla elementit siirretään varastoon.

2 TUOTANNONSUUNNITTELU

2.1 Tuotannonsuunnittelu yleisesti

Tuotannonsuunnittelu on toimi joka on tuotantolaitoksessa käynnissä jatkuvasti. Se aloitetaan viimeistään välittömästi tilauksen jälkeen, mutta mielellään jo urakkaneuvotteluvaiheessa. Tuotantosunnitelmia ja aikatauluja tarkistetaan ja korjataan koko prosessin ajan tilauksesta viimeiseen toimitukseen.

Tuotannonsuunnittelun tavoitteena on pystyä ennakoimaan tuotantoprosessin kulkua ja ehkäistä tuotannon keskeytykset. Keskeistä on myös tuotannon tehostaminen ja riittävien resurssien varaaminen. Laadukkaalla tuotannonsuunnittelulla voidaan varmistaa resurssien riittävyys ja aikataulussa pysyminen. Tuotannonsuunnittelulla tavoitellaan myös taloudellista ja laadullista menestystä.

Yksinkertaistettuna tuotannonsuunnittelun tavoitteena on selvittää tuotannon toimet ja tarpeet riittävän yksityiskohtaisesti ja riittävän ajoissa ennen itse tuotantotapahtumaa.

On tärkeää tuntea ja ymmärtää tuotantoprosessi sekä sen muuttujat mahdollisimman hyvin, jotta pystytään ennakoimaan muutosten vaikutuksia sekä arvioimaan ja laskemaan kustannuksia. Tarkastellaan betonielementtitehtaan tuotannonsuunnittelua yleisellä tasolla tutkien mahdollisia muuttujia ja niiden prioriteetteja.

Elementtien valmistusperiaatteista on kirjoitettu yksityiskohtaisemmin luvussa 1.7 Tuotantotekniikka. Kuten monissa tuotantoprosesseissa kustannuksiin ja aikatauluun vaikuttavat tärkeimmät tekijät ovat: laatuvaatimukset, henkilöstöresurssit sekä materiaali. Kun tunnetaan muuttujat, on helpompi lähteä selvittämään niiden vaikutuksia tuotantoon ja suunnittelemaan tuotantoa ja sen tarpeita. Tuotannonsuunnittelutyökalu tehtiin lähinnä henkilöstöresurssien käytön ja aikataulun suunnittelua varten, mutta myös ohjaamaan materiaalihankintoja, kuljetuksia ja kustannuslaskentaa.

Tärkeimpänä vaikuttavana tekijänä voidaan pitää lopullisen tuotteen laatuvaatimuksia, jotka elementtituotannossa tarkoittaa lähinnä pintakäsittelyä ja kappaleen monimuotoisuutta. Kappaleen muoto ja pintamateriaali määrittävät hyvin pitkälti tarvittavat henkilöstöresurssit. Epäolennaisempaa on elementin koko tai käyttötarkoitus. Elementin koon, elementtityypin ja pintamateriaalin perusteella voidaan tth-kirjastoa apuna käyttäen laskea tarvittavat henkilöstöresurssit. Elementtituotantoa suunniteltaessa on tiedossa aikataulu, elementtityyppi ja neliömäärä. Suunnittelu on aikataululähtöistä ja pyrkii henkilöstöresurssien mahdollisimman tehokkaaseen käyttöön. Kun suunnitteluvaiheessa ollaan tietoisia tilaja henkilöstöresurssitarpeista, voidaan myydä tuotteita aikatauluvarmemmin ja minimoida välivaraston kuormitus.

2.2 Tuotannon optimointi

Tuotannonsuunnittelu perustuu tänä päivänä monissa yrityksissä niin sanottuun lean-malliin. Malli on Toyotan kehittämä, ja sen avulla pyritään minimoida tuotamatonta työtä ja poistaa tuottamattomia toimintoja. Myös elementtitehtaalla uskotaan tämän tyyppiseen ajatteluun, ja yritys on pyrkinyt kutistamaan odotus- ja varastointiaikoja.

Opinnäytetyössä keskityttiin kuitenkin ensisijaisesti tunnistamaan menekit ja mitattavat suureet, joiden pohjalta tuotantoa voidaan kehittää, eikä itse tuotannon kehittämiseen. Tuotannon optimoinnista voidaan puhua tässä yhteydessä tuotannonsuunnitteluun rinnastettavana toimena, sikäli kun koko tuotantoa ei olla suunnittelemassa alusta alkaen. Jotta voidaan kehittää ja optimoida, on tunnistettava mitattavat suureet vertailukelpoisten ennen ja jälkeen-tulosten saavuttamiseksi.

Tuotannon optimoinnin lähtökohta on löytää matemaattiset tekijät ja luoda matemaattinen malli. Matemaattisen mallin luomiseksi on tunnettava yrityksen tuotantoprosessi läpikotaisin ja perehdyttävä siihen myös detaljitasolla, jotta voidaan luoda yleispätevä malli, jota matemaattisesti lähdetään kehittämään eli

optimoimaan. Jatkuvan kehittämisen uudelleen optimoinnin edellytyksenä on vahva matemaattinen malli. Tärkeää on myös informaation määrä, nopeus ja käsiteltävyys. Valtava määrä informaatiota ei yksinään riitä, vaan tarvitaan henkilöstöä, jolla on kyky analysoida informaatiota ja valita sieltä keskeiset tiedot. On turhaa lähteä rakentamaan yksityiskohtaista ja hajanaista mallia, joka ei pahimmassa tapauksessa ota kantaa kuin yhden tuotantoerän valmistukseen tai jopa ainoastaan kappalekohtaiseen tuotantoon. (Tokola 2015, 18–25.)

Optimoinnissa on kyse tunnetun mallin kehittämisestä sen tuottavimpaan tilaan. Tunnettaessa tuotantoaika ja kappalemäärät asetetaan tavoitefunktio, joka voi olla määrän ja ajan suhde, tai esimerkiksi resurssitehokkuus. Opinnäytetyössäni tavoitefunktio on useamman tekijän summa, jossa verrataan resursseja, määriä ja aikaa. Työssä pyrittiin tunnistamaan nykytila, ja löytämään kehittämiskohdat, vaikka itse toimintaa ei muutettukaan. (Tokola 2015, 18-25.)

Mallia voidaan lähteä kehittämään useilla eri tavoilla yksilöllisen tarpeen mukaan, tällä kertaa siihen ryhdyttiin puhtaasti matemaattisin keinoin, mutta myös toimintatapojen muuttaminen on mahdollista. Toimintatapojen muuttaminen saattaa myös tehtaalla olla edessä, ja sitäkin vaihtoehtoa käsiteltiin ajatuksen tasolla, mutta päätettiin siirtää tuonnemmaksi. Matemaattinen kehittäminen on yksinkertaisimmillaan vaadittujen resurssien vertaamista käytettyihin resursseihin. Keino antaa jo itsessään hyvin arvokasta tietoa, mikäli voidaan olla varmoja, että resurssitarpeet ovat oikein laskettuja. Matemaattisen kehittämisen seurauksena voidaan tarvittaessa pienentää resursseja tietyiltä osin ja tutkia saadanko riittävä tulos, ja varmistua laskennan paikkansapitävyydestä. Ihmisten kanssa on kuitenkin aina huomioitava arvojen ja laskelmien epätarkkuus, joka on kunkin työntekijän kohdalla yksilöllistä, kuten myös ihmisen tekemät virheet. (Tokola 2015, 18-25.)

3 TYÖN TOTEUTUS

3.1 Tilanne yrityksessä

Yrityksessä ei ennen tilattua tuotannosuunnittelutyökalua ollut juurikaan keino- ja tuotannosuunnitteluun. Tuotantoa ohjattiin aikataulun perusteella ja kuormitettiin tilaresurssien mukaan tuntematta todellisia tarpeita. Menetelmä oli epävarma, koska tuotteita myytiin tuntematta tuotannon todellisia resursseja sekä tavoitteista saatettiin jäädä aiheuttaen aikatauluviivästyksiä ja niistä syntyviä kerrannaisvaikutuksia. Aikataulua seurattiin myös hyvin vahvasti taloudellisesta näkökulmasta, mikä ei päivittäisessä tarkastelussa välttämättä kerro koko totuutta edes yksittäisen projektin osalta. Vaikka varasto kasvaa, saattaa työmaa silti kärsiä, jos tuotetaan vääriä tuotteita. Vaikka näin ei yrityksessä ollutkaan, on taloudellisen seurannan vaarana lipsua tavoittelemaan tulosta asiakkaan edun kustannuksella.

Elementtituotanto on toisinaan hyvinkin kausiluontoista, ja hiljaisempiin kausiin varautuminen on aina mutkikasta. Rakennustuoteteollisuus ja koko rakennusala elää melko epävakaata aikaa, joten resurssien suunnittelu ja tarpeen tiedostaminen on kustannusnäkökulmasta hyvinkin merkittävässä roolissa. Ylimääräiset palkkakustannukset saattavat olla merkittävä kuluerä, joka on karsittava niin kausivaihteluiden kuin yleisen laskusuhdanteenkin takia.

3.2 Tutkimustyö ja tarpeen kartoitus

Tarve tuotannosuunnittelutyökalulle tuli esiin yrityksen toimitusjohtajan toimesta. Yrityksessä havaittiin resurssipulaa sekä päällekkäisyyksiä resurssi- ja tilavarauksissa.

Toimeksianto oli suunnitella ohjelma, josta kävisi ilmi tuotannon tarpeet niin tilan, henkilöstön kuin materiaalienkin osalta. Ohjelman tulisi olla mahdollisim-

man tarkka, mutta myös riittävän kevyt käyttää. Yhtenä kriteerinä oli myös, että ohjelmasta saa helppolukuisen paperitulosteen.

Suunnittelu aloitettiin kartoittamalla tämänhetkinen tilanne. Havaittiin, että tuotannon resurssiensuunnittelua ei yrityksellä juurikaan ollut. Tuotannonsuunnittelu pohjautui aikatauluihin ja käytettävissä oleviin elementtipöytiin, eli käytettävissä olevaan tilaan. Ohjelmaa ideoitiin yhdessä työnjohdon ja toimitusjohtajan kanssa, ja esiin nostettiin asioita, jotka tulisi ohjelmasta ilmetä. Ideoita tuli paljon, ja työn haastavimpia vaiheita olikin ulkoasun ja sisällön vakauttaminen. Varsinaista tarvekartoitusta lähdettiin tekemään sen pohjalta, mitä tietoa työnjohto tarvitsee tuotannonsuunnitteluun ja mitä ei muualta ole saatavissa. Tällaisiksi asioiksi havaittiin resurssitarve, tilantarve ja projektin kesto tuotannossa. Aluksi piti hahmottaa, kuinka saadaan selvitettyä resurssitarpeet. Voidaanko luottaa vanhoihin olettamuksiin vai mahdollisesti pyrkiä tuloksiin Ratu-kortiston kautta. Tehtaan havaittiin olevan niin yksilöllinen ympäristö, että päätettiin luoda oma tth-kirjasto täysin puhtaalta pöydältä ja juuri ohjelmaa varten sopivaksi. Seuraavaksi alettiin miettiä tilantarvetta ja sen kartoittamista. Ohjelma päätettiin jakaa sidottavaksi kohteen rakennusvaiheisiin, kuten lohkoihin tai kerroksiin, ei tuotantotiloihin, kuten aiemmissa tuotannonkuormituslaskelmissa. Ohjelmasta päätettiin myös tehdä projektikohtainen, eli jokaiselle työmaalle tulee oma taulukonsa. Pällekkäisyyksiä tullaan seuraamaan tuotannon kuormitusjanaaikataulun avulla.

Kartoituksessa alkoi myös hahmottua ohjelman paikka tuotannonsuunnittelun työjärjestyksessä. Ohjelma tulisi ottaa käyttöön mahdollisimman pian kuvien saavuttua, minkä jälkeen tiedoilla voidaan täyttää koko tuotantotilan kuormituksen jana-aikataulu luotettavasti. Hiljalleen alkoi kokonaisuus hahmottua siinä määrin, että ensimmäinen koeversio saatiin luoduksi.

3.3 Työaikamenekki

Työaikamenekillä tarkoitetaan arvoa, joka yhdeltä työntekijältä kuluu tietyn suorituksen tekemiseen. Raportissa käsiteltävä työaikamenekki kertoo yhden työnte-

kijän käyttämän ajan yhden neliömetrin valmistamiseen laskettuna valmiista elementistä työvaiheen mukaan. Esimerkiksi elementissä, jossa on ulkokuori 12 m^2 ja sisäkuori 10 m^2 , työntekijä tekee muottityötä ulkokuorelle 12 m^2 ja sisäkuorelle 10 m^2 . Kun lasketaan, kuinka kauan työntekijällä kuluu aikaa tietyn työvaiheen tekemiseen ja jaetaan neliömäärä kuluneella ajalla, saadaan arvo, joka kertoo yhden neliön valmistamiseen kuluvan ajan. Tästä arvosta pystytään laskemaan kunkin elementin valmistuksen kesto.

Työssä käytetyt menekit on rajattu neljään vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe on ulkokuoren muottityö, joka alkaa laitojen ja pedin putsauksesta sekä päättyy siihen, kun muotin viimeinen osa on paikallaan. Seuraava vaihe on raudoitus, joka alkaa muotin vahauksesta, sisältää raudoituksen ja elementin varustelun valuuvalmiiksi, mikäli elementissä on vain yksi kuori. Kolmas vaihe, sisäkuoren muottityö, pitää sisällään myös eristämisen sisäkuoren muottityön lisäksi. Neljäs vaihe, sisäkuoren raudoitus, sisältää samat työt kuin ulkokuoren raudoituksin. Valutöitä ja pinnantekoa ei laskettu mukaan työaikamenekkeihin, koska valutyö sisältää liikaa muuttujia ja sitä varten on eri henkilöstöresurssit, kuten myös pintoihin ja viimeistelyynkin. Laskennassa käytettiin bruttoneliöitä, koska aukkojen koko ei vaikuta työn määrään merkittävästi vaan niiden määrä. Aukot ja varusteet päätettiin kuitenkin jättää huomiotta, koska niiden elementtikohtainen laskeminen tekisi tuotannonsuunnittelusta todella työlästä, eikä vastaavaa hyötyä saavutettaisi kun käsitellään kuitenkin lohko-kohtaisia keskiarvoja. Pitkän mittausjakson ansiosta käytetty keskiarvo on luotettava ja hyvinkin tarkka. Mikäli kuitenkin tulee erikoistapauksia, voidaan laskea työaikamenekki kertoimien kanssa.

Yrityksellä oli olemassa jonkinlainen kirjasto työaikamenekeistä elementtityypeittäin, mutta päätettiin suorittaa uusia mittauksia yleisimmistä elementtityypeistä pitkällä aikavälillä, eri tuotantohenkilöiden tekeminä. Pitkä mittausjakso ja eri tuotantotyöntekijöiden käyttäminen mahdollisivat luotettavan lukukeskiarvon eri tyyppisille elementeille, sulkien pois harjaantuneisuuden vaikutuksen tuotantohenkilöiden vaihtuessa. Työmenekkimittauksia tehtiin 1.7.2015–3.11.2015. Elokuun loppuun asti mittauksia suoritettiin päivittäin, ja siitä eteenpäin 2–3 päivänä viikossa, joten voidaan sanoa mittaustuloksista saadun keskiarvon olevan kattava. Yhteensä eri elementtien työmenekkejä mitattiin 85 elementistä, kuudesta eri elementtityypistä.

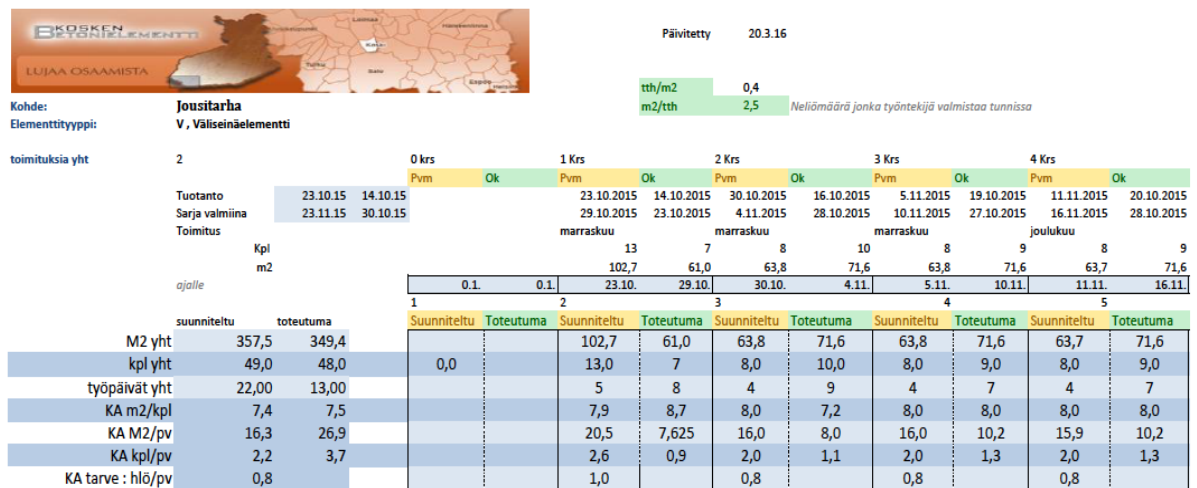
Henkilöstöressurssien suunnittelulle saatiin pohja tunnistamalla ja selvittämällä työaikamenekit. Suunnittelua alettiin toteuttamaan tarvepohjaisesti entisen aikataulumallin sijaan.

3.4 Toteutus

Ohjelman Excel-pohjainen toteutus aloitettiin ulkoasun hahmottelusta, silmällä pitäen lopullista tulostetta, ja helppokäyttöisyyttä. Haluttiin ohjelma joka laskee mahdollisimman paljon käyttäjän puolesta, eikä käyttäjän tarvitse kuin täyttää taulukkoa. Tässä onnistuttiin erilaisten kaavakokeilujen jälkeen erittäin hyvin, sillä ainoat laskelmat joita käyttäjän tarvitsee tehdä, on kokonaisneliömäärien ja kappalemäärien laskenta.

Ensimmäinen koeversio oli kokonaisuudessaan kömpelö sillä se sisälsi ylimääräisiä apulaskentasoluja ja ylimääräistä tietoa. Apulaskentasoluista päästiin eroon siirtämällä kaavat lopullisiin tulossoluihin. Käytännössä tämä tarkoitti myös ulkoasun miettimistä uudelleen, ja tässä vaiheessa päädyttiinkin muotoon, joka antaa vaakasuuntaisen paperitulosteen sallien enemmän mahdollisia lohkoja yhdelle kohteelle. Pystymallisessa tulosteessa sarakkeet rajautuivat kol-

meen, mutta nyt määrää pystyttiin kasvattamaan kahdeksaan. Kolme lohkoa olisi ollut aivan liian vähän useimmissa kohteissa, ja useamman sivun tulosteet taas syövät käytännöllisyyttä. Apulaskentasolujen poistaminen myös jätti tulosteeseen mukavan lisätilan erityishuomioille ja kommenteille sekä hieman kasvuvaraa myös itse ohjelmalle.



Kohde: Jousitarha
Elementtityyppi: V, Väliseinäelementti

toimituksia yht 2

0 krs 1 Krs 2 Krs 3 Krs 4 Krs

Pvm **Ok** **Pvm** **Ok** **Pvm** **Ok** **Pvm** **Ok** **Pvm** **Ok**

Tuotanto 23.10.15 14.10.15 23.10.2015 14.10.2015 30.10.2015 16.10.2015 5.11.2015 19.10.2015 11.11.2015 20.10.2015

Sarja valmiina 23.11.15 30.10.15 29.10.2015 23.10.2015 4.11.2015 28.10.2015 10.11.2015 27.10.2015 16.11.2015 28.10.2015

Toimitus marraskuu marraskuu marraskuu joulukuu

Kpl 13 7 8 10 8 9

m2 102,7 61,0 63,8 71,6 63,8 71,6 63,7 71,6

ajalle 0.1. 0.1. 23.10. 29.10. 30.10. 4.11. 5.11. 10.11. 11.11. 16.11.

	1		2		3		4		5	
	Suunniteltu	Toteutuma	Suunniteltu	Toteutuma	Suunniteltu	Toteutuma	Suunniteltu	Toteutuma	Suunniteltu	Toteutuma
M2 yht	357,5	349,4								
kpl yht	49,0	48,0	0,0		13,0	7	8,0	10,0	8,0	9,0
työpäivät yht	22,00	13,00			5	8	4	9	4	7
KA m2/kpl	7,4	7,5			7,9	8,7	8,0	7,2	8,0	8,0
KA M2/pv	16,3	26,9			20,5	7,625	16,0	8,0	16,0	10,2
KA kpl/pv	2,2	3,7			2,6	0,9	2,0	1,1	2,0	1,3
KA tarve : hlö/pv	0,8				1,0		0,8		0,8	

Kuva 3. Resurssien suunnittelu taulukko.

Kaavat, joita taulukossa on käytössä, ovat pääsääntöisesti hakukaavoja ja peruslausekkeita. Suurimman haasteen taulukkoa luodessa toi tulostettavan ilmeen säilyttäminen. Tulosteesta piti jäädä pois kaikki ylimääräinen tieto. Mikäli jokin kaava ei ole mahdollinen, solun oli jätävä tyhjäksi. Useimmissa soluissa päädyttiinkin käyttämään "JOS"-kaavoja jotka osaltaan hankaloittivat taulukon rakennetta.

3.5 Tuotannosuunnittelutyökalu

Tässä luvussa käsitellään yksityiskohtaisesti kuvan 3 taulukon toimintaa. Taulukkoon syötetään tilattujen elementtien määrät ja kokonaisbruttoneliöt lohkoittain. Ohjelma tulostaa helppolukuisen tulosteen, joka on jaettu lohkoihin sarakkeittain (kuva 3).

Kukin lohko sisältää kaksi saraketta, joista vasemmanpuolimmainen on laskentasarake ja oikeanpuoleinen toteutumasarake. Vaakariveille syötetään tuotannon aloituspäivämäärä, tuotannon valmistumispäivämäärä, kappalemäärä ja lohkon bruttoneliömäärä elementtityypeittäin. Yläreunassa on kenttä, johon annetaan laskennallinen tth/m²-arvo. Täytettävien rivien alla on tulosterivit, joihin tulostuu koko projektin bruttoneliömäärä, yhteiskappalemäärä, työpäivät, neliökeskiarvo elementtiä kohden, päivittäinen tuotannon neliökeskiarvo, päivittäinen tuotannon kappalemääräkeskiarvo ja keskimääräinen henkilöstöressurssitarve päivittäin. Seuraaviin pystysarakkeisiin tulostuu syötettyjen arvojen alle lohkoittain ohjelman laskemat arvot työpäivistä, päivittäiset neliömäärät, päivittäiset kappalemäärät, päivittäiset elementtikohtaiset neliökeskiarvot sekä päivittäinen henkilöstöressurssitarve. Ohjelma ei siis laske päivittäisiä tarpeita elementtikohteisesti, vaan lohkoerusteisen keskiarvon elementtityypeittäin.

Ensimmäinen tulosterivi, joka kertoo lohkolle varatut todelliset työpäivät, on eräänlainen apurivi, mutta se myös auttaa hahmottamaan tuotantonopeutta. Kun huomataan esimerkiksi, että suhteellisen pitkälle ajanjaksolle ei kohdistukaan kuin muutamia työpäiviä lomien takia, pystytään tuotannonsuunnitteluun reagoimaan jo varhaisessa vaiheessa. Seuraavalta riviltä ilmenee elementtien neliökeskiarvo, joka kertoo suoraan tilan tarpeen. Jos neliökeskiarvo on verrattain suuri mutta henkilöstöressurssien tarve pieni, voidaan huomata, että pula tulee olemaan tilasta eikä henkilöstöstä. Tässä vaiheessa täytyy tehdä tuotantoon tarvittavia muutoksia ja miettiä, aletaanko tuotantoa kuormittaa eri tavalla ja jakaa tietyn tyyppisten elementtien valmistusta eri elementtipöydille. Seuraava rivi tulostaa päivittäisen neliökeskiarvon, joka on tärkeää tietoa materiaalien kannalta. Kun tiedetään päivittäiset neliöt, osataan ennakoida väliavarastointia ja siirtoja varaston ja työpisteiden välillä. Näin pystytään esimerkiksi sandwich-tyyppisissä elementeissä suoraan katsomaan, paljonko on päivittäinen eristetarve ja ansatarve, sekä ilmoittamaan suoraan varastonhoitajalle, paljonko mitäkin materiaalia tarvitaan työpisteillä päivittäin. Seuraava rivi kertoo päivittäisen kappalemäärän, joka on suoraan seurantatyökalu. Mikäli päivittäisessä kappalemäärässä pysytään, pysyy aikataulukin tavoitteessaan. Viimeinen rivi on resurssitarve, josta nähdään, paljonko on henkilöstöä varattava mitäkin elementti-

tyyppiä varten päivittäin. Tästä pystytään helposti laskemaan tuotannon kokonaisresurssitarve ja sitä kautta myös melko tarkasti ennakoimaan palkkakuluja sekä ehkäisemään ylimääräisen vuokratyövoiman palkkaamista.

Jokaiselle elementtityypille on oma välilehtensä yhteisen kansilehden alla, mikä toimii myös päivittyvänä yhteenvetona, kun mitä tahansa taulukkoa päivitetään tuotantotilanteen osalta. Ohjelmassa on myös lohkoittainen toteutuman seuranta.

Seurannan tarkoituksena on nimenomaan päivittää ajantasaista tietoa tuotannon tilanteesta ohjelman kansilehdelle, josta ilmenee, paljonko on kutakin elementtityyppiä tehty ja kuinka paljon on tekemättä. Seuranta myös auttaa tarkistamaan mitattuja ja laskennassa käytettyjä tth-arvoja sekä tarkistamaan kustannuslaskentaa. Seurannasta nähdään valmistusnopeus elementtityypeittäin ja pystytään vertaamaan tuloksia kustannuslaskentaan sekä piirtämään rinnakkaiset kuvaajat selkeyttämään tilannetta lyhyelläkin aikajänteellä. Myös tth-arvojen tarkistaminen on tärkeää niin kustannus- kuin toimitusnäkökulmastakin. Oikeat tth-arvot helpottavat laskentaa, ja onnistunut laskenta ehkäisee tilausten viivästyksiä ja kustannushaittoja sekä ohjaa hyvään resurssienhallintaan. Aluksi oli tarkoitus sisällyttää ohjelmaan myös melko yksityiskohtaista tietoa muottitilanteesta ja materiaaltarpeista. Nämä lisärivit päätettiin kuitenkin jättää prioriteetiltään pieniksi, sillä muottitilanne on niin hektinen ja elää koko ajan, ettei sen viikoittainen seuranta saati suunnittelu ole järkevää. Muottitarpeille jätettiin taulukon loppuun vain muutama ylimääräinen rivi, johon kirjataan koska muotit on tilattu timpurilta. Näin pystytään kuitenkin selvittämään tarvittaessa pienellä vaivalla, onko timpuri saanut tiedon alkavasta projektista.

Itse taulukon alla on myös muottitarpeiden lisäksi kolme muuta lisärivää. Yksi rivi on varattu erikoismateriaaleille, kuten eristeille. Ensimmäiseen sarakkeeseen kirjataan materiaalin nimi, seuraavaan materiaalin määrä elementtityyppikohtaisesti hävikkeineen, seuraavaan tilauspäivä, ja viimeiseen sarakkeeseen koska materiaali on saapunut.

Yksi rivi on varattu erikoisvaatimuksille otsikolla ” Vaatimustaso, muut”. Siihen kirjataan erityistoimia, joita tietty elementtityyppi vaatii. Tällaisia voivat olla: graafinen betoni, pesubetoni tai vaikka vaativa raudoitus. Tämä helpottaa heti ymmärtämään, miksi elementtityyppi on suunniteltu tietylle pöydälle tai miksi siihen on saatettu varata normaalia enemmän valmistusaikaa. Viimeinen rivi on pöytien kuormitukselle. Ensimmäisessä sarakkeessa on pöytännumero, toisessa aloituspäivämäärä, kolmannessa lopetuspäivämäärä ja viimeisessä työpäivät yhteensä. Näitä rivejä on mahdollista täyttää useampia päällekkäin, mikäli samaa elementtityyppiä tehdään useammalla pöydällä, niin kuin usein on tapana.

4 KOEKÄYTTÖ JA KEHITYS

4.1 Koekäyttö As.Oy Paimion Jousitarhan elementtitilauksessa

Ohjelman ensimmäinen suurempi koekäyttö tehtiin Asunto-osakeyhtiö Paimion Jousitarhan elementeistä. As.Oy Paimion Jousitarha on 5-kerroksinen asuintalo Paimiossa. Jousitarha on pääosin elementtirakenteinen talo, jonka julkisivuun tehtiin 88 tiilipintaista sandwich-elementtiä ja 12 kuorielementtiä. Myös väliseinät olivat pääsääntöisesti elementtirakenteisia. Kosken Betonielementti Oy toimitti Jousitarhan kaikki elementit lukuun ottamatta ontelolaattoja. Jousitarhan tuotanto elementtitehtaalla aloitettiin 25.9.2015, ja se valmistui 24.2.2016. Tuotanto aloitettiin sokkelielementeistä, minkä jälkeen valmistettiin väliseinät ja julkisivut. Julkisivujen kanssa samaan aikaan tuotannossa oli myös parvekelaatat ja väribetoniset parvekepielet.

Jousitarha on hyvin tavanomainen asuntorakentamisen kohde, ja se soveltui erinomaisesti myös ohjelman koekäyttökohteeksi. Jousitarhan elementtisuunnitelmat saapuivat hyvissä ajoin, ja aikataulu oli löyhä, joten saatua tietoa voidaan pitää oikeellisenä ja paikkaansa pitävänä, kun ei jouduttu työskentelemään aikataulupaineiden alaisena.

Jousitarha oli hyvä koekäyttökohde siinäkin mielessä, että elementit olivat säännöllisen muotoisia ja sarjat olivat isoja, joten pystyttiin tarkastelemaan tuotantoa pitkällä aikavälillä sekä hyvin laajasti. Isot sarjat mahdollistivat myös työntekijöiden harjaantumisen vaikutuksen seuraamisen verrattaessa tuotantonopeuteen ja tarkkailemaan erilaisten tuotantotapojen vaikutusta laatuun ja työaikameneektiin.

Kaiken kaikkiaan Kosken Betonielementti Oy toimitti As. Oy Paimion Jousitarhaan 253 kappaletta erilaisia elementtejä, joista sokkelielementtejä oli 22 kappaletta, muottipintaisia ruutuelementtejä 12 kappaletta, tiililaattapintaisia sandwich-elementtejä 88 kappaletta, parvekkeen pielitelementtejä 42 kappaletta,

parvekelaattoja 28 kappaletta, väliseiniä 49 kappaletta ja kuorielementtejä 12 kappaletta.

4.2 Laskennalliset arvot ja niiden toteutuminen

Seuraavissa luvuissa käsitellään kattavammin laskennassa saatuja työaika-menekkejä elementtityypeittäin sekä todellisia toteutuneita tuotantoaikoja ja analysoidaan ristiriitoja. Kukin luku käsittelee yhden elementtityypin suunnittelun ja toteutuneen tuotannon näkökulmasta. Seuraavissa luvuissa tullaan myös ot-tamaan kantaa hukkatyön osuuteen ja sen huomioimiseen tuotannosuunnitte-lua tehdessä.

4.2.1 AN-sokkelielementit

Jousitarhan sokkelielementit olivat ratkaisultaan hyvin perinteisiä kuorielement-tejä 100 mm:n EPS 100 Lattia-eristeellä. 90 mm:n ulkokuori valettiin muottia vasten, koska haluttiin saada siisti pinta, joka jää näkyviin rakennuksen jul-kisivuun. Kuoren raudoitteeseen yhtyvät tartunnat tuotiin eristeestä läpi, ja ne jäivät paikalla valetun laatan sisään. Tämäntyyppiset kuoret ovat nopeita val-mistaa. Raudoitus- ja muottityöt eivät juurikaan vaadi aikaa, ja laskennallinen työmenekki tth-kortiston mukaan tehtaalla kuorielementeille onkin 0,3 tth/m².

AN-elementtien tuotanto tehtaalla aloitettiin suunnitellusta poiketen jo 25.9, ja 22 kappaleen erän valmistus kesti 7.10. asti. Valmistus kesti 9 päivää enna-koidun 11 työpäivän sijaan, koska työssä oli mahdollisuus käyttää resursseja suunniteltua enemmän varaamatta kuitenkaan pöytätilaa muilta projekteilta.

4.2.2 V-väliseinäelementit

Väliseinät olivat raudoitettuja 180 mm paksuja kantavia väliseiniä. Tämäntyyppiset seinät ovat hyvin tyyppisiä kerrostalorakentamisessa käytettyjä ratkaisuja, sisältäen sähköpisteet ja aukot sekä yläreunan huuloksen ylemmän kerroksen

laattaa varten. Väliseiniä valmistettiin yhteensä 48 kpl, 349 m² viiteen eri kerrokseen. Resursseja suunniteltaessa laskennassa käytettiin työmenekkiä 0,4 tth/m² joka antoi koko jaksolle keskiarvon 2,2 kpl elementtejä per päivä, kun aikaa oli käytettävissä 22 työpäivää. Tuotanto päästiin kuitenkin käynnistämään suunniteltua aiemmin ja suuremmilla resursseilla, joten todellinen tuotantovauhti kohosi 3,7 kappaaleeseen päivässä. Vastaavasti työpäiviä kertyi 13 kpl.

Tuotantoon oli sidottuna kaksi työntekijää 8 tuntia päivässä koko sarjan ajan. Toteutuneeksi resurssitarpeeksi voidaan laskea 2,0 henkilöä työpäivä, laskennallisen 0,8 sijaan. Laskennallinen resurssitarve neliölle oli 0,4 tth, ja toteutunut arvo oli 0,6 tth. Laskennassa käytetty arvo on t3 arvo, joka ei myöskään huomioi valmistelevia töitä sekä resurssien mahdollista hetkittäistä vajetta, eikä betonin viipylystä aiheutuvaa työaikahävikkiä.

4.2.3 CL-parveke-elementit

Parvekkeita tehtiin yhteensä 28 kappaletta yhden kappaleen päivävuuhdilla, joten kokonaiskestoksi tuli 28 työpäivää sekä kaksi huoltopäivää, kuten oli mitoitettukin. CL-elementtien laskennallinen tth-arvo on 0,3 tth/m² mikä tarkoittaa sitä, että yhden parvekkeen ollessa keskimäärin noin 9,3 m² yksi työntekijä pysyy tekemään muotti- ja raudoitustyöt kahteen suunnilleen samankokoiseen parvekkeeseen sekä betonoimaan ne kahdeksan tunnin aikana. Laskennan toteutuminen edellyttää valmiita raudoitteita laattoihin, jolloin työntekijälle jää kalustaminen, raudoitteen asennus ja lisäraudoitus nostoelimille, saranoille jne. Näin tehtaalla myös toimittiin, vaikka Jousitarhan parvekkeita ei valmistettukaan kahden kappaletta päivässä.

4.2.4 R-julkisivuelementit

R-elementtien tuotanto aloitettiin suunnitelmista poiketen vasta 23.10., eikä 28.9. kuten aluksi suunniteltiin. Aikatauluissa huomattiin pelivaraa, joten Jousi-

tarhalle varattu aika hyödynnettiin kiireellisempien kohteiden käyttöön ja Jousitarhan aloitusta lykättiin myöhemmäksi. R-elementtejä tehtiin myös useampia kerroksia yhtäaikaisesti, mikä helpotti muottikiertoa. Tästä syystä lopputulosta ei suoraan voida verrata suunnitelmaan. Talven kovat pakkaset antoivat lisää pelivaraa tuotantoon, jota ei varastotilanteen takia pystytty käyttämään oikein. Työmaan kiriessä pakkasten aiheuttamia viivästyksiä tehtaalla jouduttiin tuplaamaan tuotantonopeus. Myös resurssit olivat tässä vaiheessa erittäin hajallaan, joten vertailu tuotantonopeudesta ja resurssien käytöstä suhteessa suunnitelmaan päätettiin jättää tekemättä.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pitkän tutkimusjakson päätteeksi voidaan todeta, että mitattavat suureet on tunnistettu ja edellytykset luotettavalle tuotannonsuunnittelulle ovat olemassa. Kokonaiskuva hahmottui selkeämmäksi ja yksinkertaisemmaksi kuin alkuun odotettiin. Tehtaan toimintamallista löytyy hyviä säännönmukaisuuksia joita tarkistamalla saadaan tuotantoa kehitettyä resurssitehokkaammaksi pienillä muutoksilla ilman varsinaisten menetelmien muuttamista.

Ohjelman soveltuvuus tuotannonsuunnittelun työkaluksi on hyvä, ja sen avulla pystytään seuraamaan myös kehitystä tulevaisuudessa. Kuten koekäyttö osoitti, laskennalliset tehokkuudet toteutuivat hyvin myös käytännön tasolla. Käytetty laskentatapa tulee toimimaan nykyisen tuotantomallin rinnalla luotettavasti, kunhan vain tth-kirjasto pidetään ajantasaisena ja huomioidaan uudet ja poikkeavat elementtityypit sekä niistä tehdään asianmukaiset mittaukset.

Tarkoituksena oli luoda pohja resurssiensuunnittelulle ja sitä kautta myös koko tuotannonsuunnittelulle. Annetuissa rajoissa pysyttiin, laskelmien tarkkuus on prosenttien sisällä. Ohjelman käytettävyyks on onnistunut, ja ohjelma auttaa ennakoidaan tulevia resurssitarpeita jopa ennakoitua paremmin. Tarvittavien ja käytettyjen resurssien vertailulla pystytään myös kehittämään ja optimoimaan koko tuotantoa vähentämällä tuottamaton työ minimiin.

5.1 Kehitysideat toimeksiantajalle

Tuotannonsuunnittelun ja tehokkuuden seurannan kehityskohteet ovat suunnittelun ja käytettyjen resurssien vertailu, sekä resursseja kuluttavien elementtityyppien tuotantotekniikoihin tutustuminen. Tyypikohtaisen seurannan pääpaino tulisi olla tuottamattoman työn löytämisessä. Seurantaprosessin lisäksi tulisi suorittaa tuotannon tehokkuuden ja toimivuuden itsearviointia. Itsearviointi lisää ymmärrystä kokonaisvaltaisesta kehittämisestä, ja sen avulla saadaan selville, mitä tarvitsee kehittää (Tuominen 2010, 9).

LÄHTEET

Tokola, H. 2015. Online Optimisation Models in Short-term Production Planning 2015. Väitöskirja. Tuotantotekniikka. Helsinki: Aalto yliopisto.

Tuominen, K. 2010. Lean – kohti täydellisyyttä. Helsinki: Readme.fi.

Inspecta Oy 2016. Viitattu 24.4.2016 <http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Sertifiointi/>

Kosken Betonielementti Oy 2016. Yritys. Viitattu 19.5.2016 <http://koskenbetonielementti.fi/Yritys>

Rakennustuoteteollisuus 2016. Elementtisuunnittelu. Viitattu 24.3.2016.

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia>