

Avdelningen för Konstruktionsteknik
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 LUND

Department of Structural Engineering
Lund Institute of Technology
Box 118
S-221 00 LUND
Sweden

**Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet
stombyggande**
- *Tillämpning av värdeflödesanalys och activity sampling*

Evaluation of production methods for in-situ concrete frameworks
- *Value Stream Mapping and Activity Sampling*

Mats Lundström och Linn Runquist

2008

Rapport TVBK-5155
ISSN 0349-4969
ISRN: LUTVDG/TVBK-08/5155+111p

Examensarbete
Handledare: Robert Larsson
Januari 2008

Sammanfattning

Att platsgjuta stommen av betong är den dominerande stombyggnadsmetoden för flerbostadshus och därför kan en effektivisering av denna få ett betydande genomslag på husbyggandets totala effektivitet. Samordning av materialflödet och pågående aktiviteter på byggarbetsplatsen, samt kunskap om produkternas värdekedja och dess koordinering med byggarbetsplatsens behov, är viktiga parametrar för att uppnå ett effektivt platsgjutet byggande.

Syftet med rapporten är att kartlägga och analysera hur värdeflödet i samband med platsgjutning av en stomme fungerar idag, med avseende på bland annat arbetsfördelning, genomloppstider, resursanvändning, mellanlagring och informationsflöde. En utvärdering görs av hur metoderna *Activity sampling* och *Värdeflödesanalys* fungerar för kartläggning inom byggbranschen och hur resultaten från studier med dessa metoder kan nyttjas för att lokalisera förbättrande åtgärder. Activity Sampling är en metod för mätning av aktivitet, genom en serie momentana observationer av pågående arbete, vid slumpmässiga tidpunkter. Värdeflödesanalys är en teknik, med ursprung inom Toyota Production System, som används för att kartlägga produktionen och få en överskådlig bild av vad en produkt går igenom för skeden. Metoden används främst med avsikten att förbättra värdeflödet.

Genom att kombinera metoderna activity sampling och värdeflödesanalys erhålls en bild av effektiviteten hos ett projekts värdekedja. Värdeflödesanalysen påvisar en produktivitet, d.v.s. hur mycket arbete som utförs under en viss tid. Activity sampling påvisar hur tiden utnyttjas. Produktiviteten kombinerad med tidsutnyttjandet ger ett mått på effektiviteten.

Studierna utförs genom fältobservationer av ett pågående byggprojekt och besök hos utvalda leverantörer som kompletteras med intervjuer av personer verksamma inom produktionen och tillverkningen.

Inom det observerade projektet uppmättes andelen störningstid (slöseri och restid inom arbetsplatsen) till 25,1 %, och den största andelen återfanns inom aktiviteterna gjutning av valv och montage av plattbärlag. Montage och demontage av väggformar är också en aktivitet med stor effektiviseringspotential, då den pågår under relativt lång tid. Aktiviteten uppmätte en störningstid på 33,9 % och genom minskning av denna andel fås ett stort genomslag på den totala arbetstiden. De två kranarna på byggarbetsplatsen står oanvända nästan en tredjedel respektive två tredjedelar av tiden. Dock är en reduktion till en kran inte rimlig då de båda kranarna ofta används under samma tidsperioder.

Metoderna activity sampling och värdeflödesanalys är båda väl tillämpbara inom byggbranschen. Resultatet av våra mätningar ger indikationer till brister och förbättringsmöjligheter inom denna typ av projekt. För att kunna dra mer generella slutsatser krävs utökade framtida studier med de omnämnda metoderna.

Nyckelord: Activity Sampling, Värdeflödesanalys, Värdeflöde, Platsgjutet stombyggnad, Slöseri, Produktionsmetoder

Abstract

In-situ concrete is the dominating method in production of the load bearing structure of multi-dwelling buildings in Sweden. Knowledge concerning the coordination of material flow and ongoing activities on the construction site, as well as knowledge about the products value chain and their interplay with the construction site's requirements are important parameters to achieve an efficient in-situ construction method. Improvement of the efficiency of the construction method is believed to make a significant impact on the overall efficiency within production of buildings.

The purpose of this study is to map and analyze value flows, such as work distribution, resource usage, intermediate storage and information exchange, within in-situ concrete framework production using *Activity Sampling* and *Value Stream Mapping*. A further purpose of the present study is to test the methods and their ability to deliver practically useful data works within the construction sector, and how the results from this kind of studies can be used to locate needs for improvement. Activity Sampling is a method for measuring activity, through a series of instantaneous, randomly made, observations in ongoing work. In this way Activity Sampling indicates how this time is in fact used. Value Stream Mapping is a method which is used to obtain a perspicuous picture of the different phases a product is passing through in a production process. The method indicates the productivity, the amount of work that is carried out in a certain period of time. It is mainly used with the intention to improve the value flow. The efficiency of a product's value flow will appear by combining Value Stream Mapping and Activity Sampling. The productivity combined with the time usage will give a measure of the efficiency.

The studies have been carried out through field observations of an ongoing construction project and site visits at selected suppliers. Interviews have been carried out with people involved in the production and manufacturing process.

During the observations carried out at the construction site, the amount of disturbance time (waste and transport time within the construction site) was measured to 25.1 %, and the main part was found in the activities of slab casting and assembling of filigree elements. Assembling and disassembling of wall formworks also have a large potential for efficiency improvements, mainly because of the rather long time required by these activities. The disturbance time for these activities was measured to 33.9 %, implying that a rationalization here will have a significant effect on the total work time. The unused time of the two cranes on the construction site was close to 1/3 respective 2/3 of the total time. However a reduction to only one crane would not be possible considering that both cranes are often used at the same time.

The present study shows that both Activity Sampling and Value Stream Mapping are applicable within the construction sector. The result of this study's measurements indicates deficiencies and possibilities for improvements for this type of projects. To draw more general conclusions and carry out tangible improvements, more penetrating studies with the mentioned methods are needed.

Key words: Activity Sampling, Value Stream Mapping, Value flow, In-situ construction, Waste, Production methods

Förord

Denna rapport är skriven som ett examensarbete inom Väg- och vattenbyggnadsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola. Idén till examensarbetet är initierad av Robert Larsson, industridoktorand för Cementsa, och ingår som en del i ett forskningsprojekt som berör produktionsmetoder för platsgjutet stombyggande. I forskningsprojektet deltar bland annat entreprenadföretag och materialleverantörer.

Vi hoppas att arbetet kan ge inblick i hur produkters värdeflöde och relaterade arbetsprocesser inom byggbranschen kan kartläggas och utvärderas och förhoppningsvis uppmuntra till vidare studier, för att på längre sikt uppnå ett mer effektivt byggande. Metoderna som provas och utvärderas i arbetet anser vi vara applicerbara på stora delar av byggprocesserna och behöver inte vara begränsade till det platsgjutna stombyggandet.

Vi skulle vilja passa på att tacka de som hjälpt oss och gjort detta examensarbete möjligt. Ett speciellt tack till Peab som ställt sin arbetsplats till förfogande för observationer och bidragit med önskad information. Vi vill tacka både arbetsledning och all annan arbetsplatspersonal som ställt upp i studien. Tack även till Swerock och BE Group som tagit emot oss i sina fabriker och ställt upp på intervjuer.

Ett stort tack riktas även till vår handledare Robert Larsson.

Lund, januari 2008

Mats Lundström och Linn Runquist

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund & problembeskrivning	1
1.2	Syfte.....	2
1.3	Avgränsningar	2
1.4	Definitioner och begrepp	3
2	Metod	5
3	Teori	7
3.1	Platsgjutet stombyggnad	7
3.2	Lean production and construction	14
3.3	Verktyg och metoder för kartläggning och mätning av processer och värdeflöden	18
4	Metod för värdeflödesanalys	23
4.1	Redovisningsmetod	25
5	Metod för activity sampling	27
5.1	Klassificering av arbete	27
5.2	Observationsutförande	31
5.3	Kranobservationer	33
6	Beskrivning av studerat byggprojekt	35
6.1	Objektsbeskrivning	35
6.2	Översiktlig produktionsmetod	35
6.3	Produktionsmetod stomme plan 2-7	36
7	Resultat	37
7.1	Värdeflöden	37
7.2	Activity Sampling.....	57
7.3	Krananvändning.....	74
8	Analys och diskussion	79
8.1	Metoder.....	79
8.2	Mätresultat	82
8.3	Produktionsplanering.....	89
8.4	Användningsområde	93
9	Slutsats	95
10	Referenser	97
11	Bilaga A, Observationsschema 13-20 min	99
12	Bilaga B, Observationsschema 3-7 min	101

1 Inledning

1.1 Bakgrund & problembeskrivning

Att platsgjuta stommen av betong är den dominerande stombyggnadsmetoden för flerbostadshus och metoden, inklusive användandet av plattbärlag och skalväggar, används hos mer än hälften av alla flerbostadshus (*Larsson & Andersson, 2007*). Produktionsmetoder för platsgjutet byggande innefattar både traditionell form och prefabricerade komponenter, exempelvis kvarsittande formsystem, som kombineras med arbetsmoment knutna till byggarbetsplatsen, t.ex. armering och gjutning.

Det finns idag ett stort intresse av att öka effektiviteten inom byggbranschen. Det arbetas med effektivisering med samtidigt fokus på ökad kvalitet och minskade byggkostnader. En faktor till som bidragit till denna framåtanda är den starkt växande industrialiseringen av branschen. Industrialisering kan ses som en metod för att effektivisera och sänka kostnader. Byggsektorn har visat på en lägre produktivitet än annan industri, samtidigt som de har en högre resursförbrukning och en högre kostnadsutveckling. En av orsakerna till detta är en statisk konkurrenssituation där alla företag erbjuder samma produkter, använder samma teknik samt styr och samordnar sina leverantörer på samma sätt. Nya företag arbetar på samma sätt och erbjuder inte heller några nya tekniker, produkter eller organisationsformer (*Lutz & Gabrielsson, 2002*).

Under de tre första kvartalen 2007 var 52 % av andelen påbörjade nybyggda lägenheter flerbostadshus. Under 2006 var motsvarande siffra 70 % (*SCB b. 2007*). År 2006 färdigställdes ca 18 800 lägenheter i flerbostadshus i Sverige, vilket motsvarar 63 % av de färdigställda bostäderna under det året (*SCB a. 2007*). Då platsgjutet stombyggnad är en mycket vanlig byggmetod för flerbostadshus, kan en effektivisering av denna metod få ett betydande genomslag på husbyggandets totala effektivitet.

Samordning av materialflödet och pågående aktiviteter på byggarbetsplatsen, samt kunskap om produkternas värdekedja och dess koordinering med byggarbetsplatsens behov, är mycket viktigt för att uppnå ett effektivt platsgjutet byggande.

Strävan om effektivisering inom platsgjutet stombyggnad har lett till några intressanta frågeställningar som ska beröras i rapporten.

- Hur kan värdeflödet i samband med platsgjutning av en stomme till ett flerbostadshus kartläggas?
- Var finns de kritiska punkterna i denna process och var finns förbättringspotentialerna?
- Hur fördelar sig tiden inom de olika stomrelaterade aktiviteterna?
- Hur utnyttjas kostsamma resurser som exempelvis kranar och hur fördelar sig användningen av dessa mellan de olika stomrelaterade aktiviteterna?

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande

- Hur fungerar metoderna *activity sampling* och värdeflödesanalys och lämpar de sig för användning till kartläggning och mätning av värdeflöden och arbetsprocesser inom byggbranschen?
- Vad kan utläsas ur resultaten från studier med dessa metoder och hur kan de nyttjas för att identifiera förbättrande åtgärder?

1.2 Syfte

Syftet är att via pågående byggprojekt kartlägga, mäta och analysera det nuvarande tillståndet av utvalda produkters och aktiviteters värdeflöde med hjälp av *värdeflödesanalys* och *activity sampling*. Vidare är syftet att beskriva hur de utvalda produkterna koordineras mot byggarbetsplatsens behov, samt att få en överblick av hur byggnadsarbetarnas tid fördelar sig inom olika stomrelaterade aktiviteter. Insamlade data och intervjuer utgör underlag för analys och diskussion kring kritiska punkter och eventuella förbättringsmöjligheter.

Syftet är även att utvärdera metoder för värdeflödesanalys och *activity sampling* och utföra eventuell utveckling och anpassning av dessa metoder för användning inom byggbranschen.

Examensarbetet ingår som en del i ett forskningsprojekt som berör produktionsmetoder för platsgjutet stombyggande. I forskningsprojektet deltar bland annat entreprenadföretag och materialleverantörer.

1.3 Avgränsningar

Studien avser platsgjutet stombyggande av flerbostadshus, med avgränsning till de bärande komponenterna i stommen och en del leverantörer av ingående delmaterial. Det är endast de repetitiva delarna i stommen såsom bjälklag och väggar som studeras. Grundläggning och takkonstruktion är inte inkluderade. Utöver de bärande komponenterna innefattar studien även en del andra stomrelaterade aktiviteter som trappor, balkonger och även arbete med de installationer som gjuts in i stommen. En mer detaljerad specialstudie utförs för gjutning av valvet. Utöver dessa observationer av stomrelaterade aktiviteter studeras även resursutnyttjandet av kranar på byggarbetsplatsen. Vid kartläggning av arbetstidens utnyttjande studeras endast yrkesarbetarna.

Kartläggningen av ovan nämnda aktiviteter utförs med två metoder, *activity sampling* och värdeflödesanalys.

Studien avsåg att omfatta minst två byggarbetsplatser, men på grund av den begränsade tillgängliga tiden för examensarbetet, har en begränsning gjorts till en arbetsplats.

1.4 Definitioner och begrepp

<i>Activity Sampling</i>	Metod för att under en tidsperiod mäta aktiviteter genom en serie momentana observationer av pågående arbete vid slumpmässiga tidpunkter.
<i>BTA – Bruttoarea</i>	Byggnadens area, begränsad av ytterväggarnas utsida.
<i>BOA – Bruksarea</i>	Area inom lägenhetsväggarna.
<i>Cykeltid</i>	Tiden det tar innan en process upprepas, exempelvis färdigställandet av en produkt.
<i>Effektivitet</i>	Arbetsinsats i relation till producerad mängd.
<i>Genomloppstid</i>	Den totala tiden det tar för en produkt att ta sig genom hela tillverkningsprocessen.
<i>Ledtid</i>	Tid i produktionen. Den totala tiden det tar för en produkt att genomgå en process.
<i>Najning</i>	Sammanbindning av armeringsstänger med ståltråd.
<i>Platsgjutet byggande</i>	Platsgjutet byggande innefattar både traditionell form och prefabricerade komponenter, exempelvis kvarsittande formsystem, som kombineras med arbetsmoment knutna till byggarbetsplatsen, t.ex. armering och gjutning.
<i>Process</i>	Ett eller flera arbetsmoment som utförs med gemensam målsättning.
<i>Produkt</i>	Resultatet av en process, en kombination av en eller flera varor och tjänster. I detta arbete vanligtvis den platsgjutna stommen.
<i>Produktivitet</i>	Mängd som producerats under en viss tidsperiod.
<i>Slodning</i>	Ytvibrering av en nygjuten betongyta, med hjälp av en större plast- eller plåtskiva, så kallad sloda.
<i>Stomme</i>	System av bärande komponenter i en byggnad.
<i>Takttid</i>	Produktionstakt. Synkroniseras efter försäljningstakten.
<i>Utfackningsvägg</i>	Icke bärande yttervägg.
<i>Valvgjutning</i>	Gjutning av bjälklag.
<i>Värdeflöde</i>	Alla aktiviteter som är nödvändiga för att skapa en produkt. De aktiviteter som ökar värdet på produkten, såväl de som inte gör det men som är nödvändiga för produktionen.
<i>Värdeflödesanalys</i>	Teknik, med ursprung inom Toyota, som används för att kartlägga produktionen och få en överskådlig bild av de steg som en produkt genomgår. Metoden används främst med avsikten att förbättra värdeflödet.

2 Metod

Arbetet har inletts med litteraturstudier kring platsgjutet stombyggande och lean production samt kring metoderna activity sampling och värdeflödesanalys. Dessa litteraturstudier har till viss del pågått parallellt under arbetets gång.

Metoderna activity sampling och värdeflödesanalys avsågs att användas för att kartlägga och analysera produktflöden och arbetsmoment som är kopplade till stombyggnadsskedet. Metoderna analyserades och utvecklades vidare utifrån teorin, för att anpassas till användning inom platsgjutet stombyggande. Studien omfattar analys av det nuvarande tillståndet med avseende på produktion av stommen samt tillverkning av delprodukter, exempelvis fabriksstillverkad betong samt armering, men även hantering och bearbetning av dessa på byggarbetsplatsen. Varje steg i produktens värdekedja kartläggs och analyseras med avseende på bland annat arbetsfördelning, genomloppstider, resursanvändning, mellanlagring och informationsflöde.

Datainsamlingen är utförd genom en fallstudie av ett pågående byggprojekt och besök hos utvalda leverantörer med tillverkning av stomkomponenter. Datainsamlingen är baserad på mätningar samt observationer på byggarbetsplats och i fabrik. Som komplement till observationerna utförs intervjuer av personer som är verksamma inom produktionen och tillverkningen. Mätresultaten och observationerna sammanställs sedan för utvärdering och analys.

3 Teori

3.1 Platsgjutet stombyggande

Platsgjutet stombyggande avser den del i stommen som helt eller delvis gjuts på byggarbetsplatsen. Vid val av stomsystem för ett specifikt bygge finns många saker att beakta. Exempel på detta är tillgängligt utrymme och utrymme som kan nyttjas för tillfälliga lager, hur lång byggtiden är och hur stor budget projektet har. Det är även viktigt att ta hänsyn till vilka krav som ställs på byggnaden med hänsyn till beställare och framtida nyttjare. Andra faktorer är entreprenörens kompetens, väderförhållanden m.m. Då det finns en rad olika lösningar till ett bärande stomsystem och val mellan olika byggnadsmaterial, är det viktigt att välja lösning efter vilket projekt som skall byggas.

Platsgjutet stombyggande har följande för- och nackdelar (*Illingworth, J.R, 2000*):

Fördelar

- Homogena kopplingar mellan byggnadsdelar
- Kan utföras med stor frihet i formgivning
- Bra motstånd med avseende på brand, jordbävning, explosion m.m.
- Förändringar i kvalitet och form går att utföra i ett sent skede i byggprocesserna
- Produktionen är förlagd till byggarbetsplatsen

Nackdelar

- Svårt att göra framtida förändringar på färdigställd byggnad med betongstomme om användningen av byggnaden skall ändras
- Omarbeten efter gjutning är mycket kostsamma
- Kräver jämförelsevis mycket arbetskraft

3.1.1 Formsystem

Formen och dess arbeten utgör normalt mellan 30 till 60 % av totalkostnaden hos en betongkonstruktion (*Carlsson & Tuutti, 1996*), vilket gör valet av formsystem viktigt. De viktigaste egenskaperna hos en form är dess täthet och dess förmåga att ta upp last under gjutning och strax därefter, utan att ge upphov till stora deformationer. Formen ska gärna vara gjutvänlig och åtkomlig för armeringsarbete, lätt att riva och inte behandlas med ämnen som kan vara farliga för betongen (*Carlsson & Tuutti, 1996*). Valet av form baseras på väggens utformning och komplexitet, höjd på valvet, behov av arbetskraft och arbetsredskap samt hur tidplanen ser ut. Formen kan även väljas utifrån krav med avseende på önskad betongyta, exempelvis struktur, ytporighet och färgjämnhet samt på efterföljande arbeten som exempelvis spackling och installationsarbeten. Ytterligare en faktor är hur den tillgängliga arbetsytan på byggarbetsplatsen ser ut (*Betongbanken, 2007*).

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

Inom platsgjutet stombyggnade av flerbostadshus används främst valvformar och väggformar. Dessa formar benämns även bärande respektive stödjande form (*Betongbanken, 2007*).

Traditionell form

Med traditionell form menas normalt en formyta av plywood eller lösvirke med en bärande konstruktion av reglar samt stämp och bockryggar hos valvform och stag hos väggform (*Carlsson & Tuutti, 1996*). Formen platsbyggs normalt på arbetsplatsen. För valv används formsättningen på valvhöjder från 2,4 till 5,5 m (*Betongbanken, 2007*).

Fördelarna med denna typ av form är att den är flexibel och kan användas för nästan alla typer av formlösningar. Den traditionella formen har en låg materialkostnad och ett litet behov av hjälpmedel men är också tidskrävande i relation till andra formsystem. Formen resulterar i ett stort materialbehov och stort spill då den återanvänds få gånger. Vid användning av traditionell form fås normalt också många ojämna skarvar som kan generera mycket efterarbete (*Carlsson & Tuutti, 1996*).

Formbord, valvluckor och väggform

Formbord och valvluckor är en typ av färdigbyggda formelement som monteras som kompletta flak på understöd och bockryggar eller på höj- och sänkbar ställning. Formelementen kan vara rumsstora och är därför tidsbesparande i relation till vanlig platsbyggd form. Formytan består av plywood eller stål och ger normalt jämna betongytor (*Carlsson & Tuutti, 1996*).

Det finns motsvarande system för väggjutningar där formarna är uppbyggda av stålprofiler och plywoodskivor, kompletta med ställning och stag (*Carlsson & Tuutti, 1996*). Exempel på väggform visas i Figur 3.1.



Figur 3.1, Väggform

Fördelarna med att använda sig av färdiga formelement är givetvis att de är mycket mindre tidskrävande än den traditionella formen. Formarna kan återanvändas vilket ger ett mindre formbehov och ytorna blir normalt jämnare, vilket resulterar i mindre efterarbete (*Carlsson & Tuutti, 1996*). De färdiga formelementen rekommenderas vid

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

mer än sex upprepningar och kort byggtid (*Betongbanken, 2007*). Nackdelen med dessa element är att de inte är lika flexibla som de platsbyggda formarna. Formelementen kräver också tillgång till kran och tillgång till stora arbetsytor (*Carlsson & Tuutti, 1996*).

Kvarsittande form

Kvarsittande form utformas i profilerad plåt eller betong. Profilerad plåt används normalt i samband med kvarsittande form vid gjutning av valv (*Carlsson & Tuutti, 1996*). Kvarsittande valvform av betong kallas plattbärlag och är ett armerat betongelement med uppstickande armeringsstegar. Plattbärlagets undersida gjuts mot stålform och får därmed en jämn yta som kräver lite efterarbete. Ovansidan borstas skrovlig för att få god vidhäftning med pågjutningen. En del underkantsarmering är ingjuten i plattbärlaget medan en del kompletterande armering monteras på byggarbetsplatsen (*Betongbanken, 2007*). Nymonterat plattbärlag och understöd visas i Figur 3.2. Formarna kan fås med ingjutna installationskomponenter.



Figur 3.2, Plattbärlag och understöd.

Kvarsittande form för väggar kallas skalväggar och består av två 50-65 mm tjocka betongskivor som binds samman med armeringsstegar. Båda de yttre väggsidorna är gjutna mot stålform och får på så sätt släta ytor. Elementen är färdigarmerade och behöver endast kompletteras med armeringsnät i elementskarvarna (*Betongbanken, 2007*).

Fördelarna med kvarsittande form är att de har ett lågt arbetskraftsbehov och korta tider på byggarbetsplatsen. Elementen kan tillverkas förberedda för installationer och med färdiga håltagningar. Ytfinishen är bra och genererar minskat efterarbete. Elementen förtillverkas i fabrik med hög noggrannhet och kan utformas med stor flexibilitet. System med kvarsittande form utnyttjar prefabriceringens fördelar, kombinerat med flexibiliteten vid platsgjutning. Den gjutna konstruktionen blir homogen och samverkande i relation till helt prefabricerade element och formelementen är dessutom enklare att transportera. Nackdelarna med kvarsittande betongformar är skarvproblem vid väggarna och fogar som blir synliga. Håltagning

och arbete med ingjutningsgods försvåras om det inte inkluderats från början. Materialkostnaden för formarna är relativt hög (*Betongbanken, 2007*).

3.1.2 Betong och gjutmetoder

Betong är en blandning av cement, ballast, vatten och eventuella tillsatsmedel och kan fås med olika hållfasthetsklasser, beständigheter, lufthalter och med olika flytningsgrader. Betongen kan blandas på byggarbetsplatsen, men då det gäller större mängder är den vanligaste metoden att betongen blandas i fabrik och levereras med speciella rotorbilar. Nyblandad betong är en färskvara och därför bör gjutning ske snarast efter att betongen blandats. Detta ställer höga krav på planering, leveranser och att byggarbetsplatsen är beredd att ta emot leveransen vid ankomst. Betongen styvnar allt eftersom och om gjutningen sker mer än en timme efter blandning, måste konsistensförändringen beaktas. Generellt gäller att det är billigare att kassera betong som blivit för styv, än att reparera misslyckad gjutning (*Carlsson & Tuutti, 1996*).

Utläggning av betongen sker med hjälp av pump, ränna eller bask. Pump används då utläggningsplatsen ligger högt eller långt ifrån bilen samt då gjutningen avser stora volymer eller då det ställs krav på gjuttiden. Med en ränna töms betongen direkt till utläggningsplatsen, vilket ger en begränsad räckvidd och ställer krav på en lågt placerad utläggningsplats. Till bask töms mindre mängder betong, som sedan lyfts och flyttas med hjälp av kran. En del kranlyfta baskar är trattformade med tömningsfunktion i underkanten.

Vibrering

Färsk betong kräver normalt någon form av komprimering, vibrering, för att fylla ut formen och omsluta armeringsjärnen. Vibreringen upphäver vilofriktionen mellan enskilda partiklar i betongen, varvid dessa omlagras och packas till följd av sin tyngd samtidigt som inestängd luft tränger ut ur betongen. Vibreringen utförs vanligtvis med vibratorstav och lagren som vibreras bör inte vara tjockare än 0,3 - 0,4 m för att luft inte ska inneslutas. Trögflytande betong kräver mer vibrering än lättflytande. För mycket vibrering av lättflytande betong kan istället leda till separation. Vid gjutning av höga pelare och konstruktioner då pelare, väggar och bjälklag gjuts i samma etapp bör en återvibrering utföras ett par timmar efter utläggningen för att ytterligare öka packningen. Ögonmätt och mätsticka eller laseravvägning används för reglering av jämnheten och betongtjockleken i samband med utläggningen (*Carlsson & Tuutti, 1996*).

Normalt utförs även någon form av ytvibrering. Det vanligaste sättet är slodning, en enkel utslätning av ytan med en större plast- eller plåtskiva, så kallad sloda. Mer avancerad vibrering utförs med exempelvis vibratorbalk eller vibratorbryggor som dras längs särskilda skenor över stora gjutytor. Vibrering kan även utföras med hjälp av en gjutform. Denna typ av formvibrering är vanlig inom betongvaru- och betongelementtillverkning, men kan även vara ett alternativ vid serietillverkning på byggarbetsplats (*Carlsson & Tuutti, 1996*).

Det finns även självkompakterande betong som inte kräver någon vibrering. Denna betong är lättflytande och rinner själv ut och fyller formen, även hos tätt armerade

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

konstruktioner. Betongen blir tät och homogen och får efter härdning samma egenskaper som traditionellt vibrerad betong. Användning av självkompakterande betong resulterar i en snabbare gjutprocess och är lämplig då armeringen är svår att gjuta kring (Betongbanken, 2007). Med självkompakterande betong ökar däremot risken för uttorkningssprickor.

Efterbehandling

Ytbehandling av färsk betong utförs genom brädrivning, borstning eller stålglättning. Ytbehandling är inte alltid nödvändig, främst då ytan bearbetas i efterhand med exempelvis avjämningsmassa (flytspackel).

En nygjuten betong kan även kräva efterbehandling, som exempelvis skydd mot snabba temperaturväxlingar och skydd mot frysning genom täckning av betongytan med isolerande material. Betongen skall skyddas mot höga belastningar och mot uttorkning som leder till sprickor och ofullständig härdning, speciellt i samband med självkompakterande betong (Carlsson & Tuutti, 1996). Skydd mot uttorkning görs exempelvis genom vattning av betongytan eller genom membranhärdning, exempelvis täckning med en tät plastfolie (Betongbanken, 2007).

3.1.3 Armering

Betong är ett sprött material, med god förmåga att ta upp trycklaster. Draghållfastheten hos betong är däremot förhållandevis låg. Därför är det viktigt att armera betong med ett segt material som har en hög draghållfasthet, exempelvis stål. Armering i betong är viktigt för att öka draghållfastheten, begränsa uppkomsten av breda sprickor samt för att förändra brottbeteendet hos den armerade konstruktionsdelen, från sprött till segt.

Lösa stänger

Lösa armeringsstänger finns i många olika dimensioner och går att beställa inläggningsfärdig. Inläggningsfärdig betyder att armeringstängerna är bockade och kapade till rätt längd vid leverans. Det är även vanligt att armeringen kommer i lagerlängder och kapas och bockas på byggarbetsplatsen. Detta kräver dock att det finns verktyg och maskiner för detta på byggarbetsplatsen. Ett alternativ till lösa stänger vid överkantsarmering är att använda sig av en armeringsmatta. Armeringsmattan består av ett antal stänger som är ihopsvetsade och där ändarna är nedbockade. De nedbockade ändarna fungerar som distanser så att armeringen hamnar på rätt höjd (Celsa Steel Service, 2007). Fördelen med att arbeta med lösa stänger är att det går att placera stängerna på ställen där nät och ihopsvetsad armering inte får plats. Lösa stänger kräver att varje stång hanteras och placeras på rätt plats manuellt. Ofta behöver stängerna också najas ihop vid flera punkter, vilket gör detta arbete tidskrävande och arbetsmiljömässigt sämre.

Armeringsnät

Armeringsnät består av stänger som är ihopsvetsade till ett rutnät i fabrik. Armeringsnät delas oftast in i standardnät och specialnät. Standardnäten är billigare men vid mer komplexa lösningar kan det löna sig att beställa specialnät då dessa är

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

tillverkade enligt det aktuella byggobjektets förutsättningar och arbetsinsatsen på byggarbetsplatsen minimeras. I de fall där ett armeringsnät behöver skarvas går detta att göra genom att överlappa armeringsnäten och naja ihop dessa. Armeringsnät som ska överlappas kan fås fingerskarvade, vilket innebär att de är utformade med järn endast i en riktning i ändarna. På så vis fås inte så tjockt armeringslager i samband med överlappning. Vid armering av väggar ställs näten på högkant och om det krävs att väggen dubbelarmeras fästes två nät samman med distanser för att hålla näten på plats (*Betongbanken, 2007*).

Rullarmering

Som ett alternativ till konventionell armering går det att använda sig av rullarmering. Hos rullarmering binds huvudarmeringen samman av tunna plåtband som svetsas vinkelrätt till armeringsjärnen (*Tibnor, 2007*). Som höjddistans används oftast T-järn eller utstansade plåtprofiler. Denna utformning gör att armeringen kan rullas ihop och enkelt levereras till byggarbetsplatsen, se Figur 3.3. På byggarbetsplatsen rullas armeringen ut på den avsedda platsen, efter det att den passats in. Fördelen med att använda sig av denna typ av armering är att den går snabbt att lägga ut och är lätt att transportera. Nackdelarna är att armeringen är något dyrare än konventionell armering och produktionstiden på fabriken är längre, vilket ger en längre leveranstid.



Figur 3.3, Utläggning av rullarmering (*Celsa Steel Service, 2007*)

Fiberarmerad betong

Med fiberarmerad betong menas att betongen innehåller fibrer av ett material som påverkar dess egenskaper. Fibrer i betongen ökar betongens töjbarhet och ger bättre möjligheter till att tillverka tunna konstruktioner. Fiberarmeringen utförs som sprickfördelande eller lastupptagande. Det är vanligast att fiberarmeringen används som sprickfördelande, då det saknas dimensioneringsprinciper för att räkna med den som lastupptagande. Det finns flera olika typer av fiberarmering men alla lämpar sig inte för stombyggnade i flerbostadshus. Ett sätt att fiberarmera är med hjälp av stålfibrer. Fibrerna tillsätts den färskbetongmassan och fungerar kraftupptagande och förbättrar betongens draghållfasthet samtidigt som de ökar betongens seghet,

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande

vilket ger en gynnsammare sprickfördelning (Swerock, 2007). Fibrernas längd ligger runt några tiotals millimeter och deras diameter runt någon tiondels millimeter. Fiberarmering är sällan en ersättning för all armering i en bärande konstruktion utan är mer att betrakta som ett komplement till den mer traditionella armeringen. Det finns även glas- eller plastfiberarmerad betong som i huvudsak används för att minska risken för plastiska krympsprickor i färsk betongmassa, även om fibrerna dessutom bidrar en aning till ökad draghållfasthet (Carlsson & Tuutti, 1996).

Spännarmering

Vid arbete med stora spännvidder kan spännarmering användas för att förbättra betongkonstruktionens bärförmåga och deformationsegenskaper. Vid platsgjutet stombyggande spänns armeringen normalt efter gjutning. Armeringen utgörs då oftast av spännkablar placerade i plaströr fyllda med rostskyddande fett. Kablarna förankras i en ankarplatta efter uppspanning (Betongbanken, 2007). Armeringen spänns så att balken deformeras motsatt de yttre lasterna. Detta ger fördelarna att sprickvidder och nedböjningar minskar. Arbetet med efterspänd armering kräver tid och kunskap men det ger möjligheter till att kunna nyttja längre spännvidder. Plattbärlag kan i vissa fall också fås med spännarmering. Armeringen är då förspänd i fabrik och elementet får liknade egenskaper som bjälklag som efterspänns på byggarbetsplatsen.

3.1.4 Installationer

I princip så finns det två huvudmetoder för hur installationerna förläggs i ett bjälklag. Installationerna kan antingen gjutas in i konstruktionen eller förläggas utanför.

Då installationerna inte gjuts in, hängs de horisontella dragningarna normalt upp på undersidan av bjälklaget och de vertikala genomföringarna går via schakt eller direkt genom bjälklaget. Av estetiska skäl monteras det ofta också ett undertak för att dölja de horisontella dragningarna. Den största fördelen med detta system är att det är förhållandevis enkelt att utföra ändringar i dessa installationer samt att utföra framtida underhållsarbete. Nackdelen med detta system är att det är utrymmeskrävande då en högre takhöjd erfordras.

Den andra principen är att gjuta in de horisontella installationerna i bjälklaget. Fördelen med att bygga på detta sätt är att det kräver mindre utrymme. Metoden kräver inga arbetskrävande upphängningar utan installationerna kan istället bara läggas ned i valvformen. För att kunna bygga på detta sätt krävs det att det finns utrymme i bjälklaget. Detta är särskilt problematiskt vid användande av grova ventilationskanaler samt avloppsdragningar vid golvbrunnar. Utrymmesproblemen för avlopp uppstår eftersom dragningarna placeras med självfall, samt att golvlutning vid brunnarna resulterar i att bjälklaget lokalt är tunnare. Då installationer gjuts in i bjälklaget fås en begränsad flexibilitet inför framtiden, då det är svårare med ändringar och eventuellt underhållsarbete.

3.2 Lean production and construction

3.2.1 Lean production

Lean production är en filosofi inspirerad av verksamheten inom Toyotas biltillverkning. Leantänkande innebär att fokusera på kundnytta, ta bort slöseriet, korta ledtider och flödesorientera. Det är viktigt att arbeta med ständiga förbättringar och att göra alla medarbetare delaktiga i processen.

Kundfokus och värde

En produkts värde är det som motsvarar kundens behov och efterfrågan. Produktens egenskaper tillkommer genom ett antal produktionsprocesser och information som alla skall betraktas ur aspekten kundvärde (Liker J, 2004). Lean innebär helt enkelt att producera det kunden verkligen vill ha och att göra det i processer som förbrukar så lite resurser som möjligt (Hamon & Jarebrant, 2007).

All tid som inte är värdeskapande för kunden ska elimineras. Aktiviteter som inte är värdeskapande benämns ”muda”, det japanska ordet för *slöseri*. Taiichi Ohno, tidigare fabrikschef på Toyota, definierade sju typer av slöseri (Liker J, 2004).

1. *Defekta produkter* – Inspektioner, reparationer, omarbete eller att ersätta och skrota produkter betraktas som slöserier.
2. *Överproduktion* – Att göra det ingen har beställt leder till överbemanning och onödig lagerhållning och transport.
3. *För stora varulager* – Orsakar långa ledtider, eventuella skador på gods och onödiga transporter till och från lager.
4. *Onödig bearbetning* – Orsaken kan vara dåliga verktyg, dålig produktutformning eller processer som ger produkter med för hög kvalitet.
5. *Onödiga förflyttningar* – Att leta efter saker eller gå och hämta material.
6. *Onödiga transporter* – Produkter eller material transporteras långa sträckor mellan lager och processer.
7. *Väntan* – Väntan på exempelvis verktyg, material, på att andra ska bli färdiga eller på att maskiner ska lagas.

I efterhand har det tillkommit fler typer av slöseri som definierats av andra, exempelvis:

8. *Outnyttjad kreativitet* – Genom att inte lyssna på de anställda förloras tid, idéer, kompetens och tillfällen att lära (Liker J, 2004).

Inom lean är det viktigt att beakta hela värdekedjan, innefattande samtliga aktiviteter för produktens framställning, inte bara det egna företagets. För att kunna identifiera hela värdeflödet är det viktigt att ignorera alla traditionella gränser som exempelvis mellan olika avdelningar och fokusera på den enskilda produkten eller produktgruppen (Womack & Jones, 2003). Värdeflödesanalys är en metod som används för att kartlägga värdeflödet hos en produkt. Metoden beskrivs i avsnitt 3.3.1.

Flöde

Ett flöde skapas genom att producera efter förfrågan, inte efter prognos. Metoden att tillverka efter efterfrågan kallas *pull*. Motsatsen till detta är *push*, då tillverkning sker utan att order inkommit.

Idealet är att tillverkning ska ske med kontinuerligt flöde i små partier, vilket reducerar lagerhållning som anses som ett direkt slöseri. Ett kontinuerligt flöde utan omfattande lagerhållning kräver leveranser *Just In Time* enligt principen att inget gods fraktas för tidigt eller för sent. För att skapa kontinuitet bör samtliga produktionslinjer vara jämnt sysselsatta vilket sker genom "*heijunka*", utjämnad arbetsbelastning. Då en och samma produktionslinje tillverkar olika produkter måste omställningar kunna göras snabbt för att ett jämnt flöde skall åstadkommas. Alternativet till detta är att färdigställa produktionen av varje produkt innan nästa påbörjas, vilket också framtvingar lagerhållning och stillestånd (*Liker J, 2004*). Det kontinuerliga flödet ställer även krav på tillflöde av material, som efterfrågas genom "*kanban*", ett beställningssystem som innehåller instruktioner för produktionen och som skickar en begäran om mer material när en specifik mängd använts (*Rother & Shook, 2004*). Lagerhållning kan i vissa fall vara ett sätt att undvika leveransstörningar, men det finns en stor nackdel då förproduktionen genererar ett behov av lageryta och risk att produkten inte efterfrågas.

Genom att endast producera efter förfrågan, *pull*, minskas problemen med lagerhållning och stillestånd, samtidigt som behovet av information och flexibilitet i produktionen ökar. Snabba omställningar kräver kompetent personal och standardisering av arbetsmomenten.

Perfektion

En viktig del inom lean production är att kontinuerligt arbeta med ständiga förbättringar, "*kaizen*". Visionen med de ständiga förbättringarna är att uppnå perfektion. Perfektion innebär en total eliminering av slöseri, något som i praktiken anses ouppnåeligt. För att undvika utbredda kvalitetsbrister i produkterna och närma sig visionen om perfektion är det viktigt med rutiner för att snabbt upptäcka och undvika fel. Dessa rutiner kallas "*jidoka*" (*Womack & Jones, 2003*). En av dessa rutiner innebär bland annat att produktionen stoppas omgående då fel upptäcks, för att snabbt lösa problemet, så att det blir rätt från början. Problemen löses genom att man frågar "varför?" ungefär fem gånger för att finna grundorsaken till problemet och inte bara hitta en tillfällig lösning (*Liker J, 2004*). Denna metod är viktig i arbetet med ständiga förbättringar.

Som hjälpmedel till att arbeta mot kvalitetsbrister och eliminera misstag, defekter och skador, uppmuntras visuell och mekanisk kontroll, så att inga problem förblir dolda. Exempel på visuell kontroll är att ange uppnådd *taktid*, produktionshastighet, på väl synlig tavla eller display (*Womack & Jones, 2003*). Visuell kontroll underlättas genom användning av en princip som benämnts 5S och innefattar punkterna sortering (*Seiri*), ordning (*Seiton*) och renlighet (*Seiso*) på arbetsplatsen, regler (*Seiketsu*) för att upprätthålla dessa punkter samt självdisciplin (*Shitsuke*) att hålla arbetsplatsen i ordning (*Liker J, 2004*).

Lärande organisation

Viktigt inom lean är att låta alla medarbetare vara delaktiga. Idéer och lösningar till problem från medarbetarna på golvet är viktiga att ta till vara på, då det ofta är dessa personer som har störst insikt i problemen. Utveckling sker genom personalens kontinuerliga reflektion kring de ständiga förbättringarna (*Liker J, 2004*).

Lean thinking enligt Toyota Production System

Toyota Production System har sammanställt sina grundtankar kring lean production i 14 punkter (*Liker J, 2004*).

Filosofin

1. Basera besluten på ett långsiktigt tänkande, även då det sker på bekostnad av kortsiktiga ekonomiska mål.

Processerna

2. Skapa kontinuerliga processflöden som för upp problemen till ytan.
3. Låt efterfrågan styra, undvik överproduktion.
4. Jämna ut arbetsbelastningen.
5. Stoppa processen om så behövs för att lösa problem, så att det blir rätt från början.
6. Standardiserade uppgifter är en bas för ständiga förbättringar och personalens delaktighet.
7. Kontrollera visuellt så att inga problem förblir dolda.
8. Använd bara pålitlig, väl utprövad teknik som tjänar personalen och processerna.

Anställda och partners

9. Skapa ledare som förstår arbetet, lever efter Toyotas filosofi och lär andra göra det.
10. Utveckla enastående människor och grupper som följer företagets filosofi.
11. Respektera partners och leverantörer genom att utmana dem och hjälpa dem bli bättre.

Problemlösning

12. Gå och se med egna ögon för att förstå situationen ordentligt.
13. Fatta beslut med eftertanke och i samförstånd, genomför dem snabbt.
14. Bli en lärande organisation genom att oförtröttligt reflektera och ständigt förbättra.

3.2.2 Lean construction

Lean production syftar i huvudsak till produktion i fabrik. Det finns dock vissa skillnader mellan industriell produktion och produktion av byggnader och anläggningar vilket gör att principerna bakom lean production inte alltid kan tillämpas rakt av. Lean construction är en anpassning av den grundläggande filosofin, utvecklad för byggbranschen.

Lean construction breddar tankarna inom lean production och specificerar teorier som appliceras på en ny basis för projektfaserna. Ett verktyg som utvecklats för applicering av lean inom byggbranschen är Last Planner System, som är ett ledningssystem med mål att kontrollera produktionen. För detta används en metod för att mäta tillförlitligheten, d.v.s. procentandelen planerade uppgifter som faktiskt slutförs inom en produktionsperiod, PPC – Percent Plan Complete. En del i Last Planner System är förutseende planering och schemaläggning av produktionsfaser. En annan del är att ta på sig åtaganden för arbeten i den kommande fasen samt uppföljning av varför åtaganden eventuellt inte klarades av, så att orsakerna kan elimineras (*Byggekostnadsforum, 2007*).

Lean Construction Institute definierar lean construction med hjälp av följande fyra punkter (*Lean construction institute*).

- Integrerade processer för att bättre tydliggöra och stödja kundens syften. Positiv erfarenhetsåterföring och förnyelse inom processen supportas medan negativ upprepnin g elimineras.
- Arbetet struktureras genom hela arbetsprocessen för att maximera värdet och minimera slöseri i projektet.
- Ansträngningar och arbete med att styra och verkställa prestationer, skall syfta till att förbättra för projektet i sin helhet. Detta är viktigare än att reducera kostnaden eller öka hastigheten för enskilda moment.
- Kontroll omdefinieras från att avse ”kontroll av resultat” till ”att få saker gjorda”. Planeringsverktyg och kontrollsystem utvärderas och förbättras.

En central princip inom lean är att dela upp tid och resurser i en värdeskapande del och en icke värdeskapande del. Den värdeskapande delen är de aktiviteter som skapar ett värde för kunden. Den icke värdeskapande delen kan delas upp i en del som är nödvändig för processen och en del som är rent slöseri (*Hamon & Jarebrant, 2007*).

Det finns ingen bestämd definition av begreppet slöseri inom byggbranschen, utan vilka arbetsmoment, aktiviteter och processer som tillhör denna grupp varierar mellan olika bedömare. En av de studier som utförts kring det slöseri som uppstår i byggbranschen är ”Slöseri i byggprojekt” (Josephson & Saukkoriipi, 2005). Den kartläggningen visade att slöseriet inom byggbranschen är ca 30-35 % av projektets totala produktionskostnad.

3.3 Verktyg och metoder för kartläggning och mätning av processer och värdeflöden

3.3.1 Värdeflödesanalys

Värdeflöde definieras som alla aktiviteter som är nödvändiga för att skapa en produkt. Aktiviteterna innefattar alla de aktiviteter som ökar värdet på produkten, såväl de som inte gör det men som är nödvändiga för produktionen (*Rother & Shook, 2004*).

Värdeflödesanalys är en teknik som används för att kartlägga produktionen och få en överskådlig bild av de steg som en produkt genomgår. Tekniken har sitt ursprung inom Toyota och förknippas vanligen med Lean produktion (*Womack J, 2006*).

En värdeflödesanalys utförs lämpligen för en enskild produkt eller en produktfamilj med liknande produkter, som till grunden genomgår samma produktion. För att kunna göra en värdeflödesanalys måste en övergripande bild av vad produkten genomgår för processer tas fram. Vid kartläggning av värdeflödet följs produktionen lämpligen baklänges från kunden till leverantören (*Womack J, 2006*).

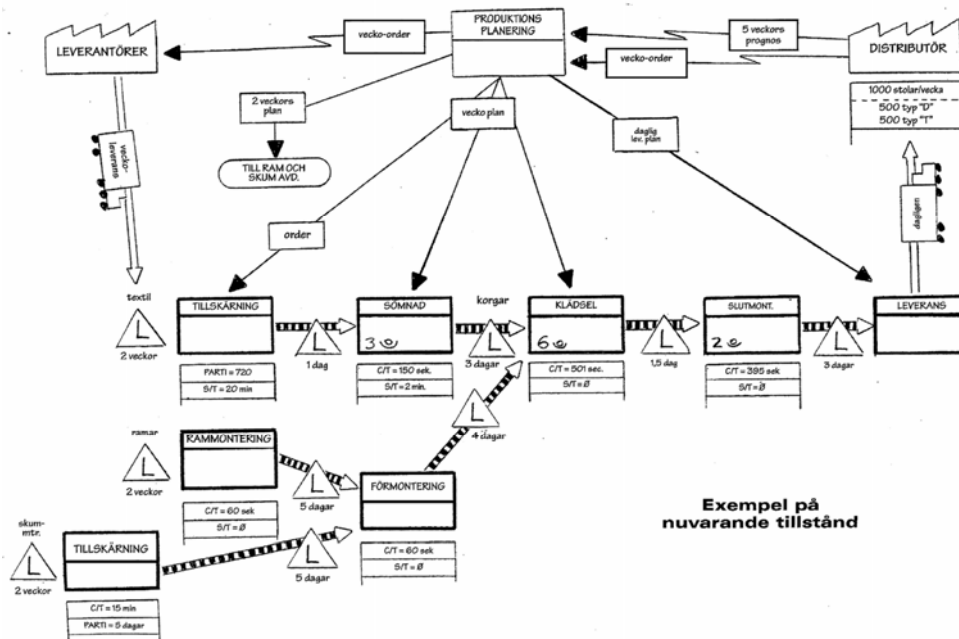
Vid utförandet ritas en schematisk bild över hur alla aktiviteter och processer som produkten genomgår, hänger ihop. För varje aktivitet anges vilka resurser som krävs i form av mankraft och maskiner samt hur lång tid aktiviteten tar. All denna information noteras i faktarutor, kopplade till respektive aktivitet. Tillverkningstiderna kan specificeras på olika sätt. Cykeltid är den tid det tar för en produkt att färdigställas i en process, d.v.s. tidsintervallet mellan varje artikel som färdigställs. Ledtid är den tid det tar för en produkt att förflytta sig genom en process och genomloppstid är den totala tiden för en produkt att ta sig genom hela tillverkningsprocessen. För att ytterligare specificera vad som händer i aktiviteterna kan det även anges hur stor andel av tiden som är värdehöjande tid. Värdehöjande tid är den tid i processen som ökar värdet på produkten för kunden (*Rother & Shook, 2004*).

I kartläggningen ingår även om produkten ligger i lager mellan de olika aktiviteterna, transporter av olika slag samt hur kontroller och informationsvägar ser ut och hur de är kopplade till produktionen. Vid ritandet av en värdeflödesanalysskarta är det viktigt att definiera kopplingarna mellan aktiviteterna. Kopplingarna kan utformas på olika sätt för att påvisa olika sorters flöde. Exempelvis kan olika typer av pilar användas för flöde av material och flöde av information, samt om kommunikationen sker elektroniskt eller manuellt. Det är även viktigt att tydliggöra de kopplingar som avser flödet av material och av själva produkten (*Rother & Shook, 2004*).

Om möjligt kan flödeskartan även kompletteras med en tidsaxel, som visar alla tider för processerna samt för eventuella lagerhållningar.

Det finns inget givet sätt att gestalta en flödeskarta på, utan utformningen kan se ut på många olika sätt. Rekommenderat är dock att så mycket information som möjligt inkluderas utan att flödeskartans överskådlighet och tydlighet förloras. Exempel på en värdeflödesanalys visas i Figur 3.4. Det rekommenderas att kartläggningen utförs av samma person eller grupp för hela värdeflödet. De olika processerna bör inte kartläggas var för sig och sedan byggas samman då det finns risk att viktig information om hur processerna är sammanlänkade förbises (*Rother & Shook, 2004*).

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande



Figur 3.4, Exempel på en värdeflödesanalyskarta (Rother & Shook, 2004).

Efter att processens nuvarande tillstånd har kartlagts kan förbättringsmöjligheterna identifieras genom att en likvärdig flödeskarta över det önskade framtida tillståndet skapas. Utifrån denna flödeskarta kan en handlingsplan senare tas fram (Hamon & Jarebrant, 2007). Eftersom värdeflödesanalysen oftast har som huvudsyfte att vara underlag för förbättringsarbeten i form av eliminering av slöseri och effektivisering av material- och informationsflöden, är det därför viktigt att vid kartläggningen identifiera det verkliga flödet, inte ett tänkt flöde då allting rullar på utan eventuella komplikationer. Tillförlitligheten hos exempelvis tider och mängder i kartläggningen beror på studiernas omfattning. Om processerna studeras under längre perioder minskar risken för värden som avviker från normalvärdena. Fördelen med att använda värdeflödesanalys vid utvärdering av förbättringsarbeten, är att den gör det enklare att se vilka effekter en ändring kommer att ha jämfört med om endast ett enskilt moment studeras.

3.3.2 Activity Sampling

Activity sampling är en metod för att mäta aktiviteter, ibland även benämnd frekvensstudie. Det görs genom "en serie momentana observationer av pågående arbete vid slumpmässiga tidpunkter under en tidsperiod" (*Jenkins & Orth, 2004*). Syftet med metoden är att få fram hur stor andel tid som läggs inom olika fördefinierade kategorier av arbete.

Activity sampling går ut på att vid olika tillfällen observera vilka aktiviteter som utförs, för att senare få fram en tidsfördelning av dessa aktiviteter. Vid slumpmässiga tidpunkter följer observatören en förbestämd rutt längs arbetsområdet och noterar de aktiviteter som förekommer. Aktiviteterna grupperas i fördefinierade kategorier. Kategorierna utformas så att alla typer av aktiviteter kan placeras i någon av dessa grupper. Hur kategorierna delas upp och vilken fördelning dessa har beror givetvis på det resultat som önskas fås av studien.

Observationerna bör utföras vid slumpmässiga tidpunkter om arbetsprocessen är uppreppande eller följer ett visst mönster, samt för att minska risken att de studerade personerna ska komma att förändra sitt beteende vid observationstillfällena. (*Abdellah & Levine, 1954*) Av samma anledning är det även en fördel att påbörja observationsrutten från olika startpunkter (*Jenkins & Orth, 2004*).

För att observatören ska kunna bedöma och kategorisera de olika arbetsmomenten är det viktigt att denne är väl insatt i arbetsuppgifterna (*Pelletier & Duffield, 2003*). Då det krävs speciell kunskap för att kunna bedöma arbetet, kan personalen i vissa fall tillåtas att själv notera sina arbetsuppgifter. Med denna metod minskar resursanvändningen för studien, men resultatet riskerar i gengäld bli missvisande på grund av att observationerna inte utförs av en objektiv part.

Resultat

Activity sampling bygger på ett stort antal momentana observationer, vanligtvis under en begränsad tidsperiod. Varje observation visar vilka aktiviteter som pågår vid just det tillfället. Metoden för Activity sampling bygger på att fördelningen av dessa aktiviteter vid observationstillfällena kan antas vara representativ för arbetet under lång tid (*Pelletier & Duffield, 2003*). Resultatet blir givetvis tillförlitligare ju fler observationer som genomförs. Beroende på hur aktiviteterna kategoriseras kan olika resultat avläsas. Vid användning av många kategorier krävs fler observationer för att resultatet ska bli tillförlitligt.

Metoden ger ett resultat som endast visar hur stor andel tid som läggs på de olika aktiviteterna. Resultaten från studien visar inte hur produktiva de studerade objekten är eller arbetsuppgiftens relevans, endast vilken typ av aktivitet som utförs och hur stor andel av arbetstiden som denna aktivitet upptar. För att kunna bedöma produktiviteten krävs kompletterande studier samt uppgifter om arbetsinnehåll.

Användningsområde

Då mätningarna är beroende av vilka kategorier aktiviteterna delats in i under mätningarna, är det viktigt att veta vad resultaten skall komma att användas till redan under utformning av kategorierna.

Activity sampling är en lämplig metod exempelvis för att avläsa andelen spilltid eller andel tid av en arbetsdag som inte är produktiv och under vilka tidsperioder detta inträffar. Denna typ av mätresultat kan användas som underlag för förbättringar av logistik, produktivitet samt för att minimera spilltiden.

Activity sampling kan även utformas för att mäta arbetsfördelning mellan olika aktiviteter, tidfördelning i olika arbetsmiljöer samt nyttjandegrad av olika redskap.

Ett exempel på kategorisering av arbete nämns i rapporten ”Productivity Improvement Through Work Sampling” (Jenkins & Orth, 2004). I denna har tre huvudindelningar gjorts i form av produktivt/direkt arbete, stödjande aktiviteter samt aktiviteter där tid går att spara in (recoverable). De stödjande aktiviteterna har i sin tur delats in i materialhantering, städning, mottagande av instruktioner, ritningsläsning och utsättning, flytt av verktyg och utrustning samt säkerhetsåtgärder. De aktiviteter som anses vara inhämtningsbara är försenad start och tidigt avslut, ej schemalagda raster, transporttid och frånvaro från arbetsplats. Utöver dessa finns även kategorin stilleståndstid på grund av larm, då det på arbetsplatsen i den specifika studien fanns risk för kemiska utsläpp. Vid eventuellt utlöst larm, var alla personer i området tvungna att avstanna arbetet och lämna arbetsplatsen.

I studien ”Slöseri i byggprojekt” (Josephson & Saukkoriipi, 2005) har ett antal byggnadsarbetare observerats under 22 dagar. Dock framgår det inte av rapporten vilken typ av observationsmetod som använts. I den studien har arbetsmomenten delats in i kategorierna *direkt värdeökande arbete*, *förberedelser* och *rent slöseri*. I gruppen förberedande arbete ingår alla förberedande arbeten som utförs några få meter från arbetsstället, materialhantering och arbetsplanering medan kategorin rent slöseri definierats som omarbete, väntan, outnyttjad tid och avbrott samt förflyttning mellan arbetsställen. Resultatet påvisade att 17,5 % av tiden lades på direkt värdehöjande arbete, 45,4 % på förberedande arbete och ca 33,4 % av tiden var rent slöseri.

Ett annat exempel på ren activity sampling, utförd inom VVS-branschen, presenteras av Hammarlund & Rydén (1989). De delar in arbetsmomenten i *direkt* och *indirekt* arbete, *stödverksamheter* som materialhantering och arbetsplanering, *störningar* i form av väntan och outnyttjad tid, samt *avbrott i arbetet* på över 30 minuter samt korrigeringar av utfört arbete. Resultaten av denna studie påvisar 36 % direkt arbete och 13 % störningar. Observationerna för denna studie är inte utförda med jämn fördelning över dagen, där morgonen och tider i anslutning till raster är underrepresenterade.

För- och nackdelar

Activity sampling lämpar sig inte för att mäta produktivitet, då resultatet av metoden påvisar andel tid som läggs på de olika aktiviteterna, inte resultatet av det arbete som

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

utförs eller vilken hastighet det utförs med. Resultatet av studier med metoden är starkt beroende av hur aktiviteterna kategoriseras. Skillnader i kategoriseringar kan göra resultat från olika studier svåra att jämföra.

En stor risk med metoden är att personer som ingår i studien ändrar beteende vid observatörens närvaro (*Pelletier & Duffield, 2003*). Det är viktigt att de observerade personerna blir väl informerade om observationerna och dess syfte, så att de accepterar observatörens närvaro och att de förstår vikten av att deras arbete pågår som vanligt (*Abdellah & Levine, 1954*). I en tidigare studie som utförts av Abdellah & Levine (*1954*) inom sjukvården, visade dock resultatet att de observerade personerna snabbt slutade tänka på observatörerna närvaro och arbetade som vanligt.

För att få ett tillförlitligt resultat med activity sampling krävs ett stort antal mätningar, särskilt om mätningen infattar en detaljerad indelning av kategorier eller aktiviteter. Då metoden kräver många mätningar, riskeras även att observatörerna blir trötta eller ofokuserade. Intervallen mellan observationerna är beroende av det totala antalet mätningar som vill uppnås, vilket gör att observationerna bör utföras tätare om den totala observationsperioden är kort, för att få ett tillförlitligt resultat. Arbetsplatsens utformning är också en viktig faktor, då det ska vara möjligt att utföra observationsrutten inom den givna tiden. Ett förslag till tidsintervall ges av Abdellah och Levine (*1954*) på 15 eller 20 minuter, medan Jenkins och Orth (*2004*) använde sig av intervall mellan 25 och 30 minuter. Jenkins och Orth nämner även att ett totalt antal av 5000 observationer ger ett mycket tillförlitligt resultat, med mindre än två procents felmarginal.

Activity sampling bygger på punktobservationer. En stor fördel med detta är att ett flertal objekt kan observeras samtidigt. Tyvärr kan dessa punktobservationer också leda till att det vara svårt att få en helhetsbild av arbetsmomenten. Det är därför viktigt att observatören är väl inläst på ämnet och har en god förståelse för arbetsmomenten för att undvika felkategoriseringar av aktiviteterna (*Pelletier & Duffield, 2003*).

Det finns liknande metoder där den observerade personen tillåts föra en egen loggning av aktiviteterna som utförs. På detta sätt elimineras den extra resurs som krävs i form av en observatör och om arbetsuppgifterna är komplexa, kan det i vissa fall vara svårt för en utomstående att förstå innebörden av alla aktiviteter. Nackdelen med denna metod är givetvis att observationerna inte utförs av en objektiv part och att resultaten kan bli missvisande på grund av okunskap av observatören kring metoden och kategoriseringen (*Pelletier & Duffield, 2003*).

Ytterligare en metod för att observera hur arbetstid fördelar sig över tid är kontinuerliga mätningar, vilket innebär att en observatör följer en person, eller ett mindre antal personer, under hela arbetstiden och noterar vilket arbete som utförs. Detta ger observatören bättre möjlighet till förståelse av det arbete som utförs och då mätningarna utförs kontinuerligt, förlitar sig dessa inte heller på statistik. Nackdelen är dock att denna typ av mätning kräver mer resurser då metoden begränsar antalet personer som kan observeras. Observatören har inte heller någon möjlighet att utföra andra arbeten parallellt med studien (*Abdellah & Levine, 1954*).

4 Metod för värdeflödesanalys

För att på ett tydligt sätt utforma en beskrivning av stomproduktionen har metoden värdeflödesanalys valts. Värdeflödesanalysen har begränsats till de aktiviteter på byggarbetsplatsen som är direkt kopplade till stombyggandet. Värdeflödesanalyser har även utförts för en del av de leverantörer som tillverkar och levererar viktiga komponenter till den bärande stommen.

För att kunna applicera metoden för värdeflödesanalys på stombyggande inom byggbranschen har vi valt att modifiera det traditionella sättet att utforma en värdeflödesanalys inom tillverkningsindustrin. Anledningen till detta är att det inom tillverkningsindustrin normalt tillverkas en och samma produkt flertalet gånger. Begrepp som cykeltid och leddid är exempelvis svåra att applicera inom byggbranschen då bostaden eller byggnaden i sin helhet ses som en produkt, vanligtvis helt unik. Inom tillverkningsindustrin sker arbetsmomenten också vanligtvis i en produktionslinje vilket gör att det sällan uppstår aktiviteter som utförs parallellt för en och samma produkt. Inom byggbranschen är det arbetarna som rör sig kring en produkt och flyttar vidare efter att arbetsmomentet är slutfört för den aktuella delen. Detta skiljer sig mot att det inom tillverkningsindustrin är en produkt som förflyttar sig genom produktionslinjen. Även om metoden för en traditionell värdeflödesanalys inte anses direkt tillämpbar på en stombyggnadscykel, kan den dock vara lämplig för andra delar av produktionen, exempelvis när det gäller flödet av delkomponenter till stommen, t.ex. armering.

Begreppet värdeflödesanalys kommer fortsättningsvis att användas för den metod som utformats för denna studie, trots att metoden i vissa avseenden avviker från de traditionella värdeflödesanalyserna.

I stombyggnadsskedet hos en byggnad med flera plan eller trapphus återfinns normalt någon form av upprepning i produktionen. Dessa cykler gör därför att en mindre del av produktionen kan komma att vara representativ för en större del av stombyggandet.

Stombyggandet pågår kontinuerligt och den slutliga produkten, i detta fall stommen, är inte färdigställd förrän hela stomkonstruktionen är rest. Då examensarbetet pågår under en begränsad tidsperiod, är det i detta fall inte möjligt att studera hela stomupbyggnaden. En begränsning har gjorts till en del i produktionen, en cykel, som sedan upprepar sig hos olika våningsplan alternativt hos olika etapper av våningsplanen. Denna begränsning gör att det har krävts en definiering av en start- respektive stoppaktivitet för värdeflödesanalysen. Exempelvis påbörjas värdeflödesanalysen efter gjutningen av ett bjälklag och slutar sedan då gjutningen av ovanliggande bjälklag är färdigställd. Genom att avgränsa cykeln på detta vis kommer alla arbetsmoment med i studien, trots en begränsad observationsperiod.

Värdeflödesanalyser som utförts för leverantörernas produktion och leveranser, har begränsats till att endast redovisa den del av produktionen där produkten har direkt koppling till stombyggandet. Dessa värdeflödesanalyser har utformats på separata flödeskartor. Kopplingen mellan leverantörer och byggarbetsplatsen visas dock både i leverantörernas flödeskartor och i värdeflödeskartan över produktionen på byggarbetsplatsen.

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande

I vårt fall har värdeflödesanalyser utförts för stomcykeln för det observerade byggprojektet, dess armeringsleverantör samt för dess betongleverantör. Anledningen till att studier har valts att utföras för dessa två leverantörer är att de har stor roll i stomproduktionen, att de hade ett intresse att ställa upp i studien, men framförallt att de har haft närliggande produktion som gjort det praktiskt möjligt för besök. Utöver dessa två leverantörer fanns även ett intresse att studera leverantören av plattbärlag, vilket tyvärr inte var möjligt i detta fall.

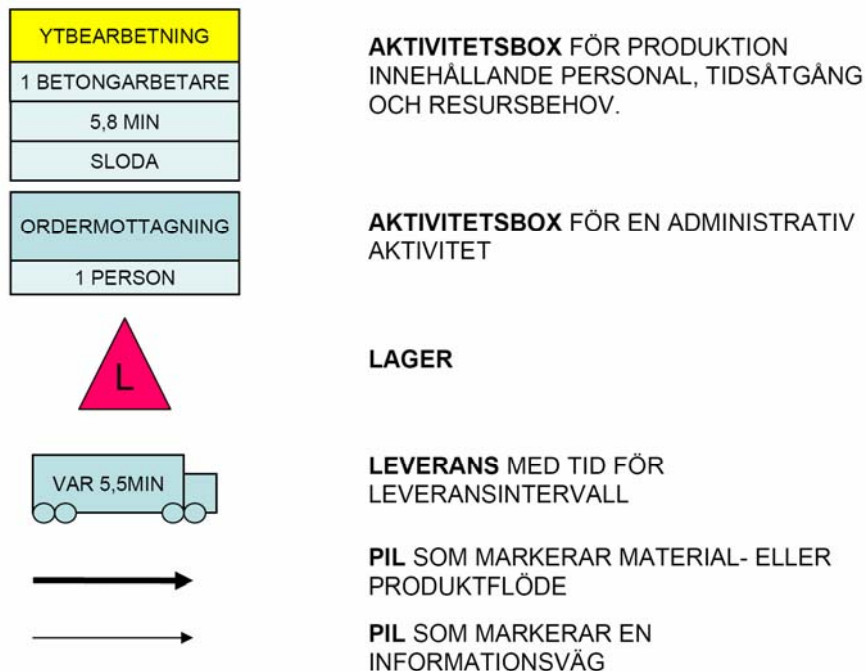
En specialstudie har även utförts av valvgjutningen. Detta arbetsmoment har observerats på en mer detaljerad nivå där klockslag för leveranser, påbörjan av utläggning av betongen samt färdigställandet av ytbearbetningen för respektive leverans har noterats. Valvgjutningen har till skillnad från övriga arbetsmoment studerats för två etapper.

4.1 Redovisningsmetod

Värdeflödesanalyserna har valts att redovisas i två delar. Den huvudsakliga delen är en karta över värdeflödet som beskriver produktionen i bildform. Denna karta ska innehålla så mycket information som möjligt, men måste hållas enkel för att bibehålla dess överskådlighet. Som komplement till kartan finns en kortare text som kompletterar bilden med en del förklarande information samt information som är svår att återge visuellt i kartan. Utöver värdeflödesanalysen har det även sammanställs en text som beskriver verksamheten hos företagen samt deras produktionslinjer.

Syftet med kartorna är att kunna ge en visuellt överskådlig bild av vad som händer på byggarbetsplatsen under stombyggnadsskedet samt att på ett överskådligt sätt kunna se kopplingarna till leverantörerna. Kartorna är uppbyggda av boxar där varje box står för en aktivitet eller händelse. Boxarna har olika utformning beroende på om det är lager, produktion eller planering. I aktivitetsboxarna finns information om vilken typ av arbete som utförs, vilken tid aktiviteten upptar samt vilken personal som är avsatt för aktiviteten. Det uppges även vilka större verktyg och hjälpmedel som behövs för att utföra det aktuella arbetsmomentet. Koppling mellan boxar och symboler visas med hjälp av pilar. Förklaring över de symboler som använts till flödeskartorna återfinns i Figur 4.1.

På de flesta byggarbetsplatser pågår flera arbetsmoment parallellt. Av denna anledning har ingen tidslinje med värdehöjande tid och ledtid redovisats i värdeflödesanalysen.



Figur 4.1, Teckenförklaring för symboler som används i flödeskartorna.

5 Metod för activity sampling

I mätningarna med metoden activity sampling har vi valt att avgränsa oss till att endast studera de yrkesarbetare och installationsmontörer som utför arbete relaterat till den bärande stommen. I samband med observationerna, studeras även kranar på byggarbetsplatsen, med avseende vilka aktiviteter de utför.

5.1 Klassificering av arbete

För att enkelt kunna göra en bedömning av arbetet har de aktiviteter som kan tänkas uppstå under stombyggandet klassificerats i olika kategorier. Denna klassificering utfördes innan observationerna på byggarbetsplatsen påbörjades för att underlätta studierna. Klassificeringen utarbetades i samarbete med ett parallellt pågående examensarbete som också utför activity sampling-mätningar (Wahlström & Lindén). Metoden och klassificering i en tidigare studie, se avsnitt 3.3.2 (Jenkins & Orth, 2004), har till stor del legat till grund för utförande, protokollutformning samt klassificering. Dock har metoden utvecklats och omformats för att passa till en platsgjuten stombyggnadscykel. Under observationerna uppstod aktiviteter som inte fanns med i den fördefinierade kategoriseringen. Dessa kompletterades i förteckningen efter hand.

Den första indelningen av aktiviteter gjordes som huvudgrupper. Dessa huvudkategorier grundades på den fördelning som anses vara relevant för slutresultatet. Då huvudsyftet är att lokalisera vilka aktiviteter det uppstår onödiga störningar inom, har indelningen gjorts i *direkt arbete*, *indirekt arbete* och *störningar*. Det direkta arbetet är det arbete som tillför ett direkt värde åt den slutgiltiga produkten, d.v.s. byggnaden. Det indirekta arbetet är de arbeten som inte tillför något direkt värde, men som är nödvändigt för att det direkta arbetet ska kunna utföras. Aktiviteterna i denna kategori kan inte tas bort, men det finns vinster i att inte låta dessa arbetsmoment utgöra en för stor del av arbetstiden. Störningar är den typ av aktiviteter som inte gör någon nytta och som borde elimineras helt. Dessa tre huvudgrupper utgör stommen i kategoriseringen, som kompletterats med ytterligare en fjärde kategori kallad *missing in action* som används då en arbetare inte kan lokaliseras.

Inom grupperna indirekt arbete och störningar finns de aktiviteter som vi anser att det finns störst möjlighet till reduceringar av och på så sätt öka den totala produktiviteten. Dessa huvudkategorier har därför indelats i ytterligare undergrupper. På så sätt kan de aktiviteter som upptar störst andel av tiden lokaliseras. Reducering av andelen tid hos dessa aktiviteter kan ge en stor vinst till den totala effektiviteten på byggarbetsplatsen.

Nedan följer en beskrivning av kategorierna och exempel på vilka aktiviteter som placerats i respektive grupp. Då vi i detta examensarbete har begränsat oss till studier av stombyggande hos mellanbjälklag, innefattar kategorierna inte aktiviteter som berör den grundkonstruktion, takkonstruktion eller aktiviteter som inte är stomrelaterade. Vi anser däremot kategoriindelning vara applicerbar även på de arbetsmomenten.

5.1.1 Direkt arbete

Direkt arbete är det arbete som kan anses vara värdeskapande för byggnaden. Arbetena ger ett direkt tillskott till byggnaden i form av montering eller inbyggnad av material eller ger en positiv inverkan på kvaliteten på byggnaden.

Även om studien avser den bärande platsgjutna betongstommen kommer även montering av bärande stålpelare, balkonger och trappor att inkluderas då dessa anses ingå i stomcykeln. Montage av utfackningsväggar inkluderas inte i den bärande stommen, men aktiviteten tas i vissa fall upp då den har direkt inverkan på stomcykeln.

Vid produktion av stomsystem med kvarsittande form av exempelvis plattbärlag eller skalväggar är formmontaget direkt värdeskapande då detta kommer att vara en del i den färdiga byggnaden. För att denna produktionsmetod ska kunna jämföras med stomgjutning med traditionell form har vi valt att även låta montage och demontage av det traditionella formsystemet klassas som direkt arbete. Eventuell tillverkning av form eller flytt av formen till mellanlager klassas däremot inte i denna kategori.

I kategorin direkt arbete ingår exempelvis:

Formarbeten

- Montage av kvarsittande form eller formsystem.
- Demontage av förtillverkad traditionell form.
- Isolering av formsystem.
- Oljning av formsystem.
- Tätning av skarvar hos exempelvis plattbärlag och avstängning av skalväggsgavlar.
- Flytt av form efter demontage om detta sker direkt till nytt montageställe.

Armeringsarbeten

- Utläggning och montage av armering, inklusive skarvnät hos plattbärlag och skalvägg.
- Kapning och böckning av armeringsjärn.
- Najning.
- Utplacering av distanser.

Installationsarbeten

- Utläggning och montage av installationer.

Gjutningsarbeten

- Utläggning, vibrering, slodning och glättning vid gjutning av betong.
- Vattning och eventuell täckning av betongen.
- Skrapning, knackning och bilning avsedd att förbättra utformning och ytskikt hos betongyta.

Övriga montagearbeten

- Montage av trappor, balkonger eller övriga prefabricerade element.

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande

Arbeten som är omarbeten eller justeringar på grund av tidigare fel klassas som direkt arbete. Anledningen till detta är att det kan vara svårt att avgöra vilka arbeten som ingår i denna grupp. Om det är uppenbart att arbetet är ett omarbete antecknas detta i kommentarfältet. Kommentarer lämnas även om det noteras att ett arbetsmoment tar onormalt lång tid på grund av tidigare felarbeten eller tillfälliga problem.

5.1.2 Indirekt arbete

Indirekt arbete är det arbete som inte tillför något direkt värde till byggnaden men som är nödvändigt för att det direkta arbetet ska kunna utföras.

Denna arbetskategori har delats in i ytterligare undergrupper.

Förberedande arbete

- Planering av arbete (ritningsläsning, utsättning/måttsättning, beräkningar, givande eller mottagande av instruktioner)
- Utbildning
- Tillverkning av återanvändbart formsystem för gjutning
- Montage av formkompletteringar bestående av skivor och brädor
- Förberedande håltagning och tätning av form för installationsdragning
- Kapning och öppning av armeringsnät eller armeringsstegar för dragning av installationer
- Formning för dörr- och fönsterhål

Materialhantering

- Transport och flytt av byggnadsmaterial
- Kapning och sågning av skivor och brädor för användning som avstängare för gjutning
- Rivning av avstängare i form av skivor, brädor samt form som inte ska återanvändas

Utrustningshantering

- Transport och flytt av verktyg och annan utrustning samt gjutform om denna inte flyttas direkt till montageplats
- Rengöring och skötsel av verktyg och annan utrustning
- Montage och demontage av ställning
- Montage och demontage av stag, stämp och bockryggar

Städning

- Sopning och undanplockning av skräp och spillmaterial

Säkerhetsåtgärder

- Arbeten med säkerhetsåtgärder (montage av skyddsräcken, avspärrningstejp samt säkerhetsgenomgångar och skyddsronder)

Kontroller

- Kontroll av utfört arbete, mått och nivåer
- Ifyllnad av dokumentation för egenkontroll

Kranassistans

- Lastning och lossning av kran
- Styrning och guidning av kran med hjälp av radio eller visuella signaler
- Lastning och lossning av väggform som innebär ett direkt montage eller demontage inkluderas enligt tidigare i gruppen direkt arbete.

5.1.3 Störningar

Störningar är den grupp av arbete som inte tillför något till produktionen och som helst ska undvikas helt.

Stilleståndstid

- Tid där det inte utförs något synbart arbete
- Väntetid som personen inte själv styr över, exempelvis väntan på material eller avvaktan medan en kollega utför arbetsmoment som endast kan utföras av en person.
- Självvalda raster som inte är schemalagda
- Försening på morgonen eller efter rast, tidigt avslut inför rast eller kvällen samt ej jobbrelaterade diskussioner med kollegor.

Restid

- Alla sträckor som en arbetare förflyttar sig inom byggarbetsplatsen utan att denne bär med sig något (förflyttning mellan bod och arbetsområde, förflyttning till verktygscontainer eller materialupplag)

Produktionsstopp

- Kategorin produktionsstopp används då produktionen av någon anledning avbryts eller stoppas. Detta kan exempelvis bero på regn, leveranser som är försenade eller på grund av säkerhetsrisk. Kategorin används endast då det inte är möjligt att övergå till ett annat arbetsmoment under tiden.

5.1.4 Missing in Action

Denna kategori används då en arbetare saknas vid observationstillfället. Här placeras främst personer som inte kan återfinnas under observationsrutten vid enstaka observationer. Kategorin används även då arbetare som borde befinna sig vid arbetsområdet men som exempelvis är sjuka eller har övergått till arbeten vid annan del av arbetsplatsen trots att de är inräknade som resurs på den observerade delen. Detta innebär att det vid observationerna är viktigt att ha god kännedom om planerad användning av resurser.

5.2 Observationsutförande

Observationerna utförs vid slumpmässiga tidpunkter. Tider inom ett förbestämt intervall har slumpats fram med hjälp av datorprogrammet Matlab. Ordningen av ett spann av tider har slumpats fram, så att alla tider finns med en gång vardera. Därefter har ordningen slumpats fram åter och åter igen till dess att hela observationsperioden är täckt med observationstillfällen. På detta sätt fås en jämn fördelning av tidsintervallen över dagarna. Intervallen löper även över raster och mellan olika dagar. Detta gör att även starttiden på första observationen på morgonen och efter raster slumpas. Observationen görs endast under arbetarnas ordinarie arbetstid. Schemalagda raster och övertid har därför strukits ur observationsperioden.

För observationer av stomcykeln har valts ett tidsintervall på mellan 13 och 20 minuter. Detta tidsspann ansågs lämpligt då det ger observatörerna möjligheten att hinna söka upp arbetare som befinner sig utom synhåll. Ett schema över observationstider framtagna för en 18-dagarsperiod finns i bilaga A.

Vid valvgjutningen har tidsintervallet minskats för att ge fler mätvärden på detta specifika arbetsmoment. Tidsintervallet för gjutningen ligger på mellan 3 och 7 minuter. För observationer med detta tidsintervall har ett schema tagits fram endast för en observationsdag, detta för att denna typ av mätningar endast utförs under begränsade perioder. Observationsschemat finns bifogat i bilaga B. Dessa tider har vi även låtit löpa över raster, då det ansågs viktigt att följa aktiviteterna även om de arbetar över dessa tider.

Under observationerna noteras den aktivitet som utförs vid observatörens första uppsikt av respektive arbetare. Vid mindre observationsområden kan observationen utföras från en stationär punkt, medan vid ett större observationsområde bör en rutt genom området läggas upp.

Ett observationsprotokoll har byggts upp utifrån kategoriindelningen. I detta finns en sektion för varje observationstidpunkt, med rutor i vilka markeringar görs för varje observation. Utöver aktivitetskategori delas observationsvärdena även in i vilken yrkesgrupp som utför de observerade aktiviteterna. Utdrag ur protokoll visas i Figur 5.1.

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnad

Aktivitet	Direkt	Indirekt arbete							Störningar						
	Värdehöjande arbete	Förberedande	Materialhantering	Utrustningshantering	Städning	Säkerhetsåtgärder	Kontroller	Kranassistans	Stilleståndstid	Restid	Produktionsstopp	Missing in Action	Kran	Väder	Kommentarer
kl. :															
T															
B															
UE1															
UE2															
UE3															
UE4															

Figur 5.1, Protokoll för activity sampling.

Beteckningarna i kolumnen yrkesgrupp benämner enligt följande:

- T = Träarbetare
- B = Betongarbetare
- UE1 = Elektriker
- UE2 = Ventilationsmontör
- UE3 = Rörläggare
- UE4 = Smed

Som ett komplement till protokollet skrivs dagligen även dagboksanteckningar, som beskriver aktiviteter, händelser och speciella omständigheter.

Innan observationerna påbörjas hålls en information med berörda personer på byggarbetsplatsen. Detta görs då det är viktigt att personerna som ska observeras har förståelse för studien som ska utföras och därmed förstå vikten av att arbetet pågår som vanligt trots observatörernas närvaro. En övergripande information till alla arbetarna lämnas muntligt. Utöver denna lämnas en kortare skriftlig information för de som är intresserade av att veta mer.

För verifiering av metoden har även filmning av mindre arbetssekvenser utförts. Filmerna har studerats i efterhand för att verifiera diskussionerna kring kategoriseringen av arbetsmomenten.

5.3 Kranobservationer

Vid varje observation som utförs i samband med Activity sampling har observationer gjorts även av kranarna. En notering har gjorts med avseende på vilken aktivitet kranarna utför alternativt om dessa står stilla. Noteringen görs i samma protokoll som övriga observationer enligt Figur 5.1, avsnitt 5.2, med en fritextbeskrivning i krankolumnen. En kran anses vara aktiv då den utför lyft eller är på väg att utföra lyft, d.v.s. i alla fall då den är i rörelse, med eller utan last. Kranen definieras som stilla då den står olastad och inte är i rörelse.

Observationerna utförs alltså vid slumpmässiga tidpunkter med 13-20 minuters mellanrum.

6 Beskrivning av studerat byggprojekt

Arbetet baseras på studier av produktionen av ett åttavånings flerbostadshus i Malmö som byggs av Peab.

6.1 Objektsbeskrivning

Objektet är ett åttavånings flerbostadshus, med garage i källarplan, beläget i Malmö. Våningsplanen har en yta på ca 1350 m² BTA (Bruttoarea) och har fem trapphus med hiss. Källarplanet består av ett garage med 40 parkeringsplatser, ca 153 cykelplatser, 85 lägenhetsförråd samt installationsutrymmen.

Våningsplan 1 är indelat i sex lägenheter med egna terrasser och sex stycken lokaler på cirka 100 m².

Våningarna 2-7 består av två-, tre- och fyrrumslägenheter. Våningsplanen har identisk planlösning. Varje trapphus har mellan två och tre lägenheter, totalt tolv lägenheter per våningsplan. Lägenheterna är mellan 60 och 120 m² BOA (Bruksarea) stora med en sammanlagd bruksarea på ca 1088 m² per våningsplan. Alla lägenheter har balkong.

Våningsplan 8 består av sju lägenheter som är mellan 84 och 121 m² stora. Planet är indraget vilket gör att hela våningsplanet omgärdas av en terrass som varje lägenhet har en egen del av.

6.2 Översiktlig produktionsmetod

Källarplanet utformas med hjälp av platsgjutna ytterväggar medan innerväggarna gjuts med hjälp av skalväggar.

Även plan 1 använder skalväggar för gjutning av innerväggarna medan ytterväggarna här istället utgörs av utfackningsväggar. Anledningen till att skalväggar valts för detta plan är de många nivåskillnaderna som gör traditionell form svår och tidskrävande.

Plan 2 till 7 är identiska och utformas alla på samma sätt. De bärande väggarna på dessa plan gjuts på traditionellt sätt med väggformssystem. Ytterväggarna på dessa våningsplan består av utfackningsväggar.

Plan 8 är ett indraget våningsplan med terrass kring hela planet. Denna våning utformas med större takhöjd och trapphusväggarna här gjuts därför istället med hjälp av skalväggar. De övriga lägenhetsavskiljande väggarna platsgjuts med traditionell väggform. Valet av skalväggar beror, liksom hos plan 1, på olika nivåer och vägghöjder. De väggar som platsgjuts med väggformar är raka och enklare att forma.

Som bärande element i fasaden på plan 1 till 8 används stålpelare. Lägenheterna kompletteras i efterhand med färdigbyggda utfackningsväggar och icke bärande innerväggar av gips och stålreglar.

Balkonger och trappor är av prefabricerad betong och monteras med färdig yta.

6.3 Produktionsmetod stomme plan 2-7

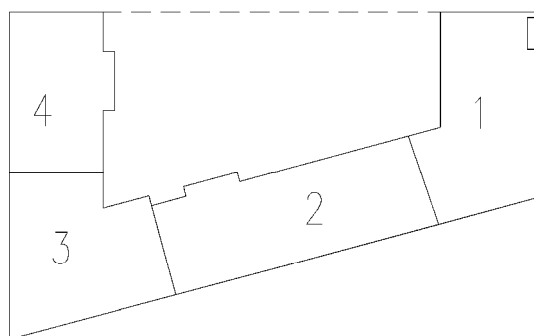
Väggarna gjuts på traditionellt sätt med hjälp av Peri-formsystem. Vägghöjderna monteras på plats med hjälp av kran och formen kompletteras sedan med platsbyggda formar för dörrhål, slitsar samt kantavstängare.

Väggarna armeras med nät av 9 mm armering c/c 300 mm. Armeringsnätet är fingerskarvat och sticker upp i ovanliggande plan. Eldosor och vp-rör för kabeldragning som ska gjutas in i väggen monteras fast på formen innan dubbling, d.v.s. form monterats på båda sidorna om väggen. Väggar gjuts sedan med hjälp av kran och bask.

Bjälklagen platsgjuts med hjälp av kvarsittande form av typen plattbärlag. Plattbärlaget lyfts upp med hjälp av kran och monteras på understöd av stämp och bockryggar. När plattorna ligger på plats kompletteras de med skarvnät, underkantsarmering, installationer för el, ventilation och VS samt överkantsarmering, innan pågjutningen utförs. Tätning av plattskarvarna utförs med hjälp av bruk.

Utfackningsväggarna i fasaden kompletteras med bärande stålpelare som göms i fasaden. Dessa sänks ned i underliggande plan efter att ovanliggande plattbärlag ligger på plats. Pelaren fästes över en bult som sticker upp från pelartoppen hos underliggande pelare och svetsas fast samman med den pelaren. Botten på pelaren fylls upp med betong för att pelarna ska förankras ordentligt. I några hörn kommer pelarna att vara synliga inifrån lägenheterna och pelarna utformas då cirkulära.

Arbetet för respektive våningsplan i det aktuella projektet indelas i fyra etapper enligt Figur 6.1, baserade på gjutning av bjälklaget som indelas i fyra omgångar. Efter att respektive bjälklagsetapp är gjuten påbörjas arbete med gjutning av bärande väggar samt montage av utfackningsväggar. Efter att dessa är på plats placeras stämp och bockryggar ut för ovanliggande plattbärlag, som sedan gjuts efter iläggning av armering och installationsdragning. På så sätt kan alla arbetsmoment pågå parallellt då produktionen ligger i olika skeden hos de olika etapperna. Varje våningsplan har en planerad produktionstid på 20 dagar. Produktionstiden reduceras till 18 dagar under observationsperioden, vilket beskrivs närmare i avsnitt 8.3.3.



Figur 6.1, Skiss över etappindelningen och gjutordningen hos ett våningsplan.

7 Resultat

7.1 Värdeflöden

7.1.1 Byggentreprenör

Styrning och planering

Information om produktionen och verksamheten är baserat på observationer på byggarbetsplats, ritningar och på intervjuer med arbetsledningen.

Byggprojektet leds ute på arbetsplatsen av en platschef samt två arbetsledare. Vid deras sida finns även en entreprenadingsenjör på plats för hjälp med exempelvis inköp och löpande uppföljning.

Yrkesarbetarna är i lag tilldelade olika arbetsuppgifter som de utför löpande. Ett lag utför alltså arbeten för ett och samma moment och flyttar med den eller de aktiviteter efterhand som objektet växer fram. Arbetsledarna har delat upp huvudansvaret för arbetsmomenten mellan sig och har på så sätt ansvar för olika delar av projektet. Arbetsledarna sköter kontakten med leverantör och för dialoger med hantverkarna kring de aktuella arbetsmomenten.

För att utforma en grundläggande planering av byggproduktionen med avseende på tider och resurser används datorprogrammet PlanCon (Consultec Byggprogram AB). En stor utskrift av huvudtidplanen som skapas med hjälp av programmet sitter uppsatt i mötesrummet och är på så sätt tillgänglig för alla. Denna huvudtidplan uppdateras inte efter byggstart. Förändringar hanteras istället med hjälp av en rullande tidplan som löper över en sexveckorsperiod och uppdateras en gång i veckan. Denna tidplan utformas med grund i huvudtidplanen och justeras efter nytillkommen information samt efter avstämning av de olika arbetsmomenten. I entrén till kontorsbodarna finns en whiteboardtavla i form av en kalender. På denna är alla leveranser uppskrivna med ett färgsystem som påvisar om leveransen är bokad eller om den exempelvis är beställd men obekräftad. Noteringar på whiteboardtavlan görs av ansvarig arbetsledare eller platschef, direkt i samband med förändringar. Detta gör att denna alltid innehåller den senaste informationen och är i vissa fall mer uppdaterad än den rullande tidplanen som uppdateras först på fredagen.

Utöver veckomötena som byggentreprenören håller med sina underentreprenörer, håller arbetsledningen även varje vecka ett informationsmöte för sina yrkesarbetare om vad som kommer att hända under den närmsta tiden. Under fikaraster och luncher hålls informella möten mellan platschef, arbetsledare, entreprenadingsenjör och utsättare där bland annat det pågående arbetet, leveranser och framtida arbete diskuterades.

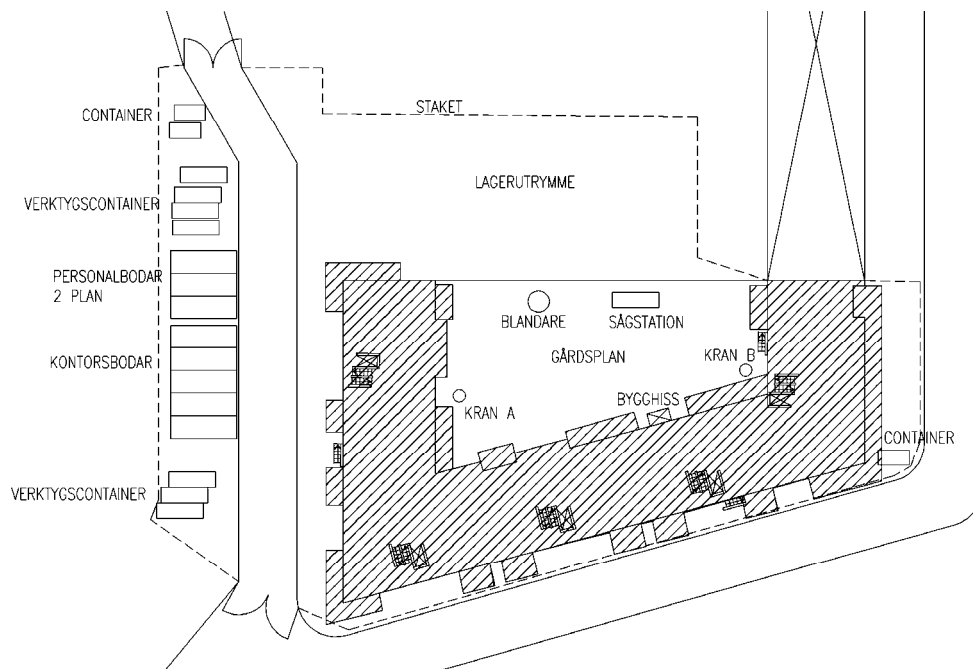
De flesta leveranser av stomkomponenter och andra material som byggs in under stomresningen bokas in tidigt i projektet. Korrigering av beställningarna och justering av leveransdatum utförs sedan av den ansvarige arbetsledaren om arbetet exempelvis

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

blev klart tidigare eller senare än ursprungsplaneringen. För att planering och leveranser ska hanteras på bästa möjliga sätt pågår en kontinuerlig dialog mellan arbetsledare och hantverkare ute på byggarbetsplatsen. Vid förseningar av leveranser informeras arbetsledaren om detta av leverantören.

Arbetsplatsdisposition (APD)

Byggarbetsplatsen är disponerad med bodar och verktygscontainers samlade i den ena änden av byggarbetsplatsen enligt Figur 7.1. Utöver de verktygscontainer som står i anslutning till bodarna har en del hantverkare och en underentreprenör även mindre verktygscontainer placerade uppe på ställningen i direkt anslutning till det plan och den etapp de arbetar vid. Dessa verktygscontainers flyttas med efterhand då arbetarna går över till nästa arbetsområde.



Figur 7.1, Arbetsplatsdisposition över byggarbetsplatsen.

Byggnaden omges av ställningar som byggs på efterhand som fler våningsplan tillkommer. Detta ställningsarbete utförs av en underentreprenör. Ställningen är kompletterad med tre trapporn, jämt fördelade kring huset. Utöver trapporna finns även en bygghiss, placerad vid byggnadens innergård.

Byggarbetsplatsen är försedd med två stationära kranar, placerade på varsin sida om gårdsplanen. Den ena kranen (kran A i Figur 7.1) är större och når över hela arbetsplatsområdet. Den andra lite mindre kranen (kran B i Figur 7.1) når över drygt halva arbetsplatsen. Vid montage av några större balkongelement vid byggnadens

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnad

bortre hörn, utnyttjas tillfälligt en mobil kran. Detta på grund av att de två stationära kranarna inte kan lyfta balkongernas vikt längst ut på armen.

Arbetsplatsområdets huvudmateriallager hålls på gårdsplanen. Mindre lager hålls även uppe på ställningar och på monterade balkonger. På detta sätt finns material tillhands i närheten av arbetsområdet och behöver endast lyftas upp i ett mindre antal omgångar.

På gårdsplanen finns även större utrustningar, exempelvis blandare och byggsåg. Byggsågen är placerad under en container med tre öppna sidor som på så sätt utformar tak och vägg för denna station.

Det finns tre avfallscontainers placerade på arbetsplatsområdet. En står placerad nära byggnadens baksida medan de andra två står placerade på arbetsplatsområdets motsatta hörn. Normalt kastas materialspill i mindre baskar placerade runtom på arbetsområdet. Dessa baskar töms sedan i containrarna med hjälp av kran.

Flödeskarta

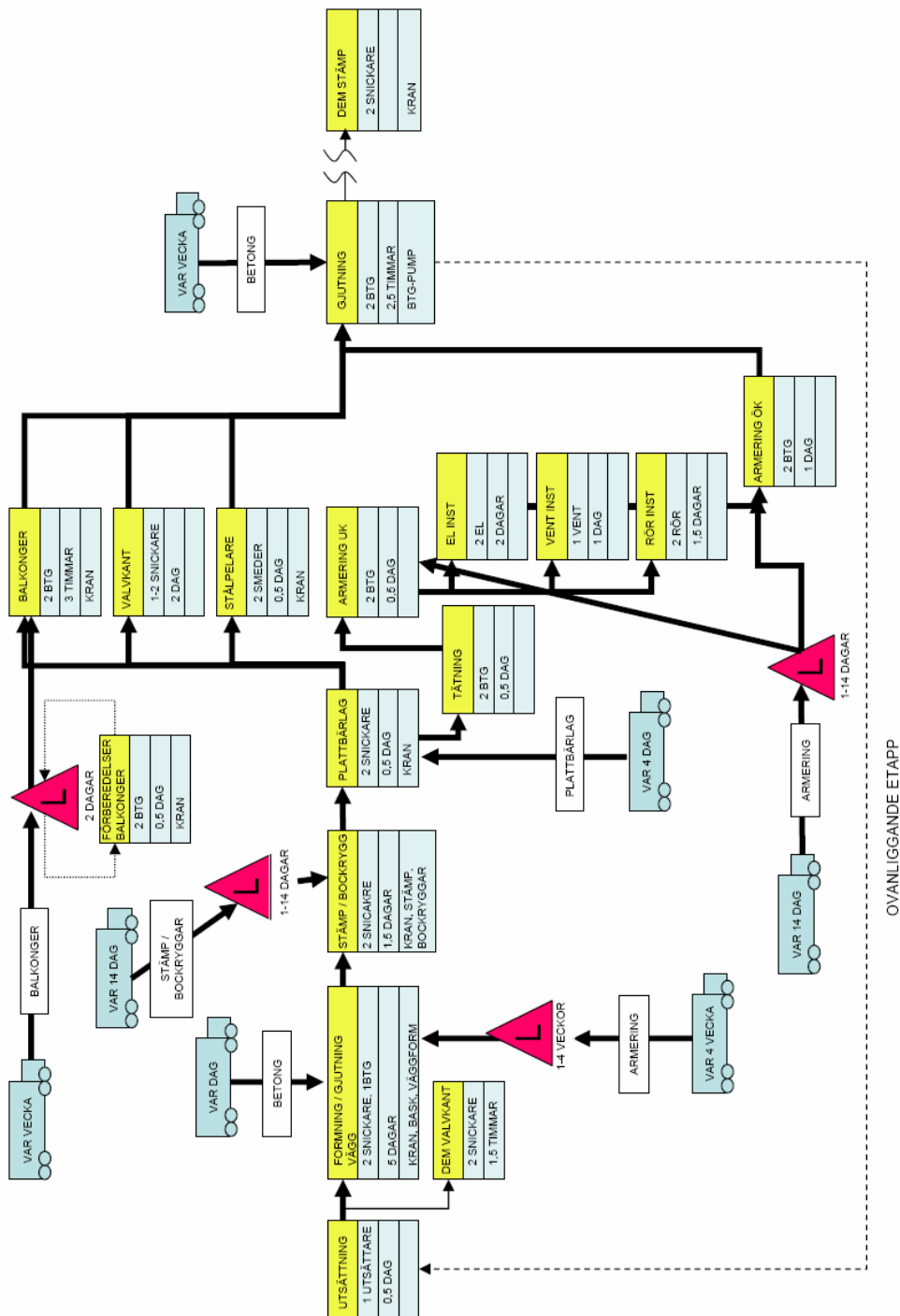
I Figur 7.2 är en flödeskarta sammanställd över produktionen av den bärande stommen, baserad på produktionen av en etapp av ett våningsplan. Produktionen upprepas i cykler för vardera våningsplan. Studien har utförts för en komplett stomcykel. Mätningarna utfördes till en början på etapp ett (se Figur 6.1), från utsättning t.o.m. montage av stämp och bockrygg. Från dess att plattbärlaget ska komma att monteras tills att det ovanliggande valvet gjutits, studerades etapp fyra.

Tiderna och resurserna i flödesschemat är baserade på det som uppmäts vid observationerna. I Tabell 7.1 återfinns produktionsfakta över de material som används för uppbyggnaden av den bärande stommen. Tider och mängder är uppskattade för den studerade etappen och skiljer sig något åt, mellan olika etapper.

Tabell 7.1, Produktionsfakta, förteckning över material och byggnadsdelar för studerad etapp.

Valv	Mängd	Enhet	Kommentar
Stämp	119	st	Varav 84 stycken med trebensstöd
Bockrygg	59	st	
Plattbärlag	200	m ²	14 element
Valv och avstängare	50	lpm	
Armering	1640	kg	Ca 1900 lpm, 649 st järn
Rör	260	lpm	Endast rör/ kanaldragning
El	270	lpm	Endast rör/ kanaldragning
Vent	15	lpm	Endast rör/ kanaldragning
Gjutning betong	42	m ³	
Balkonger	11	m ²	
Trappa inklusive vilplan	1	st	
Stålpelare i fasad	8	st	
Invändig stålpelare	1	st	
Vägg	Mängd	Enhet	Kommentar
Formsättning vägg	56	lpm	Dubbelsidig form, tillgängligt 25 m
Armering	920	kg	c/c 300, 9 mm diameter, 2 lager
Gjutning betong	28	m ³	Höjd 2,5 m, tjocklek 200 mm

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade



Figur 7.2, Flödeskarta över produktionen av den bärande stommen hos en etapp av ett våningsplan, baserat på observationer och kompletterande intervjuer. Teckenbeskrivning återfinns i Figur 4.1.

Resurser

Personalen arbetar i arbetslag om normalt två eller tre personer. Varje arbetslag är ansvarig för ett eller flera arbetsmoment och följer med dessa arbetsmoment allt eftersom stommen reses. Denna indelning behåller normalt arbetarna hela projektet igenom och att rotation istället sker mellan olika projekt (*Olsson O, 2007*). Genom denna indelning får personalen rutin och ökar sin effektivitet. Många arbetare önskar att arbeta på detta sätt, medan andra föredrar större variation i arbetet. I stombyggnadscykeln ingick totalt 19 personer och de fördelade sig enligt Tabell 7.2.

Tabell 7.2, Resurser i form av arbetskraft för den observerade stomcykeln.

Personal	Arbetsuppgift
1 utsättare	Utsättning
2 träarbetare, 1 betongarbetare	Formning och gjutning av vägg
2 träarbetare	Valvkant
2 träarbetare	Stämp, bockryggar och invändig stålpelare, Plattbärlag
2 betongarbetare	Tätning plattbärlag, Armering valv, Gjutning valv
2 betongarbetare	Balkonger, förberedelser och montage
2 smeder	Stålpelare i fasad
2 elektriker	Elinstallationer
1 ventilationsinstallationer	Ventilationsinstallationer
2 rörläggare	VS installationer

Produktionsplanering

Planering av produktionen görs av platschef och arbetsledning, med utgångspunkt från den tidplan som upprättats inför byggstarten. Arbetsledningen sköter den löpande kontakten med leverantörer för beställning av material och bekräftelse av leveranser. Denna kommunikation sker huvudsakligen via telefon. Det är även arbetsledningens uppgift att informera yrkesarbetarna om leveranstider och arbetsuppgifter.

Produktion

Produktionen är igång 5 dagar i veckan med arbetsdagar på 8 timmar.

Formning och gjutning av väggar

Väggformssystemets utformning gör att väggarna måste gjas i en viss ordning med avseende på planlösningen. Armeringsnäten till väggarna levereras i en omgång per våningsplan och lagras sedan på gården. Armeringen lyfts sedan upp till våningsplanen i omgångar, en för vardera etapp. Betong till gjutning levereras dagligen klockan 14:00 och transporteras direkt från betongbil till väggformarna med hjälp av kran och bask. Demontage av väggformarna utförs alltid nästföljande morgon.

Efter att majoriteten av de bärande väggarna är färdiggjutna påbörjas montage av utfackningsväggarna. Detta arbete pågår delvis parallellt med vägggjutningarna och sedan även med montage av stämp och bockryggar. Arbetet måste vara slutfört innan

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande

plattbärlaget kan monteras. Då utfackningsväggarna inte tillhör den bärande stommen har detta inte tagits upp i flödeskartan.

Stämp och bockryggar

Understöd till balkongerna monteras ihop till sektioner på gården och lyfts sedan upp till våningsplanen, i färdiga enheter, med hjälp av kran.

Stämp och bockryggar till plattbärlaget lyfts upp till planet i delar och monteras ihop på bjälklaget. I detta arbete inkluderas även montage av den stålpelare som kommer att vara synlig i en av lägenheterna, då detta montage utförs i samband med montaget av stämp och bockryggar. Arbetet kan inte påbörjas innan väggarna är färdiggjutna, på grund av utrymmesbrist på bjälklaget.

I samband med montaget av stämp och bockryggar, lyfter samma träarbetare även in gips och stålreglar till innerväggarna. På detta sätt finns materialet på plats i de utrymmen de ska användas i, innan utrymmena byggs igen med ovanliggande plattbärlag. Denna aktivitet är inte heller upptagen i flödeskartan då den inte tillhör den bärande stommen.

Stämp och bockryggar levereras vid två tillfällen per våningsplan. Totalt levereras stämp och bockryggar för tre våningsplan, vartefter understöden från de nedre planen demonteras och återanvänds för ovanliggande våning.

Plattbärlag

Leverans av plattbärlag sker i fem omgångar per våningsplan då vikten begränsar leveransmängden. Beställningen görs ungefär 12 veckor innan första leverans. Vid ändringar från beställaren kräver fabriken att detta sker minst fyra veckor innan planerad leverans.

Plattbärlagen lyfts på plats direkt från lastbil med hjälp av kran, med undantag för de kantbitar som har annorlunda utformning. De ligger normalt överst på lastbilsflaket men ska monteras sist. Mellanlagring sker då på ett närliggande bjälklag till dess att elementen kan monteras.

Tätning av plattskarvarna utförs efterhand bjälklaget läggs ut. Skarvarna tätas med bruk.

Underkantsarmering

Utläggning av underkantsarmering påbörjas efter att tätningen av plattbärlagsskarvarna är utförd. Arbetet kan inte påbörjas tidigare då samma betongarbetare utför båda arbetena. Leveranserna av armering kommer varannan vecka, lagras på gården och tas upp buntvis till varje bjälklagsetapp. Beställningen av all armering till stommen utförs på en och samma gång för hela stommen och vid ändringar krävs cirka fyra veckors framförhållning. Detta gäller med undantag för lösjärn som beställs efterhand. De kan beställas så sent som några dagar innan leverans.

Installationer

För att kunna påbörja arbeten med installationer krävs det att underkantsarmeringen är klar. Installationsmontaget påbörjas efterhand som armeringen läggs ut. Allt eftersom installationsarbetet är klart, monteras överkantsarmeringen.

Kantavstängning

Montage av valvkantsavstängning påbörjas direkt efter det att plattbärlaget är på plats, men kan inte slutföras förrän trappan och balkongerna är monterade. Arbetsmomentet utförs i omgångar utspjutt över ca fyra dagar. Valvkantsformen rivs dagen efter att bjälklaget har gjutits.

Balkonger

Balkongerna levereras prefabricerade med färdig yta. Vid leverans lossas balkongerna från bil med hjälp av kran och läggs ut över gårdsplanen. Här förbereds de med ytskiktsskyddande duk och skyddsräcken, innan de monteras på respektive våning med hjälp av kran.

Leveranserna är indelade i fyra omgångar, en för vardera etapp. Leveransen till den första etappen är på grund av vikt uppdelad på två bilar, som ankommer med en dags mellanrum. På denna etapp klarar inte heller de stationära kranarna att lyfta alla balkonger på plats och en mobil kran hyrs därför in.

Balkongerna beställs tolv veckor innan första leverans och vid eventuella ändringar kräver leverantören att det meddelas minst fyra veckor innan leverans.

Gjutning av bjälklag

Betongleveranserna för gjutning av bjälklaget kommer i lass om 7,5 m³ med tidsintervall efter byggtreprenörens önskemål. Utläggning av ett lass med tillhörande vibrering och ytbearbetning tar i genomsnitt 15 minuter, enligt Tabell 7.4, avsnitt 7.1.4. Utkörning av mobil betongpump och betongleveranser koordineras av betongleverantören.

Trappor

Montaget av trappor är inte upptaget i flödeskartan, på grund av att denna aktivitet utförs i flera mindre etapper. Detta gör att vi inte ansett att det går att presentera detta visuellt på ett överskådligt sätt i flödeskartan.

Montage av viloplanet sker efter att angränsande väggar gjutits. Viloplanet monteras med hjälp av ingjutna dubbar som placeras i urtagningar i betongväggarna. För att förankra dubbarna, gjuts urtagningar sedan igen. Efter detta monteras den nedre trappsektionen. Allt montage sker med hjälp av kran. Trappans övre sektion monteras först efter att plattbärlaget ligger på plats. Arbetet utförs av samma två betongarbetare som monterar balkongerna.

Trappor beställs cirka tolv veckor innan första leverans och vid ändringar skall det meddelas till leverantören minst fyra veckor innan leverans.

7.1.2 Betongleverantör

Organisationsbeskrivning

Betongleverantören har sin betongstation placerad i Malmö. Information om verksamheten är baserad på platsbesök på betongstationen samt intervju med stationschefen (*Olsson M, 2007*).

I fabriken finns en större och en mindre blandare. Den mindre blandaren är en tvångsblandare och rymmer 2,25 m³. Majoriteten av produktionen sker i den större blandaren som är en frifallsblandare och rymmer 7,5 m³. I denna blandas betong av diverse kvaliteter och flytningsgrader. Blandaren styrs av ett datoriserat system som handhas av blandarteknikern. Betongreceptet förs in i datorsystemet som sedan styr uppvägning av ballast, cement, vatten och tillsatsmedel. All uppvägning sker maskinellt. Ballast och cement förvaras i silos högst upp i fabriken. Materialen tappas ut nedåt till en våg och sedan vidare ner i blandaren. Betongbilarna kör in och placerar sig under blandaren som fyller bilen. Blandaren har en kapacitet på 7,5 m³ per blandningsomgång. Denna volym motsvarar kapaciteten hos en betongbil.

Påfyllning av ballast till fabriken sker normalt dagligen med hjälp av en till tre lastbilar. Dessa bilar kör turer och hämtar det material som behövs. Cement får fabriken levererat till sig. Sten, grus och cement lastas av på ett transportband som transporterar materialet upp till respektive silo, högst upp i fabriken. Tillsatsmedel och vatten pumpas upp till respektive behållare. I fabriken finns även en behållare med stålfibrer. Övriga specialmaterial som exempelvis lecakulor, beställs efter att en order inkommit om betong innehållande denna komponent och levereras inför användning.

Information om mängden material i respektive silo syns på datorn inne på kontoret. Personen som sköter blandaren styr därmed också vilka material som deras lastbilar ska köra och hämta och i vilken ordning.

På fabrikstomten finns ett litet extralager av ballast, som nyttjas som buffert vid eventuella problem. Mängden av detta material motsvarar ungefär en dags förbrukning.

Egenkontroller på stationen görs genom att betongen provtas regelbundet och vissa blandningssatser testas och kontrolleras med avseende på kvalitet. Provtagningen görs internt på betongstationen.

Order inkommer till stationens ordermottagning där det arbetar en person. Beställningarna noteras manuellt i en liggare och även i en datoriserad planeringskalender. I kalendern markeras betongbeställningarna med olika färger beroende av status. Olika färg används om beställningen innefattar pump, samt om pumpen är beställd eller bekräftad. I varje beställning kan det utläsas mer information angående ordern som exempelvis leveranstider och önskad betongkvalitet. Kalendern ger en bra överblick över vilka dagar fabriken har hög respektive låg beläggning.

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

Liggaren används som ett hjälpmedel för att se varje utgående leverans. Ordermottagaren planerar morgondagens första leveranser. Rullande leveranser över resterande del av dagen planeras sedan av blandarteknikern.

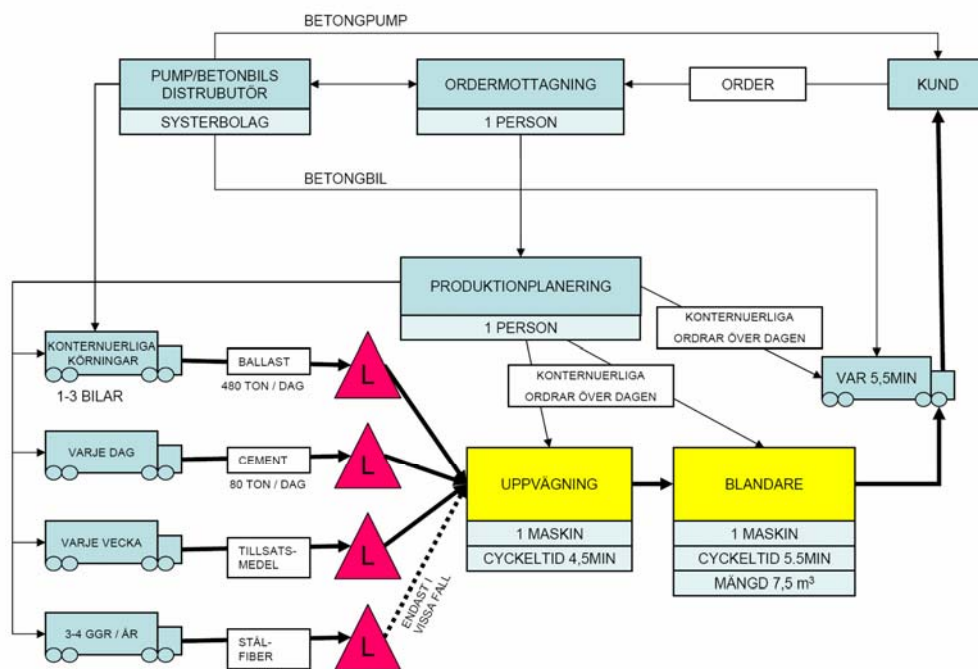
Ordermottagaren sköter även beställning av betongbilar och betongpumpar via ett systerbolag. Dessa beställningar skickas via fax och bekräftas på motsvarande sätt.

Order från kund av betong måste komma in senast klockan 14:00 dagen före leverans för att fabriken ska hinna boka bilar och eventuella pumpar. Om betongen ska innehålla något specialmaterial bör denna order inkomma en till två veckor före leverans, för att detta material ska hinna beställas in.

Ordermottagaren lämnar på kvällen över ett schema innehållande morgondagens beställningar och leveranser till blandarteknikern.

Flödeskarta

Produktflödet och ordergången på betongstationen är beskrivet i en flödeskarta enligt Figur 7.3.



Figur 7.3, Flödeskarta över betongleverantörens ordergång och produktion, baserad på intervjuer. Teckenbeskrivning återfinns i Figur 4.1.

Beställning och orderhantering

Kunderna kontaktar betongstationen via telefon eller e-post för beställning av betong och eventuella pumpar. I de fall där ordern inte kan tas emot, informeras kunden om detta via telefon. Ordermottagningen bokar betongbil och betongpump genom ett systerbolag. Bokningen sker via fax och orderbekräftelsen skickas på samma sätt.

Produktionsplanering

Ordermottagaren planerar morgondagens första leveranser och lämnar sedan över ett schema med alla morgondagens ordrar och leveranser till blandarteknikern. Blandarteknikern sköter sedan all uppvägning och blandning av betongen samt planeringen av leveranser för resterande del av dagen. Det är även blandarteknikern som sköter kommunikationen med underleverantörer och med de egna bilar som hämtar ballast.

Produktion

Hela produktionsprocessen styrs via dator inne ifrån kontoret. Blandarteknikern matar in alla ordrar och de recept som ska blandas. Materialet vägs upp maskinellt och släpps ner sedan ner till blandaren. Uppvägningen av material tar ca 4,5 minuter. Betongen blandas under ca 5,5 minuter och töms sedan direkt ner till betongbilen. Detta ger en ledtid på 10 minuter och en cykeltid på 5,5 minuter vid full kapacitet.

Lagerhållning

Ballast och cement lagras i silos högst upp i fabriken. Påfyllning av ballast sker kontinuerlig genom en till tre egna bilar som kör och hämtar de material som behöver fyllas på. Dessa körningar styrs av blandarteknikern som avläser lagermängden på sin dator. Cement levereras via en extern leverantör. Ballast och cement lastas av på ett transportband som transporterar materialet till respektive silo. Vatten och tillsatsmedel pumpas upp till toppen av fabriken.

7.1.3 Armeringsleverantör

Organisationsbeskrivning

Armeringsleverantören har kontor och fabrik placerade i Malmö. Information om deras verksamhet är baserad på platsbesök på fabriken samt intervju med en på företaget anställd specificerare (*Johansson, 2007*).

Fabriken har två huvudsysslor, dels kapning och bockning av armering men även målning och blästring av vanligt stål. I fabrikshallen finns två permanenta lager, ett för stål och ett för armering. I armeringslagret förvaras färdigkapat rakstål med olika dimensioner, i längderna 6 och 12 meter. Detta är en standardprodukt som alltid finns i lager. Fabriken har två linjer för produktion av kapad och bockad armering, så kallad ILF-armering (inläggningsfärdig). I den ena linjen bearbetas järn som är upp till 12 mm i diameter och i den andra linjen bearbetas järn som är större än 12 mm. Armeringsleverantören behandlar ca 4000 ton ILF-armering per år, varav ca 4 % av materialet blir spillmaterial.

I fabriken pågår produktionen mellan 07:00 och 23:00 tack vare att det arbetas i tvåskift. Produktionen styrs av en produktionsplanerare som finns på plats i fabriken. Produktionsplaneraren skriver ut produktionskort för allt som ska tillverkas under aktuellt skift och placerar dessa kort på respektive station. Orderkortet monteras sedan som märkning på den leveransklara produkten i samband med buntning. Efter att armeringen har buntats, förses den med en lyftanordning i form av engångsstroppar för att förenkla flytt och leverans.

Fabriken tillhandahåller även armeringsnät men distribuerar endast dessa vidare från sina egna stålleverantörer. Om kund önskar specialnät kan leverantören tillhandahålla detta genom beställning av underleverantör eller via egen tillverkning. Vid egen tillverkning läggs svetsning av nätet ut på en extern aktör. Utöver armeringsstålet säljer armeringsleverantören även de tillbehör som kan behövas för armeringsmontaget.

Beställningsorder inkommer normalt via e-post eller telefon. Om specificering av armering redan är utförd skickas ordern direkt vidare till produktionssamordnaren och sedan vidare till produktionsplaneraren på fabriken. Vid användning av exempelvis plattbärlag specificeras armeringen normalt istället av plattbärlagsleverantören. Om armeringsmängderna och typerna inte är specificerade skickas ordern vidare till en armeringsspecificerare. Armeringsspecificeraren behöver då ha tillgång till konstruktionsritningar och deltar även gärna vid ett eventuellt startmöte på byggarbetsplatsen. Specificeraren mätgar upp armeringen och specificerar vilka olika typer som ska produceras, samt benämner dessa med olika littera med hänsyn till exempelvis indelning av gjutetapper m.m. Då specificeringen är sammanställd skickas denna vidare för orderskrivning hos produktionssamordnaren. En kopia av specificeringen skickas även ut till byggarbetsplatsen. Specifikationerna innehåller även uppgifter om leveransdatum. Produktionssamordnaren skriver en order och distribuerar information om beställningarna till produktionsplaneraren ett par veckor före respektive leveransdatum.

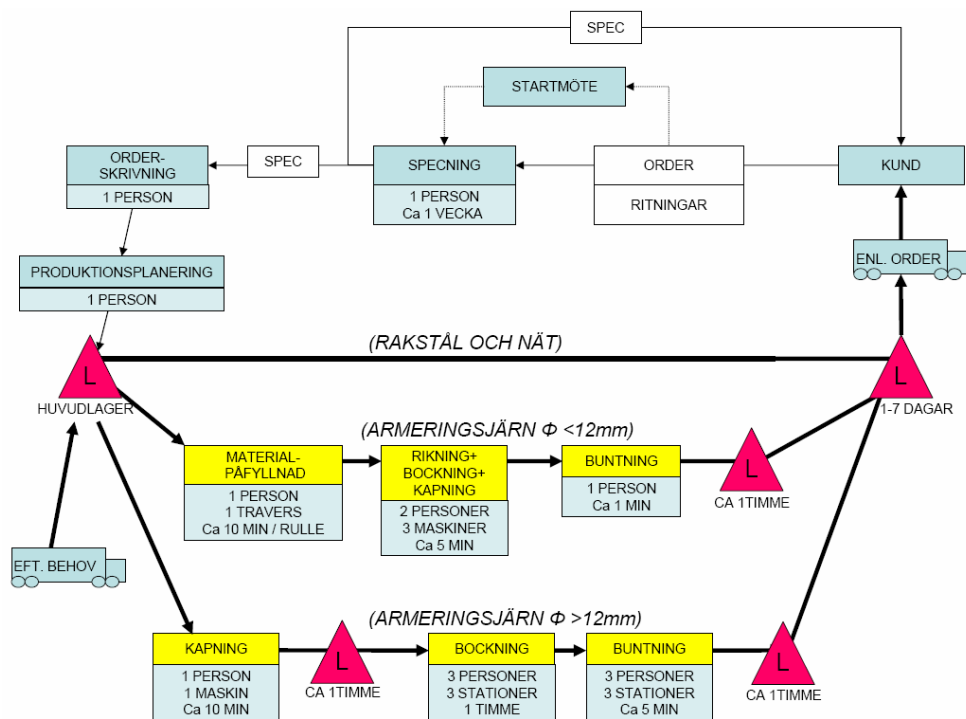
Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

Tiden det tar för armeringsspecificeraren är väldigt varierande från projekt till projekt. Det rör sig om allt från några timmar till flera veckors arbete. Vid ospecificerad order från kund, kan armeringen normalt levereras ca tre veckor efter att ritningarna inkommit till armeringsleverantören.

Armeringsleverantören har ett speciellt avtal med Peab, som alltid gör sina armeringsinköp därifrån. Vid Peab-projekt får armeringsspecificeraren tillgång till en databas hos Peab och får via denna alltid tillgång till uppdaterat ritningsmaterial och avisering då det skett någon uppdatering. På detta sätt får armeringsleverantören snabbt information vid förändringar och tillgång till de nya handlingarna direkt.

Flödeskarta

Ordergång och produktflödet på armeringsfabriken är beskrivet i Figur 7.4. Då tiderna för de olika aktiviteterna kan variera stort mellan olika ordrar, är tiderna i flödesschemat ungefärliga och beror givetvis på orderns storlek, utformningens komplexitet och hur väl utformade och kompletta de tillhandahållna handlingarna är. Tiderna för de olika stegen i produktionen är uppskattade i samband med intervju och platsbesök, och avser en medelstor order till ett flerbostadshus.



Figur 7.4, Flödeskarta över armeringsleverantörens ordergång och produktion, baserad på intervjuer. Teckenbeskrivning återfinns i Figur 4.1.

Beställning och orderhantering

Order från kund inkommer normalt via e-post eller telefon. Som komplement till ordern skickas även armeringsritningar. Dessa föredras som pdf-filer via e-post men kommer ibland även i pappersform.

Företaget specificerar vilken armering som krävs utifrån de ritningar som tillhandahålls av beställaren. Om möjligheten finns är specificeraren normalt även delaktig under startmötet till byggprojektet där det finns möjlighet att komma med lösningsförslag på detaljer angående armeringsutformningen samt diskutera fram lämpliga leveranspartier och leveransdatum. I samband med specificeringen benämner specificeraren även armeringen med lämpliga littera.

Specifikationen av armeringen skickas sedan elektroniskt vidare till orderskrivning och en kopia till byggarbetsplatsen. Detta dokument innehåller även information om leveransdatum för de olika orderomgångarna.

I de fall som kunden har en färdigställd armeringsspecifikation skickas denna direkt vidare till orderskrivningen utan uppehåll hos specificeraren. Hos orderskrivningen utförs en övergripande planering av produktionen och orderarna skickas sedan ner till produktionsplaneraren ungefär tre veckor innan respektive leverans.

Produktionsplanering

Produktionsplanerare sköter kontrollen av produktionen i fabriken och planerar vilka produktionssatser som ska tillverkas och i vilken ordning, samt hur de ska paketeras och levereras. För varje tillverkningsomgång skrivs ett produktionskort som innehåller information om aktuell sats. Dessa kort placeras sedan ut av produktionsplaneraren på de olika stationerna. Detta kort följer sedan med tillverkningsplatsen hela vägen till leverans, då kortet även innehåller information om armeringens littera och leveransadress.

Produktionen

I produktionslinjen för de mindre järnen finns två större maskiner. Armeringsjärnet levereras på rulle och riktas in till maskinen manuellt. Härfter matas järnet igenom maskinen där det riktas, kapas och eventuellt bockas. Maskinerna sköts av vardera en person. Armeringsstängernas längder och eventuella bockningsutformning matas manuellt in i maskinen av operatören. Ytterligare en maskin finns för de minsta armeringsdimensionerna. Denna maskin producerar parallellt med de andra två maskinerna och sköts av en av dessa operatörer. Operatörerna buntar själv det bearbetade materialet. Buntarna flyttas sedan i omgångar och placeras på ett tillfälligt lager med hjälp av en traverskran.

I produktionslinjen för de grövre dimensionerna finns fyra stycken arbetsstationer. En station för kapning och tre stationer för bockning. Stålet till denna linje levereras i längder om 18 meter. Det arbetar en person vid varje station och allt arbete i denna linje utförs manuellt med hjälp av kap- och bockningsverktyg

Lagerhållning

När en orderomgång är tillverkad buntas armering och placeras i ett tillfälligt lager hos respektive arbetsstation. Här lagras armeringen i väntan på tillverkning av resterande del av satsen. Efter att ett antal buntar tillverkats, förflyttas den bearbetade armeringen med hjälp av traverskran ut till markerade lagringsområden i fabriken för att senare lyftas upp på lastbilen. Varje dag lämnar ett antal bilar fabriken och leveranserna på dessa samordnas så att leveranspartier som ska till samma region placeras på samma bil och så att bilarna fylls på bästa sätt.

7.1.4 Valvgjutning

Gjutningsmetod

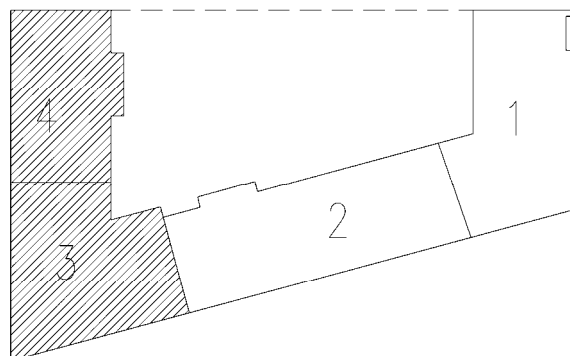
Gjutning av valvet utförs med hjälp av betongpump. Betongpumpen anländer till byggarbetsplatsen strax innan den första betongleveransen. Pumpbilen ställer upp på lämplig plats med avseende på pumparmens räckvidd och så att den är lättåtkomlig för betongleveranserna.

Betongen levereras i betongbilar med en kapacitet på 7,5 m³ betong. Leveranserna planeras in efter det gjutschema som ställts upp enligt beställarens önskemål. Arbetsledningen lämnar in ett gjutschema för leveranser av önskat antal fulla betongbilar ett par dagar innan gjuttillfället. Information om mängden betong i den sista kompletterande leveransen ges av arbetsledaren i samband med utläggning av betongen i den sista fulla bilen. Då görs en uppskattning av kvarvarande gjutmängd för att få en mera korrekt uppfattning om hur mycket betong som saknas. Kompletteringsordern utförs via telefon.

Betongbilarna tömmer betongen direkt ner i pumpbilen. Betongbilsföraren kommunicerar med pumpföraren genom hornsignaler. Då betongen börjar tömmas ner i pumpfickan ges en signal och ytterligare en signal ges då bilen är tömd. Tack vare detta kan pumpföraren koncentrera sig på att styra utläggningen istället för att bevaka betongbilen. Pumpningen avslutas direkt då den sista betongen har tömts ner i pumpen. Genom att avsluta pumpningen i detta läge töms aldrig pumpsystemet på betong. Pumpföraren styr pumpen via en portabel handkontroll och placerar sig så att denne kan kommunicera med betongarbetarna och samtidigt ha uppsikt över pumpbilen.

Betongarbetarna på byggarbetsplatsen utför utläggning och vibrering av betongen samt kontroll av gjuthöjden med hjälp av laser. Efter utläggningen slodar de ytan. Eftersom ytan ska flytspacklas i ett senare skede krävs ingen ytterligare ytbearbetning av betongen under gjutskedet.

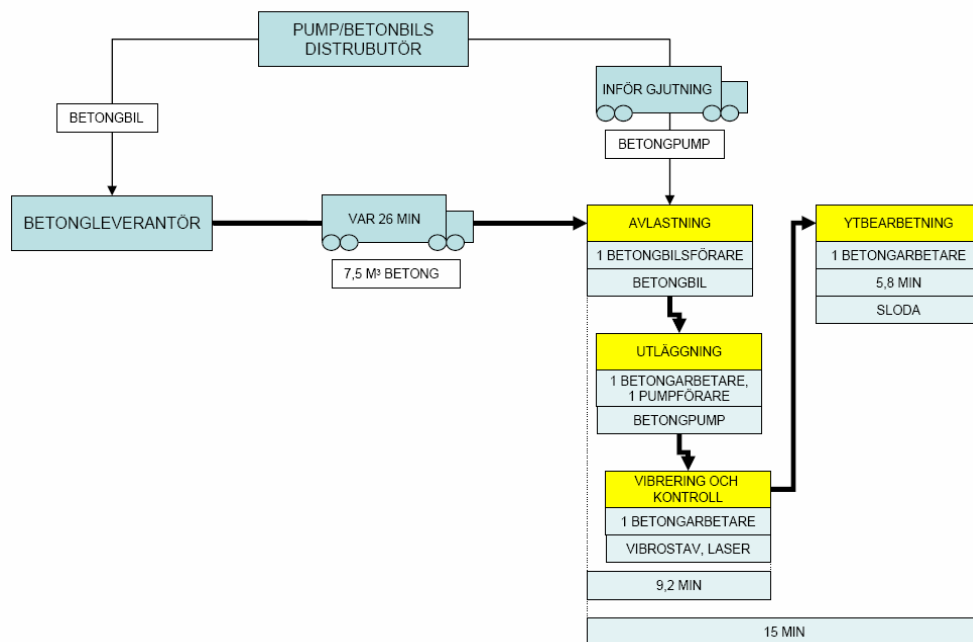
Observationerna omfattar två av de fyra gjutetapperna hos ett våningsplan, enligt Figur 7.5. Gjutningar av dessa två etapper utfördes vid två olika tillfällen.



Figur 7.5. Observationer är utförda för gjutning av etapp tre och fyra.

Värdeflödesanalys våning 3, etapp 3.

Area: ca 330 m²
 Volym: ca 70 m³
 Betongkvalitet: c28/35, vct 0.55, sättmått 220 mm
 Personal: Två betongarbetare samt en pumpförare
 Leveranser: 9 betongbilar med vardera 7,5 m³ betong samt en betongbil med kompletterande mängd



Figur 7.6, Värdeflödesanalys för gjutning av valvetapp 3. Teckenbeskrivning återfinns i Figur 4.1.

Flödeskartan i Figur 7.6 visar gjutning av en betongleverans. Totalt levererades tio bilar med betong, varav den sista innehöll en mindre kompletterande mängd.

Under denna gjutning regnade det något, men inte så pass mycket att det påverkade gjutningsmetodik eller kvaliteten på gjutningen. Betongarbetarna utförde utläggning, vibrering och höjdkontroller parallellt. Efter att varje betonglass lagts ut, slodades betongen. Denna process upprepades för varje leverans.

Betongleveranserna var beställda med 25 minuters mellanrum efter betongarbetarnas önskemål. I Tabell 7.3 visas de planerade ankomsttiderna för de fulla leveranserna, samt deras verkliga ankomsttid. Det anges även den verkliga tiden mellan leveranserna och dess avvikelse från de önskade 25-minutersintervallen.

Tabell 7.3, Leveranstider och avvikelsetider för betongleveranserna.

Planerad ankomsttid	Verklig ankomsttid	Tid efter föregående leverans [min]	Avvikelse i förhållande till föregående leverans [min]
07:15	07:12		
07:40	07:39	27	2
08:05	08:07	28	3
08:30	08:30	23	-2
09:30	09:28	(*)	(*)
09:55	09:50	22	-3
10:20	10:08	18	-7
10:45	10:34	26	1
11:10	11:02	28	3
		Medel: 26	

(*) Mätvärden inte inkluderade p.g.a. rast i intervallet.

I Tabell 7.4 visas arbetstiden på byggarbetsplatsen i form av tid för utläggning, inklusive vibrering och kontroll, tid för ytbearbetning samt den totala tiden för gjutningsarbetena, fördelade per betongleverans. I tabellen anges även hur lång väntetid som uppstod mellan att gjutningsarbetena för en leverans var färdigställda tills att nästa leverans ankom.

Tabell 7.4, Bearbetnings- och väntetider för betongleveranserna.

Utläggning (*) [min]	Ytbearbetning [min]	Total gjuttid per leverans [min]	Väntan på leverans [min]
9	5	14	0
9	5	14	13
8	6	14	14
8	7	15	8
9	7	16	0(**)
10	4	14	2
10	5	15	3
9	5	14	12
9	6	15	13
11	8	19	(***)
Medel: 9,2	5,8	15	

(*) Inkluderar utläggning, kontroll och avlastning.

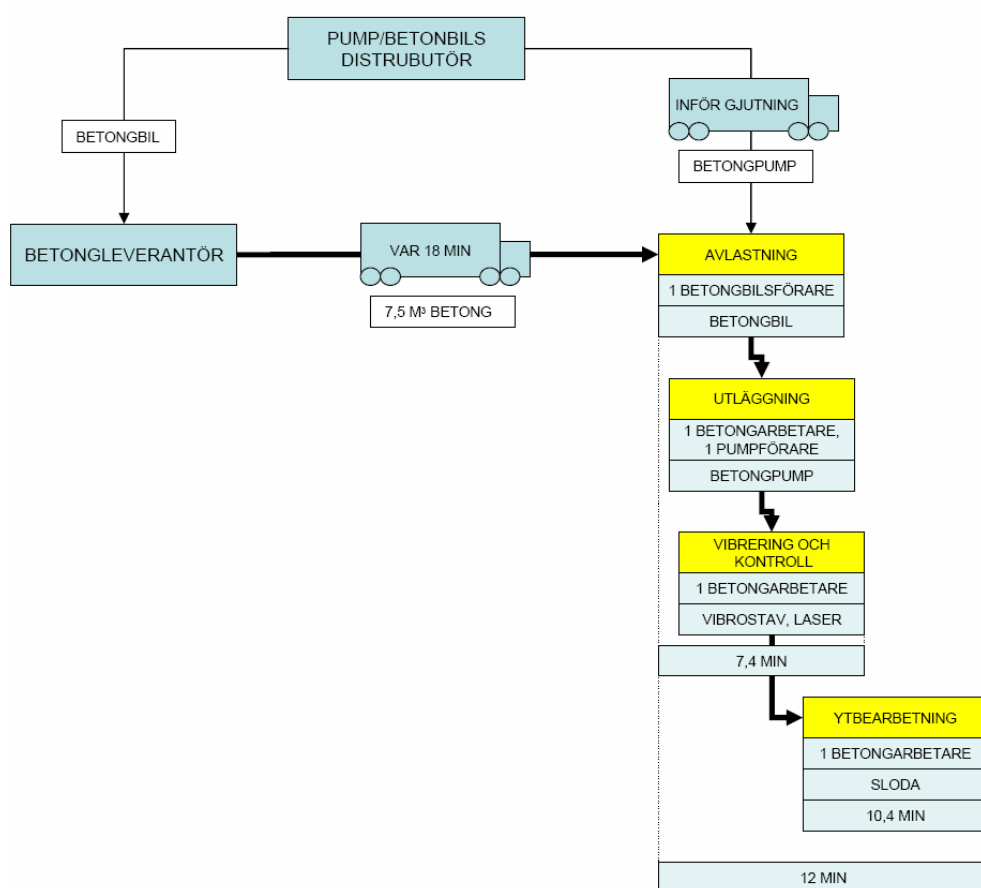
(**) Betongarbetarna ej redo för gjutning. Arbetet påbörjas 6 minuter senare än planerat. Denna försening gör att efterföljande väntetid då endast blir 2 minuter trots att den totala tiden mellan leveranserna uppgår till 22 minuter och den effektiva arbetstiden till 14 minuter.

(***) Har ej tagits med i beräkningar då detta var en kompletterande bil som beställdes i efterhand.

Resultaten visar att utläggning, vibrering och kontroll av ett lass tog i genomsnitt 9,2 minuter och ytbearbetningen ca 5,8 minuter. Detta ger en total arbetstid på ca 15 minuter per leverans.

Värdeflödesanalys våning 3, etapp 4.

Area: ca 240 m²
 Volym: ca 50 m³
 Betongkvalitet: c28/35, vct 0.55, konsistensklass s5 (fullflyt)
 Personal: Tre betongarbetare samt en pumpförare
 Leveranser: 6 betongbilar med vardera 7,5 m³ betong samt en betongbil med kompletterande mängd



Figur 7.7, Värdeflödesanalys för gjutning av valvetapp 4. Teckenbeskrivning återfinns i Figur 4.1.

Flödeskartan i Figur 7.7 visar gjutning för en betongleverans. Totalt levererades sju bilar med betong, varav den sista innehöll en mindre kompletterande mängd.

Betongpumpen som skulle användas blev försenad på ett tidigare arbete under förmiddagen. Förseningen meddelades av betongleverantören till arbetsledningen på

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

byggarbetsplatsen. Pumpen anmäldes vara en halvtimme försenad och gjutschemat senarelades därför med samma tid. Betongpumpens verkliga försening blev till slut en timme och åtta minuter innan den var uppställd och redo för gjutning. Under dessa extra 38 minuter stod betongarbetarna redo och väntade.

Gjutningen av denna etapp utfördes av tre betongarbetare, varav en lärling. Två av betongarbetarna utförde utläggning, vibrering och höjddkontroll av betongen parallellt. Den tredje betongarbetaren gick efter och slodade betongytan.

Betongleveranserna var beställda med 20 minuters mellanrum efter betongarbetarnas önskemål. I Tabell 7.5 visas de planerade ankomsttiderna för de fulla leveranserna, samt deras verkliga ankomsttid. I tabellen anges även tiden mellan leveranserna och dess avvikelse från de önskade 20-minutersintervallen.

Tabell 7.5, Leveranstider och avvikelsetider för betongleveranserna.

Planerad ankomsttid	Verklig ankomsttid	Tid efter föregående leverans [min]	Avvikelse i förhållande till tidigare leverans [min]
12:30	13:08		
12:50	13:23	15	-5
13:10	13:42	19	-1
13:30	14:13	31	11
13:50	14:25	12	-8
14:10	14:39	14	-6
Medel:		18	

I Tabell 7.6 visas arbetstiden på byggarbetsplatsen i form av tid för utläggning, inklusive vibrering och kontroll, tid för ytbearbetning samt den totala tiden för gjutningsarbetena, fördelade per betongleverans. I tabellen anges även hur lång väntetid som uppstod mellan att gjutningsarbetena för en leverans var färdigställda till dess att nästa leverans ankom.

Tabell 7.6, Bearbetnings- och väntetider för betongleveranserna.

Utläggning ^(*) [min]	Ytbearbetning [min]	Total gjutningstid per leverans [min]	Väntan på leverans [min]
9	6	13	38
8	12	13	2
8	13	14	6
6	7	8	17
7	12,5	13	4
7	12,5	13	1
7	10	11	^(**)
Medel:	7,4	12	11,3

^(*) Innefattar utläggning, kontroll och avlastning,

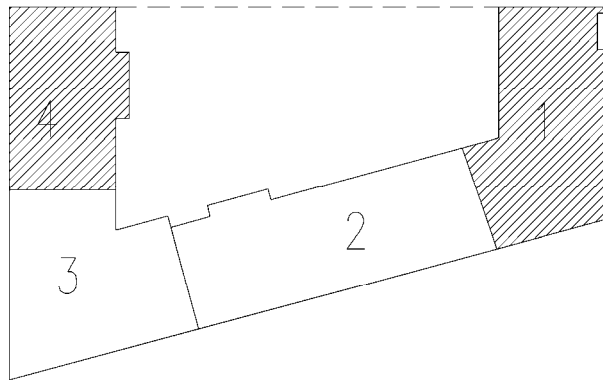
^(**) Har ej tagits med i beräkningar då detta var en kompletterande bil som beställdes i efterhand.

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande

Utläggning och vibrering av ett lass tog i genomsnitt 7,4 minuter och ytbearbetningen ca 10,4 minuter. Då slodningen kunde påbörjades innan utläggningen var färdigställd, fås en total arbetstid på ca 12 minuter per leverans.

7.2 Activity Sampling

Studien har utförts för en komplett stomcykel. Mätningarna utfördes till en början på etapp ett på byggarbetsplatsen. På denna etapp studerades arbete med väggjutning samt montage av stämp och bockryggar. Efterkommande arbetsmoment, från dess att plattbärlaget ska komma att monteras tills att det ovanliggande valvet gjutits, studerades för etapp fyra. De observerade etapperna är markerade i Figur 7.8. Genom att göra detta skifte kunde studierna utföras under kortare tid, tack vare att observationerna under ett par dagar kunde utföras parallellt för dessa två etapper. Resultaten motsvarar observationer för 15 arbetsdagar med undantag för tre av dessa, då arbeten endast utfördes under halvdagar. Mätningarna utfördes under oktober 2007.



Figur 7.8, Etapper hos plan tre som observationer utförts för.

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

En sammanställning av resultatet avseende hela observationsperioden visas i Diagram 7.1, samt med indelning efter yrkesgrupper i Diagram 7.2.

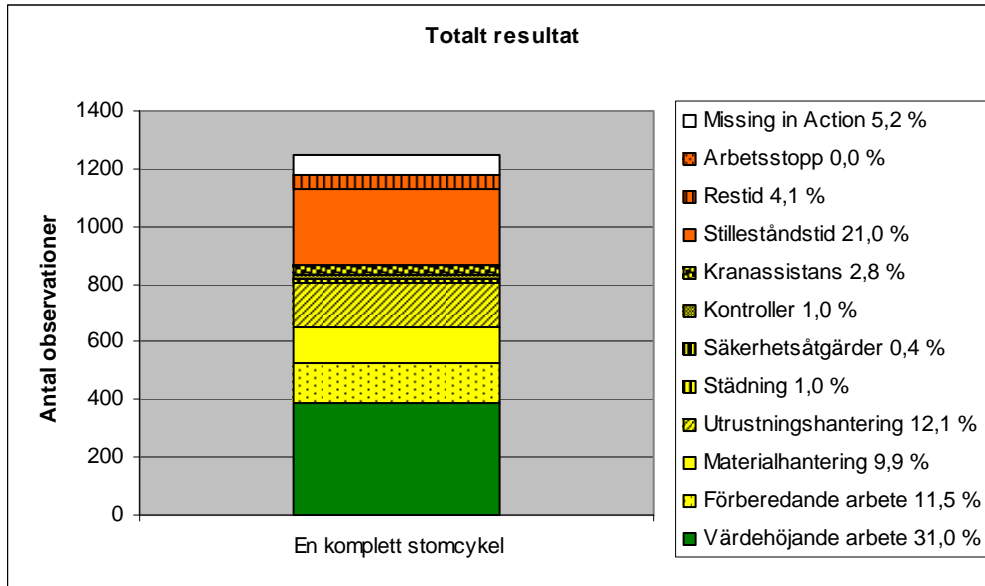


Diagram 7.1, Resultat för hela observationsperioden.

För hela den observerade stomcykeln fås en andel av 31,0 % inom kategorin direkt arbete, 38,7 % inom kategorin indirekt arbete och 25,1 % inom kategorin störningar.

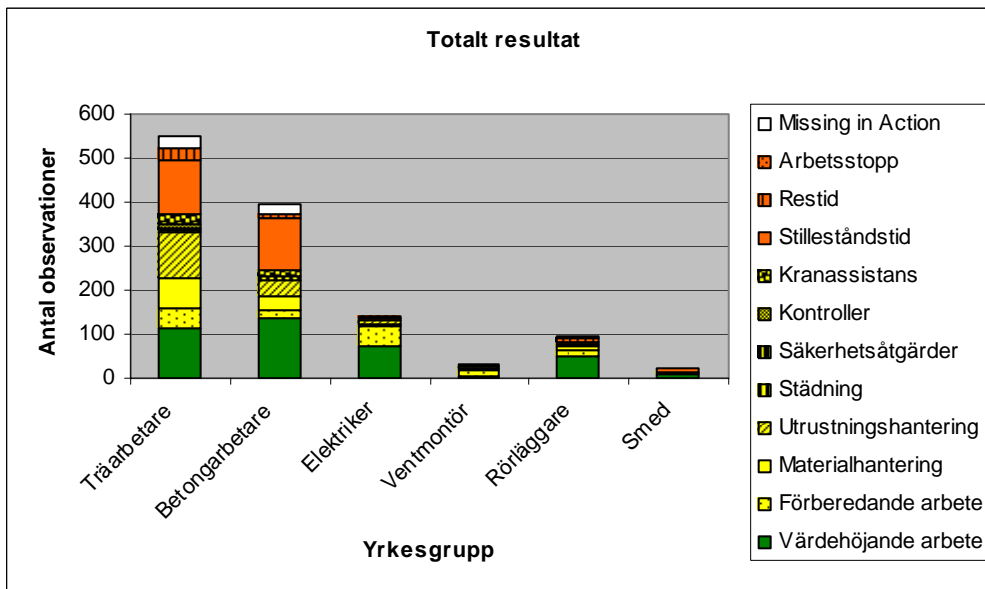


Diagram 7.2, Resultat för hela observationsperioden, fördelat mellan de olika yrkesgrupperna.

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande

De olika yrkesgrupperna har observerats vid olika många observationstillfällen, vilket gör att dessa resultat är svåra att jämföra. För yrkesgrupper med få antal observationer är tillförlitligheten i resultaten sämre. En framträdande skillnad är att installatörerna har en lägre andel störningstid än exempelvis trä- och betongarbetare.

Nedanstående beskrivning av aktiviteter avser de arbetsmoment som uppstår under en etapp, d.v.s. under den period som activity samplig utförts på arbetsplatsen.

Resultaten från mätningarna redovisas med indelning efter vilken aktivitet arbetena har utförts för. Diagram är sammanställda för respektive arbetsmoment och visar fördelningen av arbetet mellan de olika huvudkategorierna.

För varje aktivitet har den totala arbetstiden, beräknat i antal mantimmar, redovisats för att ge en uppfattning om arbetsmomentets storlek i relation till övriga arbetsmoment. Denna har beräknats med hjälp av antalet observationer i förhållande till det genomsnittliga tidsintervallet mellan observationstillfällena. Exempelvis ger tidsintervallet 13 – 20 minuter en genomsnittstid på 16,5 minuter mellan observationerna. Om en aktivitet exempelvis observerats under 10 observationstillfällen, beräknas denna pågå under ca 165 minuter, d.v.s. 2 timmar och 45 minuter.

7.2.1 Utsättning

Utsättning görs på det nyhärdade bjälklagsgolvet av en utsättare. Detta arbete tar ca 4 timmar. Utsättningsarbetet har inte inkluderats i studien då det utfördes av personal som inte ingick i mätningen.

7.2.2 Formning och gjutning av väggar

Väggarna gjuts i omgångar om 3 till 5 dagar per etapp beroende på etappens storlek och planlösningens komplexitet. Förtillverkade formelement, av typen Peri-form, lyfts på plats med hjälp av kran och monteras av två träarbetare. Formen rengörs och oljas innan montage. Efter att formen enklats, d.v.s. ena sidan av formen monterats, fortsätter träarbetarna montage genom att komplettera formen med färdigbyggda slitsar, dörrhål och kantavstängare. En betongarbetare monterar armeringsnät samtidigt som en elektriker monterar dosor samt rör för kabeldragning som ska gjudas in i väggen.

Efter att allt är på plats dubblas formen och väggarna gjuts senare samma eftermiddag. Gjutning sker med hjälp av kran och bask samt två personer, normalt en betongarbetare med hjälp av en träarbetare.

Avformning sker nästföljande morgon och då flyttas väggformselementen direkt från den gjutna väggen till nästa montageplats. Innan formarna monteras rengörs de och oljas på nytt. Allt formararbete utförs av samma två träarbetare.

Resultatet av observationerna kan avläsas i Diagram 7.3, där mätvärdena har fördelats mellan huvudgrupperna.

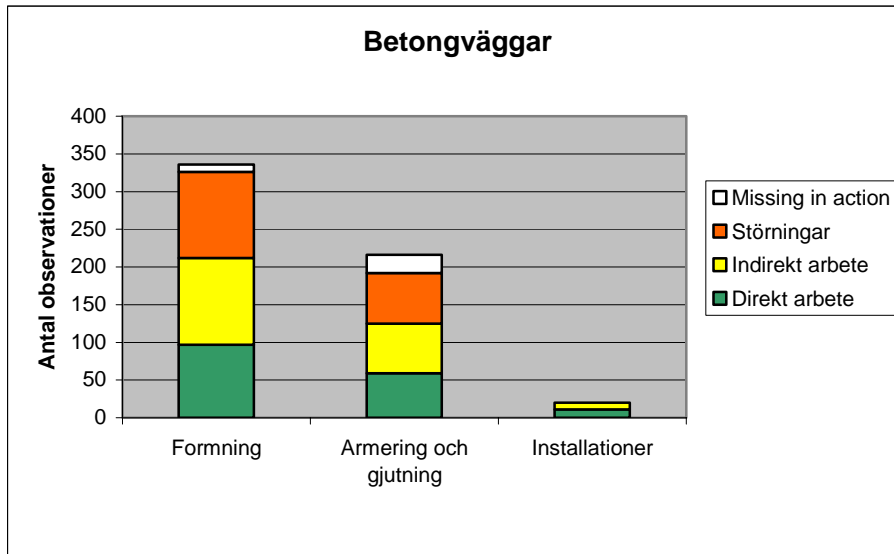
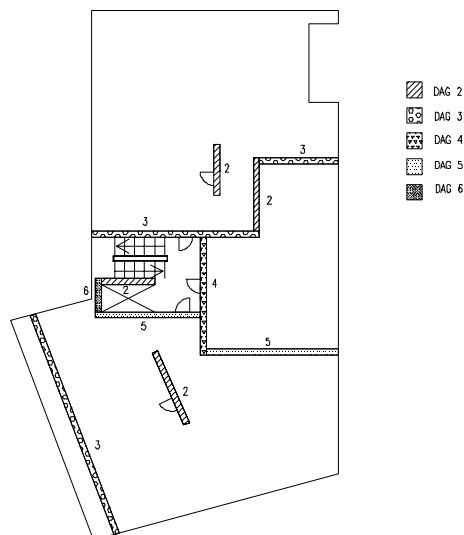


Diagram 7.3. Fördelning av aktiviteter vid formning och gjutning av väggar.

Totalt formas och gjuts ca 56 meter vägg, fördelat över fem och en halv arbetsdag på den observerade etappen. Väggtjuningarna påbörjades den andra dagen då den första dagen var en halvdag. Gjutningarna utförs huvudsakligen över fyra dagar, med en mindre kompletterande gjutning den femte gjutdagen då arbetarna övergått till nästa etapp. De fyra första gjutdagarna fördelas i gjutetapper på mellan 6 och 24 meter per dag, enligt Figur 7.9. Väggar är 210 mm tjocka och armeras med nio millimeters fingerskarvade nät c/c 300. Armeringsnätet placeras i två lager i väggen. Vid väggslut förstärks väggen med ytterliggare armering i form av kraftigt rakstål. Najning av armering utförs med hjälp av en batteridriven najningsmaskin.



Figur 7.9. Gjutordning för väggarna hos etapp ett.

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

Väggformsmontaget utförs av två träarbetare. Arbetet utförs under totalt 88 mantimmar. Montage av väggarmering samt gjutningen utförs av mellan en och två betongarbetare. Detta arbete tar ca 57 mantimmar. Eldosor och VP-rör monteras på väggformarna av en elektriker under totalt 5 mantimmar. Den procentuella fördelningen mellan huvudgrupperna visas i Tabell 7.7.

Tabell 7.7, Procentuell fördelning mellan huvudgrupperna.

Aktivitet	Direkt Arbete (%)	Indirekt Arbete (%)	Störningar (%)	Missing in action (%)	Mantimmar
Formning	28,9	34,2	33,9	3,0	88
Armering och gjutning	27,3	30,6	31,0	11,1	57
Installationsarbeten	55,0	45,0	0,0	0,0	5

Arbetet inom huvudgrupperna indirekt arbete och störningar fördelar sig procentuellt enligt Tabell 7.8 respektive 7.9.

Tabell 7.8, Fördelning mellan aktiviteterna inom indirekt arbete.

Indirekt arbete	Formning (%)	Armering och gjutning (%)	Installationsarbeten (%)
Förberedande	23	14	89
Materialhantering	12	29	11
Utrustningshantering	46	38	0
Städning	3	11	0
Säkerhetsåtgärder	3	0	0
Kontroller	1	2	0
Kranassistans	12	8	0

Tabell 7.9, Fördelning mellan aktiviteterna i kategorin störningar.

Störningar	Formning (%)	Armering och gjutning (%)	Installationsarbeten (%)
Stilleståndstid	82	90	-
Restid	18	10	-

Fördelningen mellan de tre huvudgrupperna för aktiviteterna formning samt armering och gjutning är ungefär på en tredjedel inom varje grupp. Det som skiljer dem åt är hur det indirekta arbetet har fördelat sig. Installationsarbetena har total relativt få observationer och för dessa har ingen stilleståndstid noterats.

7.2.3 Valvform

Montage av valvform inkluderar alla arbeten som tillhör denna aktivitet så som montage av stämp och bockryggar, montage av plattbärlag, tätning av plattbärlagsskarvar samt montage och rivning av valvkantsavstängare. Under denna

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

aktivitet ligger även montage av understöd till balkongerna, då denna aktivitet dokumenterats tillsammans med montage av understöd för plattbärlagen. Den invändiga stålpelare som monterades i samband med montage av understöd har också inkluderats i denna aktivitet.

Stämp och bockryggar lyfts upp på våningsplanen med hjälp av kran, monteras ihop och placeras ut på bjälklaget av två träarbetare. Efter att alla stämp och bockryggar placerats ut över bjälklaget, vägs dess höjder in med hjälp av laser. Understöden till balkongerna monteras ihop nere på gårdsplanen och lyfts upp till våningsplanen i hela moduler med hjälp av kran. Arbetet utförs av samma hantverkare som monterar övriga understöd. I samband med att understöden monteras, monteras även de stålpelare som kommer att vara synliga inne i lägenheterna.

Plattbärlagen lyfts på plats med hjälp av kran och monteras med hjälp av två träarbetare. När plattbärlagen är utplacerade tätas plattskarvarna och upplagen med bruk.

För tätning av valvkanterna inför gjutning placeras en kantavstängare av plywoodform utmed plattbärlagets kanter och omkring trapphuset. Detta arbete utförs av två träarbetare. Arbetet påbörjas då plattbärlaget monterats, men kan inte slutföras förrän alla balkonger och trappan är på plats. Rivning av formen utförs dagen efter att pågjutningen på valvet utförts.

Resultatet av observationerna kan avläsas i Diagram 7.4, där mätvärdena har fördelats mellan huvudgrupperna.

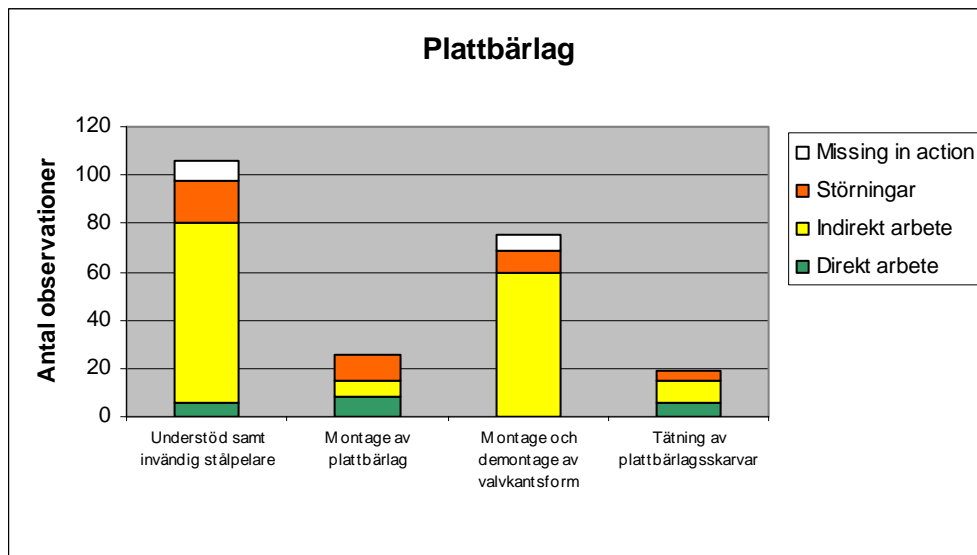


Diagram 7.4, Fördelning av aktiviteter vid montage av valvform.

Ytan av det monterade plattbärlaget är ca 200 m² för den observerade etappen och plattbärlaget bestod av 14 stycken element. Avstängningarna monteras runt om hela fasaden, bortsett från där balkonger monterats. Balkongerna fungerar som avstängare

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

mot valvet och här krävs endast kompletterande tätningar. Total mängd form som monteras, inklusive den kring trapphuset, uppgår till ca 50 lpm.

Observation av montaget av understöd i form av stämp och bockryggar, utfördes för en annan etapp än plattbärlagsmontaget. Denna etapp har en bjälklagsyta på ca 250 m² och här monterades 119 stycken stämp, varav 84 stycken med trebensstöd, 59 stycken bockryggar och 11 stycken ihopbyggda moduler som understöd till balkonger. Hos denna etapp monterades även en synlig stålpelare i en av lägenheterna.

Montage av understöd och plattbärlag utförs av samma två träarbetare och arbetstiden uppgår totalt till 28 mantimmar för understöden samt ca 7 mantimmar för montage av plattbärlagen. Tätning av plattskarvar och upplag utförs av två betongarbetare och arbetet tar ca 5 mantimmar. Montage och rivning av valvkantsformen utförs också av två träarbetare. Montaget tar ca 17 mantimmar och rivningen tar ca 3 mantimmar. Den procentuella fördelningen mellan huvudgrupperna visas i Tabell 7.10.

Tabell 7.10, Procentuell fördelning mellan huvudgrupperna.

Aktivitet	Direkt Arbete (%)	Indirekt Arbete (%)	Störningar (%)	Missing in action (%)	Mantimmar
Understöd samt invändig stålpelare	5,7	69,8	17,0	7,5	28
Montage av plattbärlag	30,8	26,9	42,3	0,0	7
Montage och rivning av valvkantsform	0,0	80,0	12,0	8,0	20
Tätning av plattbärlagsskarvar	31,6	47,4	21,1	0,0	5

Arbetet inom huvudgrupperna indirekt arbete och störningar fördelar sig procentuellt enligt Tabell 7.11 och 7.12.

Tabell 7.11, Fördelning mellan aktiviteterna inom indirekt arbete.

Indirekt arbete	Understöd samt invändig stålpelare (%)	Montage av plattbärlag (%)	Montage och rivning av valvkantsform (%)	Tätning av plattbärlagsskarvar (%)
Förberedande	15	14	15	33
Materialhantering	3	29	77	33
Utrustningshantering	62	0	7	22
Städning	1	0	0	0
Säkerhetsåtgärder	0	0	2	0
Kontroller	11	29	0	11
Kranassistans	8	29	0	0

Tabell 7.12, Fördelning mellan aktiviteterna i kategorin störningar.

Störningar	Understöd samt invändig stålpelare (%)	Montage av plattbärlag (%)	Montage och rivning av valvkantsform (%)	Tätning av plattbärlagsskarvar (%)
Stilleståndstid	61	100	89	75
Resttid	39	0	11	25

Aktiviteterna montage av understöd samt montage och rivning av valvkantsform har båda en väldigt hög andel indirekt arbete. Vid montage av understöd består denna del främst av utrustningshantering, medan det för montage och demontage av valvkantsform istället består av materialhantering. Vid montage av plattbärlag är kontroller, kranassistans samt materialhantering en stor andel av det indirekta arbetet.

7.2.4 Balkonger

Balkongerna lyfts upp med hjälp av kran och monteras av två betongarbetare. Balkongerna placeras på understöd och en del av den ingjutna armeringen svetsas samman med armeringsstegen i plattbärlaget. Innan balkongerna lyfts upp, förbereds de med skyddsräcken och med skyddstäckning av den färdiga ytan. Detta arbete utförs på gårdsplanen.

Observationer har endast utförts för montaget av balkongerna och inkluderar inte det förberedande arbetet som utförs på gårdsplanen. Resultatet av observationerna kan avläsas i Diagram 7.5, där mätvärdena har fördelats mellan huvudgrupperna.

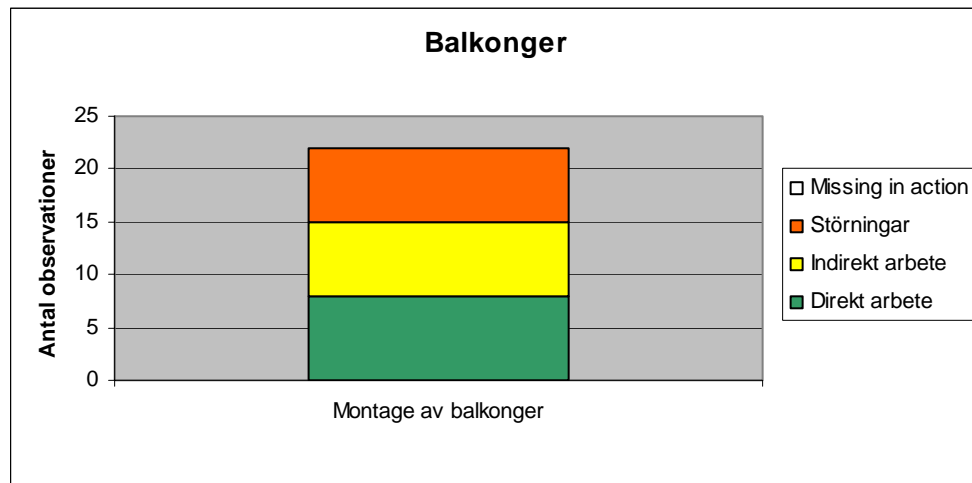


Diagram 7.5, Fördelning av aktiviteter vid montage av balkonger.

På den observerade etappen monteras 6 stycken balkongelement. Balkongelementen förbereds och monteras av samma två personer och montagearbetet tar ca 6 mantimmar. Den procentuella fördelningen mellan huvudgrupperna visas i Tabell 7.13.

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande

Tabell 7.13, Procentuell fördelning mellan huvudgrupperna.

Aktivitet	Direkt Arbete (%)	Indirekt Arbete (%)	Störningar (%)	Missing in action (%)	Mantimmar
Balkongmontage	36,4	31,8	31,8	0,0	6

Arbetet inom huvudgrupperna indirekt arbete och störningar fördelar sig procentuellt på enligt Tabell 7.14 respektive 7.15.

Tabell 7.14, Fördelning mellan aktiviteterna inom indirekt arbete.

Indirekt arbete	Balkongmontage (%)
Förberedande	14
Materialhantering	0
Utrustningshantering	29
Städning	0
Säkerhetsåtgärder	0
Kontroller	0
Kranassistans	57

Tabell 7.15, Fördelning mellan aktiviteterna i kategorin störningar.

Störningar	Balkongmontage (%)
Stilleståndstid	100
Restid	0

Fördelningen är jämn mellan de tre huvudgrupperna. Det indirekta arbetet vid balkongmontaget uppgår till ca 31,8 %, varav majoriteten av denna tid är kranassistans. All störningstid beror i detta fall på stilleståndstid.

7.2.5 Trappor

Trapporna monteras i tre sektioner, varav en sektion är ett vilplan. Vilplanet monteras med hjälp av dubbar som gjuts fast i hål väggarna. Gjutningen av dubbupplagen har inte inkluderats i studien då arbetet inte utfördes under observationsperioden. Resultatet av observationerna kan avläsas i Diagram 7.6, där mätvärdena har fördelats mellan huvudgrupperna.

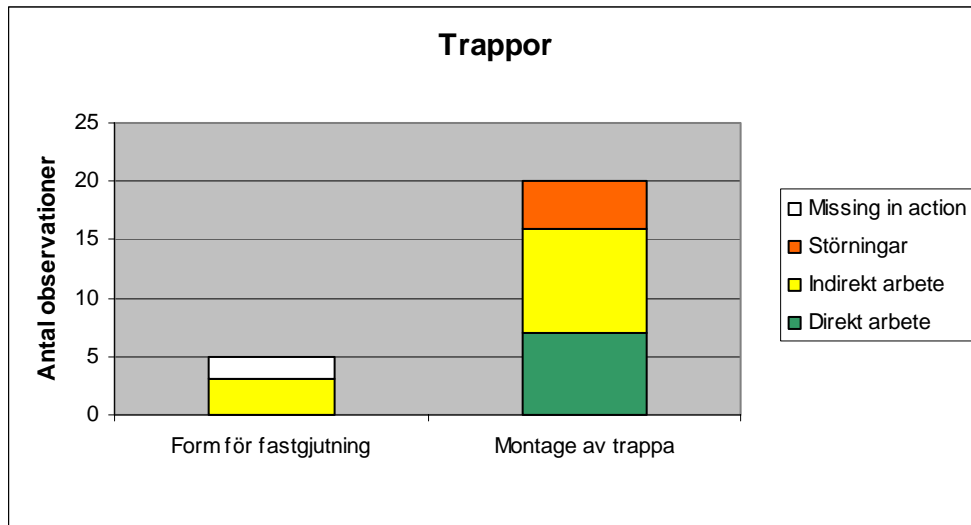


Diagram 7.6, Fördelning av aktiviteter vid montage av trappor.

Hos den observerade etappen finns ett trapphus, monterat inkluderar då två trappelement och ett vilplan. Montagen av elementen utförs vid olika tillfällen. Vilplanet monteras strax efter att de anslutande väggarna gjutits. Därefter monteras den nedre trappsektionen, från bjälklag upp till vilplan. Den övre sektionen sätts på plats först efter att ovanliggande plattbärlag monterats.

Trapporna monteras av två betongarbetare. Arbetstiden för detta moment uppgår totalt till drygt 5 mantimmar. Montage av form för fastgjutning av vilplanet utförs av en person. Detta arbete tar drygt en mantimme. Den procentuella fördelningen mellan huvudgrupperna visas i Tabell 7.16.

Tabell 7.16, Procentuell fördelning mellan huvudgrupperna.

Aktivitet	Direkt Arbete (%)	Indirekt Arbete (%)	Störningar (%)	Missing in action (%)	Mantimmar
Formning	0,0	60,0	0,0	40,0	1,3
Montage	35,0	45,0	20,0	0,0	5,3

Arbetet inom de två huvudgrupperna indirekt arbete och störningar fördelar sig procentuellt enligt Tabell 7.17 respektive 7.18.

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnad

Tabell 7.17, *Fördelning mellan aktiviteterna inom indirekt arbete.*

Indirekt arbete	Formning (%)	Montage (%)
Förberedande	0	11
Materialhantering	67	0
Utrustningshantering	33	56
Städning	0	11
Säkerhetsåtgärder	0	0
Kontroller	0	0
Kranassistans	0	22

Tabell 7.18, *Fördelning mellan aktiviteterna i kategorin störningar.*

Störningar	Formning (%)	Montage (%)
Stilleståndstid	-	90
Restid	-	10

Formningen består inte av något direkt arbete, detta på grund av att arbetsmomentet inte kategoriserats som värdehöjande. Antalet mättillfällen för detta moment är väldigt få och resulterar således i sämre tillförlitlighet. Vid montage av trappan är nästan hälften av arbetet indirekt och består i detta fall till stor del av utrustningshantering och kranassistans.

7.2.6 Stålpelare

Den bärande stommen kompletteras med stålpelare utmed fasaden som i övrigt utgörs av utfackningsväggar. Pelartopparna är utformade med en platta och en uppstickande dubb. En pelare monteras över den dubb som sticker upp från pelaren i underliggande plan och pelarens fotplåt svetsas samman med plattan hos den underliggande pelaren. Pelarna förankras sedan ytterligare med hjälp av betong som hålls ner i pelarfoten och fäster kring den uppstickande dubben. Montaget av pelarna görs efter att det ovanliggande plattbärlaget lagts på plats.

Resultatet av observationerna kan avläsas i Diagram 7.7, där mätvärdena har fördelats mellan huvudgrupperna.

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

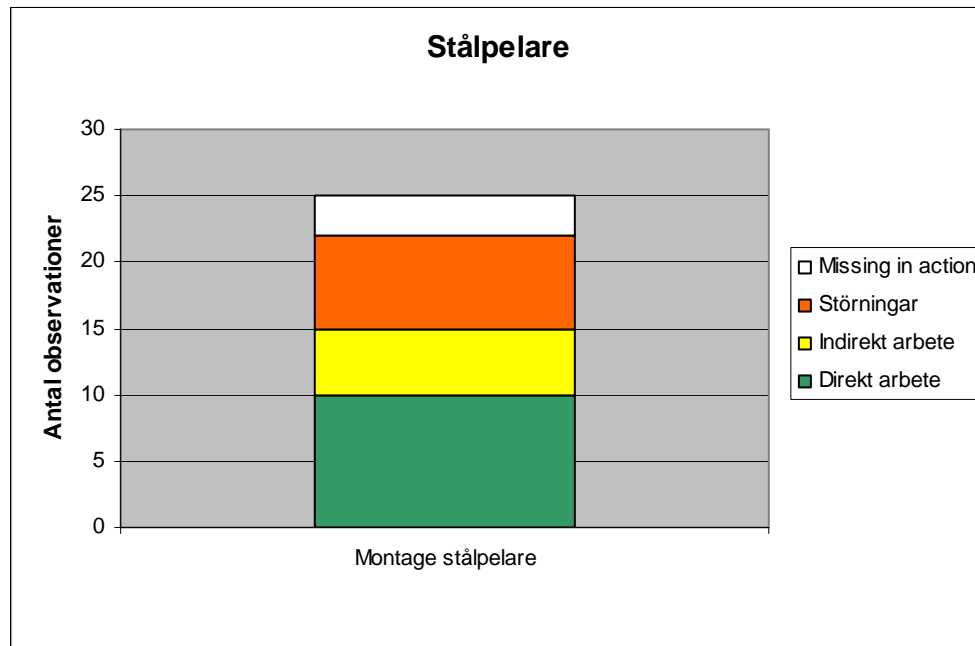


Diagram 7.7, Fördelning av aktiviteter vid montage av stålpelare.

Antalet pelare på den observerade etappen uppgick till 8 stycken. Montaget utfördes av två smeder och den totala arbetstiden uppgick till ca 7 mantimmar. Den procentuella fördelningen mellan huvudgrupperna visas i Tabell 7.19.

Tabell 7.19, Procentuell fördelning mellan huvudgrupperna.

Aktivitet	Direkt Arbete (%)	Indirekt Arbete (%)	Störningar (%)	Missing in action (%)	Mantimmar
Montage stålpelare	40,0	20,0	28,0	12,0	7

Arbetet inom de två huvudgrupperna indirekt arbete och störningar fördelar sig procentuellt enligt Tabell 7.20 och 7.21.

Tabell 7.20, Fördelning mellan aktiviteterna inom indirekt arbete.

Indirekt arbete	Pelarmontage (%)
Förberedande	60
Materialhantering	0
Utrustningshantering	40
Städning	0
Säkerhetsåtgärder	0
Kontroller	0
Kranassistans	0

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande

De indirekta arbetena i samband med montage av stålpelare uppgår till 20 % av den totala arbetstiden och fördelar sig endast mellan förberedande arbeten och utrustningshantering.

Tabell 7.21, Fördelning mellan aktiviteterna i kategorin störningar.

Störningar	Pelarmontage (%)
Stilleståndstid	86
Restid	14

Störningstiden upptar 28 % av arbetstiden och av denna är majoriteten stilleståndstid.

7.2.7 Bjälklagsarmering och installationsdragning

Då plattbärlaget är monterat och plattskarvarna tätade påbörjas armeringsarbetet. Först placeras skarvnät ut i plattbärlagsskarvarna och sedan monteras underkantsarmeringen och byglar omkring balkongerna. Allt eftersom underkantsarmeringen läggs på plats påbörjar installatörerna sina montagearbeten för el, ventilation och VS. Installationsarbetena följs sedan av montage av överkantsarmeringen. Resultaten från mätningarna av dessa aktiviteter, indelade i huvudgrupperna, redovisas i Diagram 7.8, 7.9 respektive 7.10.

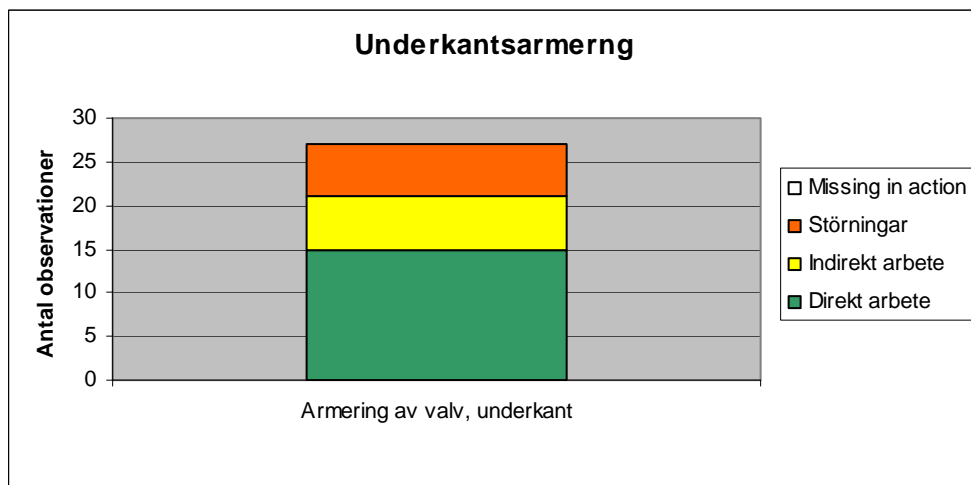


Diagram 7.8, Fördelning av aktiviteter vid montage av underkantsarmering.

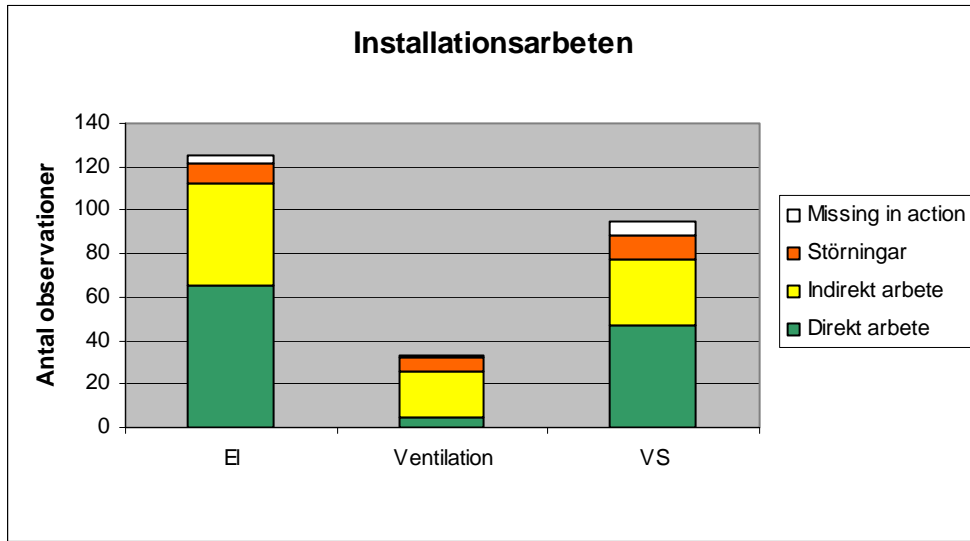


Diagram 7.9, Fördelning av aktiviteter vid montage av installationer.

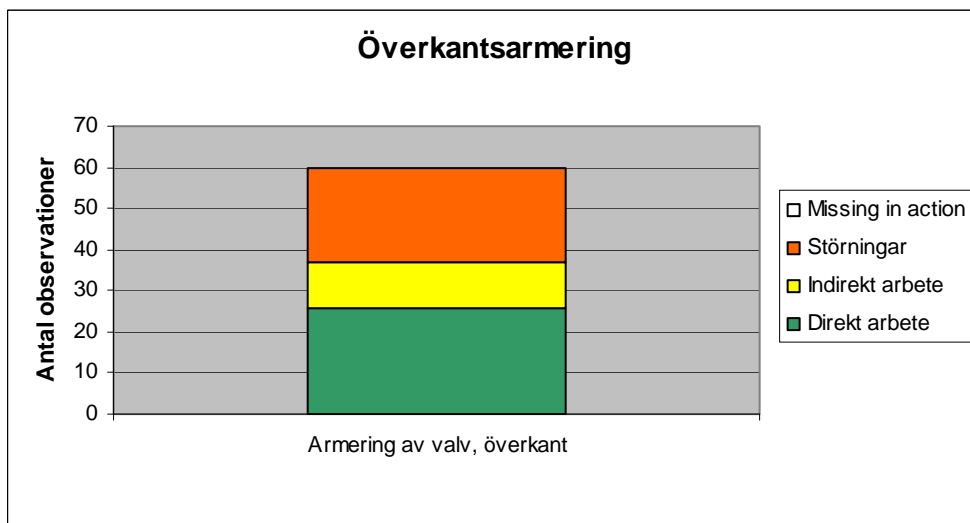


Diagram 7.10, Fördelning av aktiviteter vid montage av överkantsarmering.

Den specificerade mängden armering som monteras på den observerade etappen uppgår till totalt 1640 kg fördelade på ca 650 stycken järn, innefattande både raka och bockade. Dessa används både som underkants- och överkantsarmering. Utöver detta monteras en del lösjärn för att exempelvis fästa installationer och komplettera uppklippta armeringsstegar. Totalt monteras ca ett ton lösjärn per våningsplan varav uppskattningsvis en femtedel av detta på den studerade etappen.

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

Mängden elinstallationsdragningar på bjälklaget uppgår till ca 270 löpmeter, ventilationsmontaget avser ca 16 löpmeter och rördragningarna, i form av vatten, värme och avlopp, ca 560 löpmeter.

Armeringsmontaget utförs av två betongarbetare. Arbetstiden för montage av underkantsarmeringen uppgick till ca 7 mantimmar medan tiden för montage av överkantsarmeringen uppgick till ca 16 mantimmar.

Montage av elinstallationer utförs av en till två elinstallatörer och arbetstiden uppgick till totalt ca 33 mantimmar. Montage av ventilationsdragningar utförs av en ventilationsmontör och omfattade ca 9 mantimmar och montage av rördragningar för VS utförs av två rörläggare under en total arbetstid av ca 25 mantimmar.

Den procentuella fördelningen mellan huvudgrupperna visas i Tabell 7.22.

Tabell 7.22, Procentuell fördelning mellan huvudgrupperna.

Aktivitet	Direkt Arbete (%)	Indirekt Arbete (%)	Störningar (%)	Missing in action (%)	Mantimmar
Underkantsarmering	55,6	22,2	22,2	0,0	7
Elinstallationer	52,0	37,6	8,0	2,4	33
Ventilationsinstallationer	15,2	63,6	18,2	3,0	9
VS-installationer	49,5	31,6	11,6	7,4	25
Överkantsarmering	43,3	18,3	38,3	0,0	16

Arbete som utförs av installatörerna har mindre andel störningstid än armeringsarbetena. För alla aktiviteter utgörs omkring hälften av tiden av direkt arbete, bortsett från hos ventilationsmontören som istället har en stor andel indirekt arbete. Tiderna för de olika aktiviteterna varierar mycket, bland annat har ventilationsmontören mycket mindre arbetstid än övriga installatörer och arbeten med överkantsarmeringen fördelas över dubbelt så lång tid som underkantsarmeringen.

Arbetet inom de två huvudgrupperna indirekt arbete och störningar fördelar sig procentuellt enligt Tabell 7.23 och 7.24.

Tabell 7.23, Fördelning mellan aktiviteterna inom indirekt arbete.

Indirekt arbete	UK-armering (%)	Elinst. (%)	Ventilationsinst. (%)	VS-inst. (%)	ÖK-armering (%)
Förberedande	17	74	67	53	27
Materialhantering	83	15	24	33	55
Utrustningshantering	0	11	10	7	0
Städning	0	0	0	0	0
Säkerhetsåtgärder	0	0	0	0	9
Kontroller	0	0	0	0	0
Kranassistans	0	0	0	7	9

För ventilationsmontören som har nästan två tredjedelar indirekt arbete, består majoriteten av denna tid av förberedande arbeten, men även en del materialhantering och utrustningshantering. Denna fördelning är likvärdig för övriga installatörer. För

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

armeringsarbetena är det istället materialhantering som är dominerande inom indirekt arbete.

Tabell 7.24, Fördelning mellan aktiviteterna i kategorin störningar.

Störningar	UK-armering (%)	Elinst. (%)	Ventilationsinst. (%)	VS-inst. (%)	ÖK-armering (%)
Stilleståndstid	100	50	83	45	91
Resttid	0	50	17	55	9

I resultaten visas att installatörerna har väsentligt högre andel restid än armeringsmontörerna.

7.2.8 Gjutning

Activity sampling för gjutningsaktiviteterna har för två etapper utförts med tätare tidsintervall.

Gjutningen av bjälklaget görs med hjälp av en mobil betongpump. Utläggning, vibrering och kontroll utförs av två betongarbetare. Ytbearbetning i form av slodning utförs av en av dessa betongarbetare (etapp 3) eller en tredje betongarbetare (etapp 4). Då ytan senare ska komma att flytspacklas utförs ingen ytterligare ytbehandling i gjutningsskedet.

Resultatet av observationerna kan avläsas i Diagram 7.11, där mätvärdena har fördelats mellan huvudgrupperna.

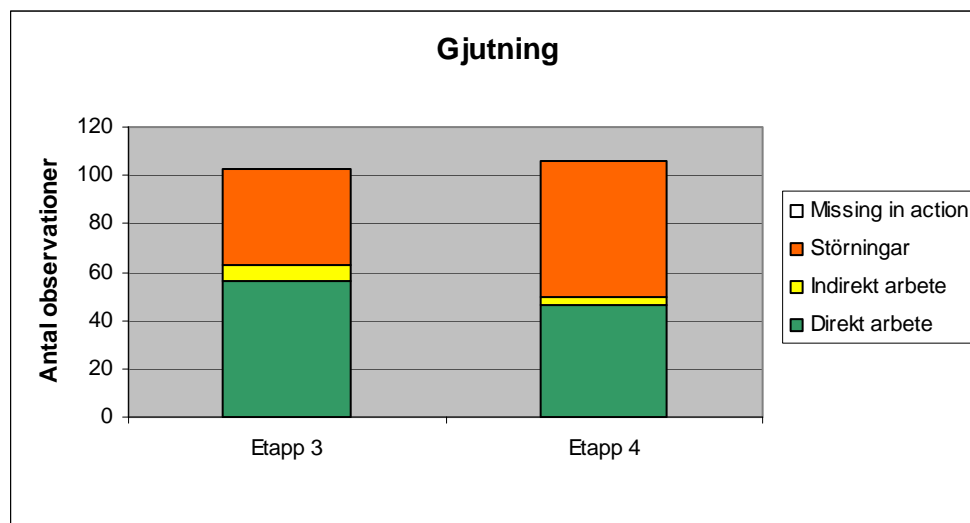


Diagram 7.11, Fördelning av aktiviteter vid gjutning av bjälklag.

Pågjutningarna på valvetapperna har en ungefärlig tjocklek på 210 mm. Gjutarean är 330 m² hos etapp 3 och 240 m² hos etapp 4.

Gjutning av etapp 3 utförs av två betongarbetare, med betongleveranser beställda med 25 minuters mellanrum. Gjutning av etapp 4 utförs av tre betongarbetare, med

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

betongleveranser beställda med 20 minuters mellanrum. Den totala arbetstiden för dessa gjutningar uppgår båda till ca 9 mantimmar. Den procentuella fördelningen mellan huvudgrupperna visas i Tabell 7.25.

Tabell 7.25, Procentuell fördelning mellan huvudgrupperna.

Aktivitet	Direkt Arbete (%)	Indirekt Arbete (%)	Störningar (%)	Missing in action (%)	Mantimmar
Gjutning, etapp 3	54,4	6,8	38,8	0,0	9
Gjutning, etapp 4	43,4	3,8	52,8	0,0	9

Arbetet inom de två huvudgrupperna indirekt arbete och störningar fördelar sig procentuellt enligt Tabell 7.26 och 7.27.

Tabell 7.26, Fördelning mellan aktiviteterna inom indirekt arbete.

Indirekt arbete	Etapp 3 (%)	Etapp 4 (%)
Förberedande	0	0
Materialhantering	0	0
Utrustningshantering	71	100
Städning	0	0
Säkerhetsåtgärder	14	0
Kontroller	14	0
Kranassistans	0	0

Tabell 7.27, Fördelning mellan aktiviteterna i kategorin störningar.

Störningar	Formning (%)	Montage (%)
Stilleståndstid	97	100
Restid	3	-

I samband med gjutningarna är en väldigt liten andel av tiden indirekt arbete. En stor andel på mellan 40 och 50 % av tiden är störningar, nästan uteslutande i form av stilleståndstid.

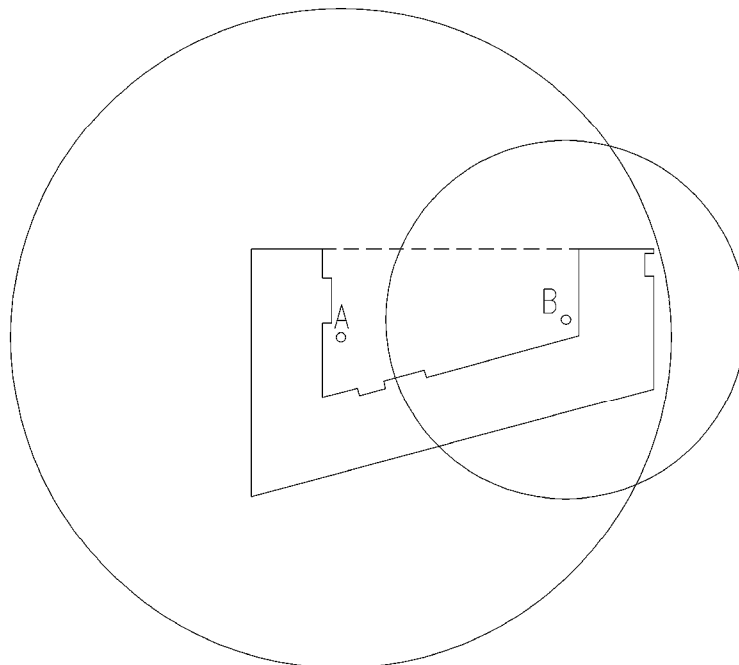
7.3 Krananvändning

Observationerna är utförda i samband med de mätningar som utförts med avseende på activity sampling, d.v.s. vid slumpmässiga tidpunkter med 13-20 minuters mellanrum. Observationerna har utförts under totalt en period om 13 dagar. Den första och de två sista dagarna har observationerna endast utförts under halvdagar. Anledningen till detta är att den första dagen avslutades arbetet klockan 11 och de två sista dagarna pågick inga arbeten på de studerade etapperna under resterande del av dagarna, vilket gjorde att inga observationer utfördes. Detta innebär att krananvändningen inte dokumenterats för en komplett våningscykel, men då arbetet pågår parallellt för fyra cykler i olika skeden, anses observationsperioden tillräcklig för att ge en representativ bild av användningen.

Det finns två kranar som är permanent placerade på byggarbetsplatsen.

Kran A är en större kran med en räckvidd på 55 meter och en kapacitet av 4,2 ton vid belastning längst ut på armen. Kranen har en krokhöjd på 45 meter. Kran B är en mindre modell, med en räckvidd på 30 meter och en kapacitet av 2,0 ton längst ut på armen. Kran B har en krokhöjd på ungefär 30 meter.

Kranarna är placerade på vars en sida om gårdsplanen vilket innebär att deras räckvidder täcker in olika områden av byggarbetsplatsen. Den större kranen når hela byggplatsområdet, medan den mindre endast når den ena halvan. Kranarnas placering och räckvidd visas i Figur 7.10.



Figur 7.10, Kranarnas placering och räckvidd.

Kran A är förankrad i grunden och kommer att finnas på plats under hela byggtiden. Kran B är uppställd på stödben på gårdsplanen och kommer att finnas på byggarbetsplatsen till dess att den bärande stommen är rest, sedan plockas denna bort. Anledningen till att kran B finns på byggarbetsplatsen under stomresningen, trots att kran A når hela arbetsområdet, är att många aktiviteter i stomresningen är beroende av kranassistans och att kranarna används så pass mycket att det inte skulle räcka med en kran för att upprätthålla den planerade produktionstiden.

Vissa aktiviteter har under speciella perioder givits företräde till kranarna. Detta gäller bland annat formning och gjutning av väggar, då kran krävs för montage och demontage av väggformar under morgonen och för gjutning under eftermiddagen. Vid leverans av plattbärlag ges detta montaget också företräde till en kran, då en extra kostnad tillkommer om bilen inte lossas under en viss föreskriven tid. Detta kan även komma att gälla lossning av andra leveranser. Vid montage av stålpelare reserveras en av kranarna en halvtimme för denna aktivitet.

Resultaten från kranobservationerna har sammanställts för kranarna var för sig. Kranarnas användning har grupperats i de kategorier beroende på vilken aktivitet de assisterar, oberoende av vilken etapp aktiviteten utförs för.

Indelningen av aktiviteterna baseras på den indelning som gjorts av de stomrelaterade aktiviteterna i tidigare nämnd activity sampling, avsnitt 7.1. Utöver dessa aktiviteter har även montage av skalvägg mot en befintlig fasad samt montage av utfackningsväggar specificerats som egna aktiviteter då kranarna utgör en betydande resurs för dessa aktiviteter. Övriga arbeten som ej är direkt stomrelaterade, exempelvis inlyftning av gips och stålreglar, samt arbeten som stödjer alla aktiviteter, exempelvis lyft av ställningsmaterial eller flytt av verktygsbodar, har placerats i kategorin "Övrigt".

I Diagram 7.12 och 7.13 visas resultaten av kran A:s respektive kran B:s utnyttjande, fördelat mellan de aktiviteter som assisteras. Resultaten är baserade på totalt 334 observationstillfällen med mellan 13 och 20 minuters mellanrum, fördelade över 13 arbetsdagar.

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

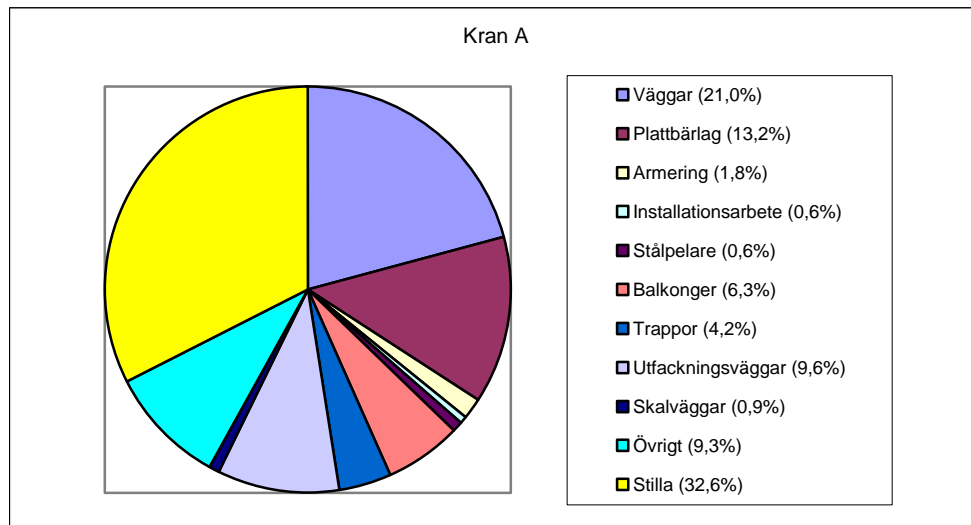


Diagram 7.12, Fördelning av kran A:s utnyttjande mellan aktiviteterna. Diagrammet är baserat på 334 mätningar fördelade under 13 dagar (ca 92 timmar).

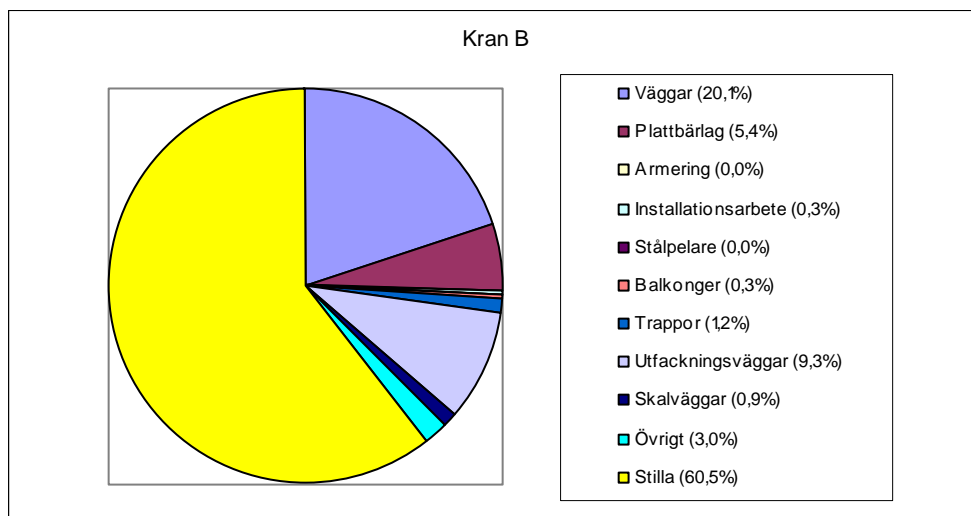


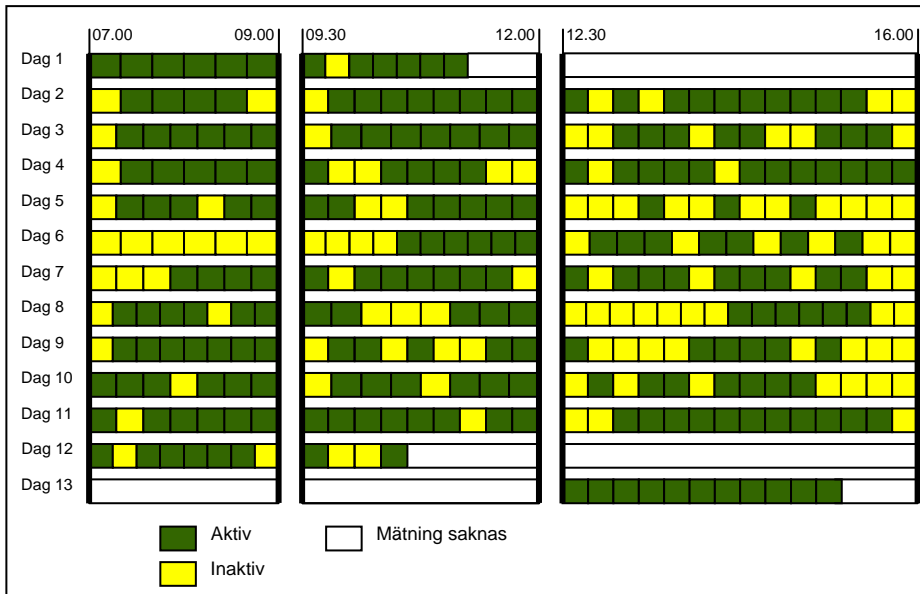
Diagram 7.13, Fördelning av kran B:s utnyttjande mellan aktiviteterna. Diagrammet är baserat på 334 mätningar fördelade under 13 dagar (ca 92 timmar).

Som visas i diagrammen är det betongväggar, plattbärlag med inkluderade understöd samt utfackningsväggar som är de aktiviteter som upptar störst andel av kranresurserna. Betongväggarna upptar drygt 20 % av de båda kranarnas tid, medan utfackningsväggarna upptar nästan 10 %. Plattbärlaget upptar ca 13 % av kran A och 5 % av kran B.

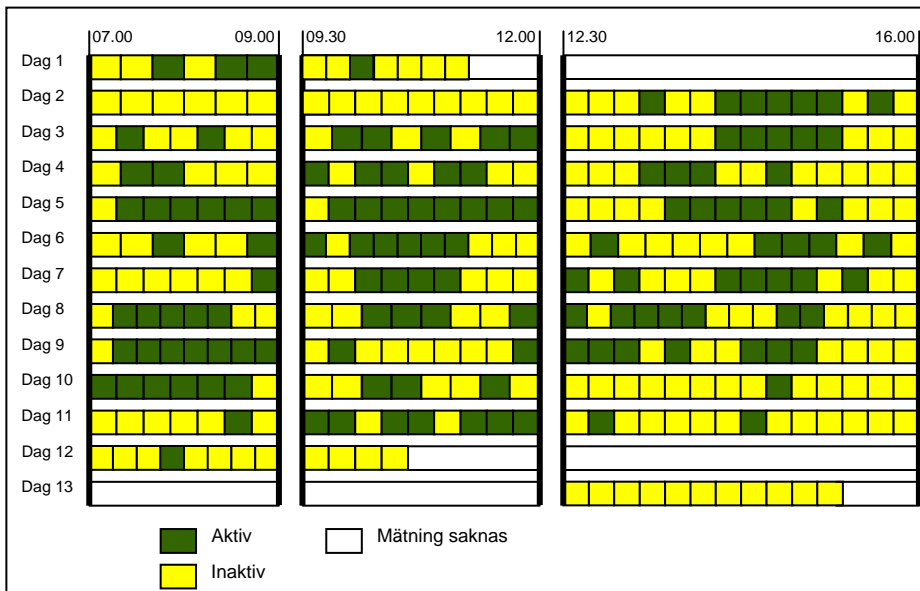
Hos de båda kranarna är det en stor del av tiden som dessa står stilla, nästan 33 % för kran A och över 60 % för kran B.

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande

Nedanstående resultat, i Figur 7.10 och 7.11, visar hur användningen av kranarna varierar över dagen. Varje markering motsvarar en observation och visar om kranen är aktiv eller inte, oberoende av vilken aktivitet den assisterar. Frukost- och lunchrast har markerats i figurerna genom ett mellanrum i mätresultatet. Tiderna för observationerna är slumpade och detta ger ibland olika många observationer vid lika långa tidsintervall.



Figur 7.10, Kran A:s användning över observationsperioden.



Figur 7.11, Kran B:s användning över observationsperioden.

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande

Det syns tydligt i figurerna hur de båda kranarna ibland står oanvända under långa perioder. Generellt så påvisar resultaten även en tendens till att användningen av kranarna är större under förmiddagarna än under eftermiddagarna och att det i stor utsträckning finns luckor i utnyttjandet i anslutning till start på morgonen, före och efter raster samt innan kväll.

8 Analys och diskussion

8.1 Metoder

En del i detta examensarbete har varit att ta fram metoder som är lämpliga för kartläggning av värdeflöden och mätning av tidsutnyttjandet för platsgjutet flerbostadsbyggande. Detta har gjorts med grund i befintliga metoder, som sedan utvecklats och modifierats för anpassning till byggbranschen. Metoderna har utformats och testats i samband med utvärdering av ett byggprojekt.

8.1.1 Activity sampling

Kategoriseringen av arbetet utfördes innan studierna påbörjades. Detta resulterade givetvis i en teoretisk indelning som visade sig inte vara helt komplett och innehöll en del brister. Kategoriseringen uppdaterades därför efterhand i samband med mätningarna.

Vissa indelningar kan fortfarande diskuteras huruvida de är korrekta eller inte, men då ett beslut angående kategoriseringen hade tagits och mätningar innehållande dessa aktiviteter var påbörjade, var det viktigt att hålla sig till den indelning som gjorts.

De kategoriseringarna som vi själva diskuterat mycket kring och som vi anser att det finns olika sätt att kategorisera arbetena på, är bland annat montage av stämp och bockryggar samt montage och demontage av formar.

Vid montage och demontage av formar som inte ingår i ett formsystem och som inte alltid återanvänds, normalt skivor eller brädor, anses arbete med dessa inte vara värdehöjande. Montaget har definierats som förberedande, då det är en aktivitet som är nödvändig för gjutningen, men som inte lämnar något kvarvarande värde hos byggnaden. Tillkapning och sågning av detta formmaterial har klassats som materialhantering. Demontaget av formen är också klassat som materialhantering, då det är ett arbete som måste utföras, men då materialet normalt kastas efter användningen, anses det inte heller värdehöjande.

Klassificeringen av formsystem, som är färdigbyggda och återanvändbara, men som inte är kvarsittande, avviker från ovanstående värdering. Montage och demontage av denna typ av form har värderats som direkt arbete, vilket givetvis kan diskuteras då detta arbete egentligen inte är värdehöjande. Detta val har gjorts med anledningen av att vi anser det vara intressant att mätresultaten ska kunna vara direkt jämförbara med stombjuttning med kvarsittande form. Detta görs då genom att montage av formsystemet jämföras med montage av exempelvis skalvägg eller plattbärlag. Demontaget har också kategoriserats som värdehöjande, men då denna aktivitet genererar ett merarbete i relation till arbete med kvarsittande form, anser vi denna aktivitet istället höra hemma i kategorin utrustningshantering. Denna förändring är dock inte genomförd i de studier som utförts i arbetet.

Att montage av stämp och bockryggar klassas som utrustningshantering gör att ingen del i detta arbetsmoment definierats som värdehöjande, trots att detta är en aktivitet

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande

som är nödvändig för valvgjutningen. Denna klassificering ifrågasattes av arbetsledningen (*Olsson O, 2007*) på projektet, men vi anser denna vara korrekt placerad med anledning av att utrustningen kan ses som ett hjälpmedel, något som är nödvändigt för produktionen, men som inte genererar något kvarvarande värde hos produkten.

En svaghet i den metod som utformats för observationerna är framförallt klassificeringen av omarbete. Detta arbete har definierats som värdehöjande trots att det, enligt teorierna inom lean production, är ett rent slöseri. Anledningen till detta val är att vi såg en svårighet i att skilja mellan vad som är arbete och vad som är omarbete. Det kan även vara svårt för en utomstående observatör att avgöra om ett arbete går onormalt långsamt eller är ett extraarbete som utförs på grund av tidigare utförandefel, slarv eller tillfälliga fel i produktionen. I vårt fall har en notering gjorts i protokollen för arbeten som uppfattades som omarbeten eller extraarbeten, vilket i denna studie var en försumbar del av observationerna. En bra lösning på detta problem hade i betydande omfattning förbättrat metoden.

Tidsintervallen med vilka observationerna utfördes lämpade sig bra för det aktuella projektet, då de gav utrymme till att hinna röra sig runt arbetsplatsen och hitta även de personer som avvek från arbetet uppe på bjälklaget. Observationstiderna hade kunnat ligga tätare om projektets utformning tillåtit detta. Normalt befann vi oss kvar inom arbetsområdet även mellan observationerna, då detta gav oss en bättre förståelse för arbetsmomenten. Om observationerna endast utförts momentant, med total avsaknad om vad som sker mellan observationstillfällena, hade det i vissa fall kunnat vara svårt att bedöma aktiviteten. Om en arbetare exempelvis rör sig med material i handen, kan denne både vara på väg att utföra ett direkt montage, städning, materialhantering eller helt enkelt vara på väg att ta rast.

Under den aktuella studien fick vi uppfattningen att byggnadsarbetarna inte brydde sig om att de blev observerade, vilket medför att det av denna anledning inte varit nödvändigt med de slumpmässigt utförda tidsintervallen. Vi anser däremot att de slumpmässiga tidsintervallen är till stor fördel med avseende på observationernas fördelning över dagen. Genom att slumpa fram tiderna, blir observationerna jämnt fördelade över arbetsdagen, med jämn spridning under morgonen, kring raster och vid slutet av arbetsdagen.

I samband med utformningen av metoden är det viktigt att klargöra vad resultaten ska användas till, innan mätningarna utförs. Det kan exempelvis handla om huruvida resultaten önskas sammanställas med avseende på yrkesgrupp, per arbetsdag eller per aktivitet. Då vi utformade protokollen, gjordes det med indelning per dag och yrkesgrupp. Vid senare diskussioner valdes sedan sammanställning med indelning i aktiviteter, då det ansågs intressantare att lokalisera vilka arbetsmoment som det fanns störst effektiviseringspotential inom. Detta resulterade i en besvärlig sammanställningsprocess, då mätvärdena behövde bearbetas manuellt. Om protokollen istället hade utformats med aktivitetsindelning, redan från början, hade mycket av det arbete som senare behövde utföras manuellt kunnat undvikas.

Om indelning utförs med avseende på aktiviteter, bör denna indelning inte utföras i för små och snäva grupper. Detta kan generera problem med hantering av den tid som

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande

ligger mellan arbetsmomenten, då stilleståndstid som eventuellt uppstår där emellan, inte ingår i någon av aktiviteterna.

Den största nackdelen med metoden generellt är att den endast påvisar aktivitet, inte någon form av produktivitet. Det går bara att avgöra om en individ arbetar och vilken typ av aktivitet som utförs, inte om arbetet utförs effektivt. För mätning av detta krävs kompletterande studier, som jämför hur mycket som produceras med avseende på den totala arbetstiden.

Det är viktigt att observatören är väl insatt i både arbetsförfarandet och kategoriseringen för att kunna utföra korrekta bedömningar under mätningarna. Observatören har även möjlighet att ta till sig en del kompletterade information och får på detta sätt en djupare insikt om hur arbetet går till. Denna information, som sällan går att utläsa av mätresultaten, är viktig att ta tillvara på. Därför rekommenderar vi att observatören är delaktig under sammanställning och utvärdering av resultatet.

8.1.2 Värdeflödesanalys

Den traditionella värdeflödesanalysen är svår att tillämpa på byggprojekt, främst på grund av att det finns svårigheter i att definiera produkten. Produkten i ett byggprojekt är något som utvecklas successivt och inte överlämnas till kunden förrän hela projektet är färdigställt. Till skillnad från tillverkningsindustrin är det inom byggbranschen arbetarna som rör sig kring produkten och inte en produkt som förflyttar sig genom en produktionslina.

Om produkten endast definieras som en mindre del av byggnaden, uppstår problematiken i värdeflödesanalysen i samband med delproduktens färdigställande. Den färdiga delprodukten har då genomgått hela sin värdekedja och är levererad till slutstationen, men överlämnas inte till kunden förrän hela produkten är färdigställd. Vissa delprodukter förädlas även under många olika skeden, vid olika tillfällen. Ytbearbetning, i form av golvläggning, målning och tapetsering av stommen utförs exempelvis långt efter stomresningen. I en ren värdeflödesanalys anses produkten då ligga i lager mellan dessa arbeten samt mellan färdigställandet och överlämnandet till kunden. Detta gäller även om hela byggnaden definierats som en produkt. Delar av produkten är då färdigställd långt innan överlämnandet, medan andra delar är färdigställda strax innan överlämnandet, vilket orsakar svårigheter i framställandet av en värdeflödesanalys.

Det observerade projektet producerades med ett antal etapper per våning, vilket gav en lämplig avgränsning av en produkt till denna studien. Tyvärr var det även etappindelningen som orsakade de största svårigheterna vid kartläggningen av produktionen. Det uppstod ett behov av att hitta lösningar för hantering av exempelvis leveranser som avsåg mer än en etapp. Leveranser av armeringsnät ankom exempelvis en gång per våningsplan, stämp och bockryggar ankom två gånger per våningsplan och plattbärlagen ankom fem gånger per våningsplan. Detta innebär att dessa produkter får olika lång lagerhållning beroende på vilken etapp som studeras. I värdeflödesanalysen för produktionen har vi valt att ange ett intervall för lagertiden, från dess att materialet används första gången till dess att hela materialet är färdiganvänt.

För att en värdeflödesanalys ska ge en korrekt bild av en produktionslinje, är det viktigt att den baseras på verkliga tider. I värdeflödesanalysen över byggproduktionen har tiderna för aktiviteterna baserats på de tider som uppmätts i samband med observationerna. Värdeflödesanalyserna för leverantörerna är dock baserade på uppgifter från leverantörerna, och för armeringsleverantören är tiderna dessutom uppskattade för en normalorder och kan variera mycket beroende på ordens storlek och komplexitet. Dessa resultat hade blivit bättre och mer tillförlitliga om verkliga tider hade uppmätts, vilket tyvärr inte hunnits med i denna studie, på grund av begränsad tid för examensarbetet.

8.2 Mätresultat

8.2.1 Tillförlitlighet i resultaten

Resultaten av mätningarna, utförda med activity sampling, är baserade på mätningar utförda under 15 dagar, med tidsintervall på mellan 13 och 20 minuter. Utöver detta har tätheten mellan observationerna ökat under perioden för valvgjutningen och extra observationer har utförts för gjutning av ytterligare ett valv vid sidan av den observerade etappen. Då resultaten har fördelats mellan de olika stormrelaterade aktiviteterna, skiljer sig tillförlitligheten för dessa resultat väsentligt åt. Anledningen till skillnader i tillförlitlighet beror av att alla aktiviteter inte har pågått under lika lång tid, vilket gör att antalet observationer som utförts för respektive aktivitet varierar. En aktivitet med fler antal observationer får ett statistiskt säkrare resultat än en aktivitet med få mättillfällen. Samma skillnad i tillförlitligheten gäller den totala sammanställningen av resultatet, fördelat mellan de olika yrkesgrupperna, då dessa också observerats vid olika många mättillfällen. Totalt har det utförts drygt 1300 observationer, utspritt över ungefär 430 mättillfällen, med undantag för den extra gjutetappen. Detta är få mätningar i jämförelse med de 5000 som rekommenderas av Jenkins och Orth (2004) för att uppnå en statistisk säkerhet. Dock ger studien ett resultat som kan vara användbart då den ger tydliga indikationer av fördelningarna och då det inte gjorts så många studier i den här omfattningen i Sverige tidigare. För att erhålla tillförlitligare mätvärden i denna undersökning kunde detta ha uppnåtts genom tätare observationer eller en längre observationsperiod.

Observationerna är endast utförda på en byggarbetsplats och leverantörer till denna, vilket gör att resultaten är specifika för detta projekt. Resultaten kan inte anses vara direkt representativa för andra byggprojekt, men ger förhoppningsvis vissa indikationer och visar tendenser som kan vara likvärdiga även hos andra projekt. Mätningarna är utförda endast för en etapp av projektet. Det finns skillnader i utformning hos de olika etapperna, vilket gör att de uppmätta tiderna inte heller kan anses direkt applicerbara på övriga etapper. Ytterligare en skillnad mellan de olika etapperna är deras placeringar inom arbetsplatsområdet, vilket gör att tillgången till kranar och närheten till material, bodar och transportvägar varierar. Dock bör mätvärdena ge vissa indikationer då både aktiviteter och ordningen på dessa är samma hos de olika etapperna.

Värdeflödesanalyserna som är upprättade för leverantörerna är inte baserade på egna tidsmätningar, utan på uppgifter som lämnats av leverantörerna själva.

8.2.2 Analys av tidfördelningen inom de olika aktiviteterna

Fördelningen av tiden mellan arbetsmomenten inom de olika aktiviteterna grundar sig på den kategorisering som gjorts. Diskussion kring vad de aktuella resultaten beror på baseras på mätvärdena och diskussioner med arbetare och arbetsledare på projektet, men framför allt på våra egna observationer och tankar.

För hela den observerade stomcykeln visade resultatet på en andel av 31,0 % inom kategorin direkt arbete, 38,7 % inom kategorin indirekt arbete 25,1 % inom kategorin störningar. Andelen tid för störningar är då något lägre än den som uppmäts av Josephson och Saukkoriipi (2005). Det är dock inte säkert att resultaten är direkt jämförbara, då det kan finnas skillnader i kategorisering och i den värdering som beror av observatören.

Vid sammanställning av hela stomcykeln, med fördelning mellan de olika yrkesgrupperna, påvisas en framträdande skillnad, där installatörerna har en lägre andel störningstid än exempelvis trä- och betongarbetare. Installatörernas genomsnittliga störningstid är 12,6 %. Orsaker till detta kan vara att installatörerna kan ha mindre tid att tillgå för att utföra sina aktiviteter, samt att de normalt arbetar mer flexibelt inom och mellan de olika etapperna. Detta gör att de kan röra sig till annan aktivitet då de blir hindrade av andra parallellt pågående aktiviteter. En annan viktig orsak till detta resultat, beror på den metod vi valt att arbeta utifrån. Då en resurs, i form av en person, är avsatt att arbeta på den studerade etappen, men saknas vid något måttillfälle, noteras detta som "Missing in Action". Installatörerna rörde sig mycket mellan de olika etapperna, vilket gör att de sällan är avsatta att arbeta inom en aktivitet hos en specifik etapp under lika långa tidsperioder som trä- och betongarbetarna. På så sätt kommer de normalt endast med i mätningarna vid de tillfällen som de dyker upp inom det observerade arbetsområdet och utför ett arbete, vilket gör att de kan upplevas som aktivare. Om de sedan lämnar observationsplatsen en stund så kommer detta inte med i mätresultaten, oberoende av om de utför annat arbete eller om de tagit en eventuell rast, utanför schemalagd tid för rast. Eftersom installatörerna rörde sig så pass mycket mellan etapperna på arbetsplatsen var det svårt att följa om de rörde sig till eller från den undersökta etappen. Detta kan därför ha resulterat till en del onoterad restid. Då trä- och betongarbetarna av någon anledning avstannar sitt arbete, befinner de normalt sig kvar inom observationsområdet och får på så sätt alltid en notering under kategorin störningar vid dessa tillfällen. Tidigare resultat av activity sampling för VVS-branschen (Hammarlund & Rydén, 1989) visar, liksom våra mätningar, på en låg andel störningstid för denna yrkesgrupp, på endast 13 % störningar. Denna siffra är betydligt lägre än den totala störningstid på 33,4 % som uppmäts av Josephson och Saukkoriipi (2005), som avsåg allt byggnadsarbete. Dock kan det även här finnas skillnader i deras kategoriseringar och bedömningar av arbetet under mätningarna.

Väggar

Vid gjutning av betongväggarna är tidsfördelningen mellan de tre huvudgrupperna, direkt arbete, indirekt arbete och störningar, för aktiviteterna formning samt armering och gjutning, ungefär en tredjedel inom varje grupp. Detta ger en högre andel störningstid för dessa aktiviteter än genomsnittet för hela cykeln. Formningen och armeringen, samt installationsarbetena utfördes alla under förmiddagen, medan betongen till gjutningen hade en stående leverans klockan 14:00 varje dag. Normalt var formningsarbetena färdigställda redan under förmiddagen, vilket orsakade att dessa byggnadsarbetare oftast stod relativt sysslösa fram tills att den första betongleveransen anlände. Detta gällde även för dagens sista timme då gjutningen redan slutförts. Under den period som observationerna utfördes, fick arbetarna en extra förmiddag på sig att utföra formningsarbete, vilket rubbade deras normala arbetstakt. Formningen för den första gjutetappen färdigställdes då nästan helt, redan under den halvdagen. Då nästa arbetsdag som vanligt var hel, och gjutningen inte skulle utföras förrän på eftermiddagen, hann de förbereda en hel del av följande dags arbete. Detta orsakade att de under hela perioden låg lite före sin egen tidsplanering och fick en hel del tid över. Planlösningen av väggarna och den disponibla väggformen var styrande faktorer till hur mycket vägg som kunde formas och gjutas respektive dag.

En viktig notering vi gjorde i samband med observationerna var att arbetare som var avsatta för en specifik aktivitet, sällan avvek från denna för att utföra något annat då det fanns tid över. Detta gällde generellt på projektet, inte bara för denna aktivitet och var troligtvis ett resultat av att alla byggnadsarbetare hade sina specifika arbetsuppgifter och följde med dessa arbetsmoment allt eftersom byggnaden restes. Dessutom upplevde vi att det var något överbemannat på byggarbetsplatsen, vilket gjorde att det mesta arbetet utfördes i lugnt tempo och att många hade viss tid över. Dessa antaganden styrktes vid samtal med byggnadsarbetarna själva samt av arbetsledningen på projektet (*Ohlin B, 2007*).

För installationsarbetena i väggarna har det inte noterats någon störningstid. Orsaken till detta är som tidigare nämnt, att installatörerna endast dök upp på observationsområdet i samband med att de skulle utföra något mindre montage och avgick sedan igen. Antalet mätningar för installatörerna är avsevärt färre än för trä- och betongarbetarna vilket givetvis inverkar på tillförlitligheten i detta resultat.

I mätningarna har inte inkluderats den tid som använts för tillverkning av formkompletteringarna, då denna aktivitet utförts innan observationerna påbörjades.

Valvform

Utmärkande bland aktiviteterna med anknytning till plattbärlagsmontaget är de höga andelarna indirekt arbete vid montage av understöd samt vid montage och demontage av valvkantsform med 70 respektive 80 %. Denna fördelning är en direkt konsekvens av den kategorisering av aktiviteter som utförts. Montage av stöd i form av strävor, stämp och bockryggar har inte ansetts tillföra något kvarstående värde till stommen utan kategoriserats som utrustningshantering. Detsamma gäller för montage av valvkantsform som tillsammans med montage av formkomplement anses vara ett

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande

förberedande arbete. Rivningen av samma form, som inte kommer att återanvändas, har definierats som materialhantering, vilket också är ett indirekt arbete.

Den största andelen störningstid ligger hos själva montaget av plattbärlaget. Denna siffra uppgår till hela 42,3 %. Vid montage av plattbärlaget fås en stilleståndstid i samband med att kranen kopplas och plattbärlagen lyftes från bilen. Denna tid utgör en stor andel av den tid som går åt till plattbärlagsmontaget, vilket totalt inte pågår under längre tid än 7 mantimmar fördelade på 2 personer. Vid montage av plattbärlag är kontroller, kranassistans och materialhantering en stor andel av det indirekta arbetet. Stilleståndstiden för denna aktivitet hade kunnat minskas genom att de båda kranarna utnyttjats parallellt för de etapper där kranarnas räckvidd medger detta. Då den ena kranen arbetar med montaget, hade den andra kranen kunnat kopplas med nästa platta. Dock skedde plattbärlagsmontagen under förmiddagarna, d.v.s. under samma period som montage av väggformarna, som också är i behov av kran.

Balkonger

Balkongmontaget utförs under en eftermiddag och tiden för denna aktivitet är jämnt fördelad mellan huvudgrupperna. I samband med denna aktivitet pågick ett antal andra aktiviteter på det relativt nymonterade plattbärlaget, vilket kan ha inverkat på framkomligheten. För balkongerna uppstår även samma fenomen som för plattbärlagen, att en stor andel av tiden går åt till lastning och lyft av balkongerna. Till skillnad från plattbärlagsmontaget har balkongmontaget dock en del efterarbeten att utföra under dessa väntetider, som exempelvis svetsning. Av det indirekta arbetet är den största andelen kranassistans.

Trappor

Trapporna monteras i tre olika sektioner, vid tre separata tillfällen. Nästan hälften av montagearbetet är indirekt och består i detta fall till stor del av utrustningshantering och kranassistans. Formningen består inte av något direkt arbete, då detta arbetsmoment inte kategoriserats som värdehöjande. Fastgjutningen av dubbarna har inte inkluderats i studien då detta arbete utfördes efter observationerna.

Armering och installationer

Montaget av överkantsarmeringen tar mer än dubbelt så lång tid som montaget av underkantsarmeringen. Skillnaden i tid kan bero på att de olika momenten innefattar olika mycket arbete, men även att det krävs mer omfattande najningsarbeten för överkantsarmeringen. Nämnvärt är också den mycket högre andelen störningstid vid montaget av överkantsarmeringen. Detta beror troligtvis på den tillgängliga tiden. Vid montage av underkantsarmeringen utfördes andra aktiviteter parallellt och aktiviteterna var beroende av varandra vilket gjorde det viktigt att arbeta effektivt. Vid montaget av överkantsarmeringen var det endast detta montage som pågick, vilket skulle kunna resultera i bättre värden då de hade tillgång till en fri arbetsyta. Istället var det så att arbetstakten minskade, då de hade längre tid på sig för att utföra momentet. En del tid hade arbetats in under cykeln och gjutningen av valvet skulle inte utföras förrän ett par dagar senare. Som nämnts tidigare var byggarbetsplatsen

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnad

något överbemannad, vilket gjorde att det inte fanns någon annan aktivitet att utföra då de fick tid över, utan istället tog de det lugnt med det arbete de hade att utföra.

Installationsarbetena har generellt en lägre andel störningstid än det totala genomsnittet. Ventilationsmontören har nästan två tredjedelar indirekt arbete, till majoritet bestående av förberedande arbeten, men även en del materialhantering och utrustningshantering. Detta resultat avviker nämnvärt från resultatet för övriga installationsmontörer, men på grund av det lilla antalet mätningar anses tillförlitligheten för låg för att några generella slutsatser ska kunna dras.

Valvgjutningar

Resultaten för de båda gjutetapperna visar på stora andelar störningstid, 38,8 respektive 52,8 %. Andelen indirekt arbete anses vara försumbar och övrig tid består då av direkt arbete.

Värdeflödesanalysen för etapp tre visar att det i genomsnitt tar 15 minuter för betongarbetarna att bearbeta en leverans med betong och att leveranserna ankommer med 26 minuters mellanrum, vilket ger en väntetid på ca 11 minuter. Detta är den helt klart största anledningen till den stora andelen stilleståndstid för dessa mätningar.

Mätningarna för etapp fyra visar att den genomsnittliga tiden för att bearbeta en leverans är 12 minuter och leveranserna ankommer med 18 minuters mellanrum. Detta i kombination med förseningen innan start på 38 minuter, där betongarbetarna stod stilla, är orsaken till den här ännu högre siffran med stilleståndstid på 52,8 % av den totala tiden. Om det däremot bortses från förseningen som uppstod innan den första leveransen så fås en stillståndstid på cirka 39 %, vilket överensstämmer väl med resultatet från etapp tre.

Den totala bearbetningstiden för betongen hos etapp fyra var kortare än för etapp tre, vilket berodde på användandet av ytterliggare en person, d.v.s. tre personer istället för två. Arbetstiden har dock inte sjunkit proportionerligt med ökningen av resurser, vilket påvisar att användandet av en extra arbetare inte gav ett lösningsresultat. Dock ska det inte bortses från arbetstidens faktiska förkortning, vilket kan motivera användandet av en extra resurs då det finns behov av att minska den totala gjuttiden. Ytbearbetningen i detta fall tog också betydligt längre tid, vilket troligtvis berodde på att arbetet delvis utfördes parallellt med utläggningen och orsakade att arbetarna i vissa fall var i vägen för varandra. Det är också värt att nämna att den tredje personen som i detta fall utförde ytbearbetningen var lärling, och kan ha saknat en del av den rutin som en mer erfaren yrkesarbetare har.

De uppmätta och vetenskapligt baserade resultaten visar en skillnad i vilket leveransintervall som är optimalt, i jämförelse med de leveransintervall som önskats av betongarbetarna, baserade på deras tidigare erfarenheter. För att effektivisera detta arbetsmoment och minska andelen stilleståndstid, kan en lösning vara att ha kortare mellanrum mellan leveranserna. Självklart är det då också viktigt att leveranserna är tillförlitliga och att leverantörerna har kapaciteten att leverera enligt utsatt tid, då försenade leveranser också resulterar i stilleståndstid.

Kran

Arbetsbelastningen för kran A fördelade sig med en inaktiv tid på 32,6 % under observationsperioden. Den aktiva tiden utgjordes till stor del av montage av väggformar, 21,0 %, och montage av plattbärlag, 13,2 %. Kran B hade en större inaktiv tidsandel på 60,5 %. Den aktiva delen utgjordes till hälften av montage av väggformar, 20,1 %.

Den främsta anledningen till att kran A användes mycket mer än kran B är troligtvis att kran A hade en större räckvidd och nådde över hela bygget. Då kran B endast nådde vissa delar av arbetsplatsen, kunde den bara utnyttjas då arbeten pågick inom dess räckvidd. Fördelningen av krananvändningen mellan olika arbetsmoment hade troligtvis varit annorlunda om mätningarna hade utförts under en hel våningscykel, då detta hade gett en något större spridning av var arbetena utfördes.

Om de båda kranarnas aktiva tid adderas, ger detta en beläggning vilket motsvarar 107 %. Detta visar att det, rent teoretiskt, kanske skulle kunna räcka med endast en kran. Vid jämförelse av spridningen av aktiv tid och inaktiv tid samt hur dessa fördelar sig över mätperioden, går det däremot att utläsa att kranarna under många mätningar arbetar samtidigt. Det hade alltså troligtvis ställt till mycket problem om det endast funnits en kran tillgänglig på arbetsplatsen. Detta hade krävt att krananvändandet måste planeras noggrant och lämnar väldigt lite utrymme för ändringar. Arbetsledningen (*Olsson O, 2007*) uppskattar, vid beräkning av kranbehov, att en kran normalt står inaktiv under ungefär en tredjedel av tiden.

På det aktuella byggprojektet fick vi indikationer av byggnadsarbetarna att krananvändningen för väggformarna var större än nödvändigt och att kranarna på så sätt ofta var otillgängliga för andra aktiviteter. Väggformarna hölls kopplade till kranarna i samband med att de skrapades, rengjordes och oljades. Om detta är en ren nackdel kan givetvis diskuteras, då arbetssättet kan ha ökat effektiviteten hos detta arbetsmoment.

Leverantörer

Värdeflödesanalyserna som har gjorts för respektive leverantör är baserade på intervjuer och tider som leverantörerna har tillhandahållit. Detta innebär att tillförlitligheten i dessa tider som ingår i respektive värdeflödesanalys bör beaktas med viss försiktighet.

I värdeflödesanalyserna som gjorts för respektive leverantör, finns det möjlighet att lokalisera det skede, i vilket ändringar kan tillåtas, utan att det genererar en större merkostnad. Vi anser att det finns två kritiska punkter i värdeflödena för respektive leverantör med avseende på ändringar. Dessa är främst vid produktionsstart och under produktionsplaneringen. Vid produktionsstarten har arbetet med produkten påbörjats vilket innebär att produkten inte kan ändras eller arbetet avbrytas. En sådan ändring kräver även att det finns tid och kapacitet för att producera vid ett nytt datum eller med en annorlunda utformning. Detta ställer i sin tur också stora krav på produktionsplaneringen som måste hantera ändringarna.

Enligt betongleverantören var, utöver fabriken kapacitet och tillgången på betongbil, tillgänglighet på betongpump ofta den avgörande faktorn till huruvida de hade

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande

möjlighet att ta emot en beställning eller inte. Bokning av betongpumpar och bilar gick via betongleverantören till ett systerbolag som hade hand om uthyrningen av denna. Kommunikationen mellan betongleverantör och betongpumpsuthyrare skedde via fax och tillgängligheten av betongpumpar var inte direkt överskådlig för betongleverantören. Betongleverantören har en kort produktionskedja och möjliggör beställningar nära inpå leverans. För att betongleverantören på ett snabbt sätt ska kunna lämna en orderbekräftelse till kunden, rekommenderas att tillgängligheten av betongpump åskådliggörs för både betongleverantören och kunden. Detta skulle exempelvis kunna göras genom någon form av databas eller kalender som görs tillgänglig via nätet och som uppdateras kontinuerligt.

Hos armeringsleverantören är det av intresse om en ändring innebär en förändring av leveransdatum eller om det innefattar en ändring i utformningen av armeringsjärnen. Vid ändring av leveransdatum till ett tidigare datum, måste en ändring i produktionen ske och denna styrs av produktionsplaneringen. Produktionsplaneringen får normalt tillgång till ordrar cirka tre veckor innan respektive leverans, vartefter den närmaste tidens produktion planeras. Ju närmare leveransdatumet en ändring kommer in, ju större kan effekterna i planeringen bli. Vid en eventuell senareläggning av ett leveransdatum kan produkten färdigställas som planerat och läggas i lager och då blir det istället en fråga om lagerutrymme. För att minska på behovet av lagerutrymme bör produktionen istället försöka senareläggas. Med en kortare produktionstid och större lagerutrymmen har leverantören en större möjlighet att hantera ändringar i leveransdatum. Det är dock viktigt att lagerutrymmena inte nyttjas för att skapa en högre grad av förproduktion, då detta ger en negativ effekt på möjligheterna till ändringshantering.

Om en ändring avser utformningen av armeringsjärnen så kan ändringen innebära att specificeringsmomentet måste utföras igen, innan ordern kan gå vidare till produktion. Det betyder att det måste finnas utrymme för förändringen hos såväl produktionen som hos specificeringen. Av denna anledning anser vi att effekterna av en sådan ändring kan bli större än i fallet med en ändring av leveransdatum.

8.3 Produktionsplanering

Produktionstiden för ett våningsplan, under den observationsperiod som mätningarna utfördes, var planerad till 20 arbetsdagar. Denna produktionstid stämde överens med den tid som tagits fram i samband med upprättandet av huvutidplanen. Arbetsledningen hade baserat den planerade produktionstiden främst på tidigare erfarenheter och i samråd med underentreprenörer. Varje våningsplan byggdes upp i fyra etapper. Denna indelning baserade sig också på tidigare erfarenheter, då denna indelning användes vid produktion av andra fastigheter i området, med lyckat resultat (*Olsson O, 2007*).

I flödeskartan går det att utläsa de olika arbetsmomentens beroende av varandra och huruvida några moment riskerar att stoppa upp efterföljande moment. På så vis fås en överblick över hur möjligheterna att exempelvis starta ett arbetsmoment tidigare än planerat ser ut. Sambanden kan tydliggöras med hjälp av metoden inom lean produktion, där man frågar ”varför?” upprepade gånger, för att gå till grunden med problemet. Exempelvis kan gjutningen inte påbörjas förrän montaget av överkantsarmeringen är klar. Överkantsarmeringen är i sin tur beroende av installationerna, underkantsarmeringen och dessförinnan montaget av plattbärlagen. Plattbärlagsmontaget är beroende av både leveranser av plattbärlagen samt av att montaget av stämp och bockryggar är färdigställt. Härifrån kan samma system användas för att gå ytterligare längre tillbaka i värdekedjan, både med avseende på föregående arbetsmoment och på leverantören. Värdeflödesanalysen är på så sätt ett värdefullt hjälpmedel vid uppföljning av produktionskedjan, för att hitta grundorsakerna till vad som kan hindra en förändring och vad effekterna av en förändring kan tänkas bli. Analysmetoden kan användas över gränserna mellan byggarbetsplats och leverantörer och om så önskas även dess underleverantörer. Det går alltså att följa störningarna och dess konsekvenser långt tillbaka i värdeflödeskedjan.

Activity sampling är ett värdefullt komplement till värdeflödesanalysen, tack vare att det ger en bild av hur tiden inom ett arbetsmoment fördelar sig och om det finns tid som inte utnyttjas på effektivast sätt.

Kritiska moment som riskerar att bromsa ett arbetsmoment är exempelvis försenade leveranser, tillgänglighet och väntan på kran, väderförhållanden och komplexiteten i arbetsmomentet. När en försening av ett arbetsmoment uppstår, kan detta orsaka följd effekter på senare arbetsmoment i form av ytterligare förseningar. Genom att ha lager på byggplatsen minskas effekterna av eventuella förseningar, både gällande förseningar av leveranser och gällande förseningar i det arbete som utförs på byggarbetsplatsen. Nackdelen med lagerhållning är dock att det blir ett extra arbetsmoment vid avlastning från bil till lager och sedan från lager till arbetsplats, samt att det ställer krav på tillgängligt lagerutrymme. Det är därför viktigt att överväga dessa aspekter innan det tas beslut kring leveranstider och leveransmängder. Om leveranserna kommer ”just in time” och leveransschemat inte är justerbart, finns större risk för rubbningar än om varorna ligger på lager eller om leveranstiderna är flexibla. Leverantörerna som ingick i studien hade olika krav på när ändringar senast måste vara inkomna, för att möjliggöra förändringar av leveranser. Därför är det viktigt att upptäcka en eventuell försening i bygget så tidigt som möjligt, så att de

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

leveranser som påverkas kan läggas om. I detta projekt krävde de flesta leverantörer att ändringar skulle vara inkomna senast fyra veckor innan planerad leverans, vilket ställer höga krav på god framförhållning.

Ytterligare ett sätt att minska effekten av störningar är genom omfördelning av personalen på arbetsplatsen, genom att de exempelvis kan övergå till ett annat arbete som underlättar nästkommande arbetsmoment, när ett annat arbetsmoment står stilla.

Med detta resonemang kan då även kategorin störningar, i synnerlighet stilleståndstid, ses som en överkapacitet som går att utnyttja vid behov. Om tiden som avser stilleståndstid reduceras helt, blir byggprojektet känsligare för störningar i form av omarbeten, rubbningar av leveranstider samt väderförhållanden, då det inte finns någon bufferttid att utföra dess under. För att då förhindra en försening av byggtiden, kan en lösning vara att vid eventuellt behov hyra in extra personal för exempelvis omarbeten och arbeten som inte inkluderats i projekteringen, vilket leder till ökad resursanvändning. En ökning av antalet resurser i form av arbetskraft, resulterar dock inte alltid i en effektivare produktion, vilket gör det viktigt att i samband med planeringen, överväga resursanvändningen i relation till effektiviteten.

Effekten av en försening varierar med aktiviteten och beror av storleken hos förseningen och aktivitetens totala tid. Den viktigaste faktorn vad gäller inverkan på övriga moment är kopplingen mellan dessa och hur de övriga aktiviteterna är beroende av varandra. En del aktiviteter pågår parallellt och saknar koppling till varandra, medan andra är direkt beroende av föregående aktivitetens färdigställande. Hos det observerade projekt är valvgjutningen exempelvis en aktivitet som är beroende av många tidigare aktiviteter - armering, installationer, balkongmontage, trappmontage och valvkantsavstängning. Det räcker att en av dessa aktiviteter inte är slutförd för att gjutningen inte ska kunna utföras som planerat. Om däremot balkongmontaget exempelvis blir något försenat, orsakar det inga större komplikationer då det är installationerna och montaget av överkantsarmeringen som är de aktiviteter som normalt slutförs närmast inpå valvgjutningen. Installationsarbetet är den aktivitet, mellan plattbärlagsmontaget och gjutningen, som pågår under längst tid, vilket gör att denna är styrande för när valvet är klart för gjutning.

Hos detta projekt anses montaget av plattbärlaget vara det moment som är mest kritiskt och viktigt att färdigställa enligt utsatt tid för att tidplanen inte ska rubbas. Detta är en aktivitet som i sig själva inte tar speciellt lång tid, vilket gör det svårt att inhämta förseningar och där många andra arbetsmoment direkt drabbas av dessa eventuella förseningar.

8.3.1 Organisation och planering

På det studerade projektet hölls det en gång i veckan möten med underentreprenörerna och möten med all personal på byggplatsen. Under mötena gjordes avstämningar mot tidplanen samt gavs information om stora händelser inför nästkommande vecka. Dessa möten kunde normalt hållas relativt korta. Anledningen till detta är framförallt de informella möten som arbetsledningen höll mellan sig, samt med byggnadsarbetarna. De informella mötena hölls mellan arbetsledning under

raster, samt genom kontinuerliga dialoger under arbetets gång mellan arbetsledning och byggnadsarbetarna.

Inne i kontorsbodarna fanns visuellt överskådliga, färgkodade tidplaner innehållande leveranstider och planerade aktiviteter. Detta system gav en tydlig bild av vad som förväntades färdigställas under de närmaste veckorna. Informationssystemet med tidplaner och informella möten ger en bra grund för kontinuerlig uppdatering av planeringen och ger en visuell bild av projektets förbättringsmöjligheter. Det fanns även uppsatt en whiteboardtavla med alla leveranstider, vilken uppdaterades kontinuerligt då en ny leverans planerades in och bokades eller då befintliga leveranser ändrades. Detta system gjorde att alla på byggarbetsplatsen hade tillgång till aktuell information och kunde uppdatera sig om aktuella leveranstider. Med hjälp av dessa visuella tidplaner för aktiviteter och leveranser som ofta blev uppdaterade finns det goda förutsättningar för förbättringar.

8.3.2 Arbetsplatsdisposition (APD)

Arbetsplatsens disposition är en viktig parameter för att den planerade tiden och arbetena ska kunna hållas. Kranarna måste placeras på lämpliga platser för att nå över hela byggarbetsplatsen, lagerytor och leveransvägar. Mängden resurser av hjälpmedel, som exempelvis kranar, blandare och andra redskap som är nödvändiga för arbetet, är viktigt, då brist på tillgänglighet av dessa kan orsaka stora störningar. Byggarbetsplatsen måste vara tillgänglig för personalen. Tillgängligheten kan ökas genom exempelvis olika tillträdesvägar, beroende av vilken del av byggarbetsplatsen som arbetet ska utföras på. Det ska vara enkelt att nå material och utrustningar, samtidigt som arbetsytan måste vara fri för att inte förhindra arbetsutförandet. Hos det observerade projektet, fanns tillträdesvägar i form av tre tillfälliga trapphus och en bygghiss, utspridda runt om byggnaden. Det gick i detta fall även att utnyttja byggnadens fem fasta trapphus för att nå fram till den plats där arbetet skulle utföras. En del verktygscontainers fanns placerade uppe på ställningen, vilket gjorde att arbetarna inte alltid behövde ta sig ner till de containers som stod i ena änden av arbetsplatsområdet. Ställningen var även en viktig yta för lagerhållning av material som skulle vara tillgängligt. Genom att material och utrustning förvaras på ställningen runt om byggnadskroppen, hålls arbetsytan på bjälklagen fri och tillgänglig. Huvudlagringen av material hölls nere på gårdsplanen, där även en del förberedande arbeten utfördes. På byggarbetsplatsen fanns tillgång till två stationära kranar, som arbetade parallellt, vilket gav en god tillgänglighet av dessa.

8.3.3 Förändring av produktionstiden

I samband med observationerna användes en produktionstid på 20 dagar per etapp. Vid upprättandet av denna planering utnyttjade arbetsledningen sina tidigare erfarenheter. Underentreprenörerna fick därefter möjligheten att se över de tider som planerats för deras arbete och föreslå eventuella förändringar.

Under observationerna noterades det att byggarbetsplatsen var något överbemannad och att en del av byggnadsarbetarna stundtals var sysslösa eller arbetade utan någon tidspress. Dessa observationer styrktes av både arbetsledningen och arbetarna själva. Under den period som vi befann oss på byggarbetsplatsen, ändrades därför

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggande

produktionstiden till 18 dagar och totalt tre arbetare skickade iväg från byggplatsen, alla dock inte involverade i de stomarbeten som observerades. Den största anledningen till att produktionstiden kunde sänkas var att installatörernas arbeten på valven inte tog så lång tid som uppskattats vid upprättandet av tidplanen. Arbetet på respektive etapp tog ungefär två dagar istället för tre, vilket gjorde att gjutningarna kunde tidigareläggas. Genom att minska det totala antalet arbetare på projektet, blev arbetarna även tvungna att ta större ansvar för gemensamma arbetsmoment som exempelvis städning, samtidigt som möjligheterna till andra arbetsuppgifter utanför deras ordinarie ökades.

Denna förändring innebar en total omorganisation av leveransschemat och var därför tvungen att utföras successivt. Detta främst på grund av att alla leveranser inom den närmsta tiden inte kunde förändras som önskat.

Då produktionstiden sänktes till 18 dagar kom det istället att vara gjutningen av väggarna som kom att vara det bromsande arbetsmomentet. För dessa gjutningar behövdes 4 dagar för etapp ett, 5 dagar för etapp två och tre samt 3 dagar för etapp fyra. Detta uppgår till 17 dagar och produktionstiden sattes därför till 18 dagar då det önskas en reservdag. Reservdagen behövs främst på grund av att det under blåsiga dagar inte finns möjlighet att lyfta och flytta väggformarna. Antalet arbetsdagar som krävdes för väggjutningarna kunde inte kortas ner ytterligare utan några större förändringar, då arbetet är beroende av väggarnas planlösning och mängden tillgänglig form. Ett sätt att effektivisera detta hade kanske kunnat vara att inte gjuta valvet i fyra etapper, då det hade gett möjlighet att gjuta fler väggar som inte står i anslutning till varandra. Detta kan dock istället försvåra färdigställandet av andra aktiviteter. Væggjutningarna är även en aktivitet som utnyttjar kranen mycket, så även om det funnits tillgång till mer form, personal och färdiggjutna valv, hade detta kanske krävt ytterligare en kran för att övriga arbeten inte ska komma att bli lidande.

För att produktionstiden ska kunna kortas ner ytterligare, ställs större krav på tillgängliga resurser, både i form av utrustning och av personal. Detta ger givetvis effekter i ekonomin som måste vägas mot den ökade tidsbesparingen och eventuella vinster av denna.

8.4 Användningsområde

Genom att använda sig av både activity sampling och värdeflödesanalys för kartläggning av ett och samma projekt, kan en bra bild upprättas av effektiviteten hos värdekedjan. Värdeflödesanalysen påvisar en produktivitet, d.v.s. hur mycket som produceras och över hur lång tid. Genom activity sampling fås ett mått på hur tiden utnyttjas och om detta då kombineras med produktiviteten kan ett mått på effektiviteten fås.

Värdeflödesanalysen kan användas för att kartlägga produktionen och på ett enkelt sätt lokalisera punkter med effektiviseringspotential. Ett exempel på detta är värdeflödesanalyserna som utförts för gjutetapperna. Dessa flödeskartor visar en mer avgränsad produkt och är enkla att följa. Bearbetningen av betongen i slutet av värdeflödet hos etapp tre visar på en genomsnittlig tid av 15 minuter, vilket innebär att denna aktivitet styr takttiden som då optimalt också borde ligga på 15 minuter. Leveranserna var däremot beställda med längre mellanrum än vad det tog att genomföra bearbetningen och ankom med 26 minuters mellanrum. I resultatet för activity sampling visas att dessa leveranstider genererar en stilleståndstid mellan leveranserna.

Dessa värden kan exempelvis användas för att genomföra en överslagsberäkning på vad det finns för potential till tidsbesparing inom detta arbetsmoment. En tidsbesparing skulle kunna åstadkommas genom kortare mellanrum mellan leveranserna. Denna åtgärd möjliggörs av betongfabriken som har kapacitet att leverera med 5,5 minuters mellanrum, vilket åskådliggörs i värdeflödesanalysen över deras produktion. Byggarbetsplatsen utför, som tidigare nämnt, bearbetning under 15 minuter. Om ytterligare 2 minuter adderas till denna tid som utrymme för vila mellan gjutningarna, hade det varit optimalt om betongleveranserna tidigare lagts med ett mellanrum på 17 minuter. Med denna reduceras stilleståndstiden och den totala arbetstiden med 9 minuter per leverans. Med 2 betongarbetare och 10 leveranser för den aktuella gjutetappen resulterar detta i en tidsreducering på 3 mantimmar. Med förenklingen att alla fyra etapper har samma grad av stilleståndstid, samma antal arbetare och likadan utformning som den observerade etappen resulterar detta en tidsreducering på totalt 84 mantimmar för 7 bjälklag. Om en arbetsdag beräknas med 8 timmars arbete, betyder detta att antalet arbetsdagar som kan tjänas in med denna åtgärd, för en betongarbetare, är totalt 10,5 arbetsdagar. Tidsvinsten måste dock tas tillvara på, för att tidsreduceringen ska resultera i en ökad effektivitet. Det innebär att det bör planeras för hur denna tid kan utnyttjas på bästa sätt.

Vid användning av värdeflödesanalys, för kartläggning av en produkts värdeflöde, är det viktigt att göra en tydlig avgränsning och definition av själva produkten. Kartläggningen bör baseras på verkliga, av observatörerna själva, uppmätta värden. För båda metoderna förbättras tillförlitligheten med ökat antal observationer, och bör därför lämpligen utföras under längre perioder. För vidare observationer med activity sampling rekommenderar vi att mätningar utförs med slumpmässiga tider, att protokollen utformas med avseende på vilken typ av sammanställning som önskas av resultaten samt att om indelning görs med avseende på aktiviteter, bör indelningarna inte göras för snäva. Utöver detta anser vi att aktiviteten demontage av form i formsystem bör flyttas till kategorin utrustningshantering.

9 Slutsats

Metoderna activity sampling och värdeflödesanalys är båda väl tillämpbara inom byggbranschen. Den stora svårigheten ligger i att definiera produkten och utföra ordentliga avgränsningar för värdeflödesanalysen. Resultaten blir bättre ju större studier som utförs. Det kan vara en god idé att först utföra en grov analys av ett större område för att få indikationer till var de största bristerna finns. För att senare kunna åstadkomma konkreta åtgärdsförslag rekommenderas mer detaljerade studier av de intressantaste momenten. Analysmetoden kan användas över gränserna mellan byggarbetsplats och leverantörer, och om så önskas även dess underleverantörer.

Genom att kombinera metoderna activity sampling och värdeflödesanalys erhålls en bild av effektiviteten hos ett projekts värdekedja. Värdeflödesanalysen påvisar en produktivitet, d.v.s. hur mycket arbete som utförs under en viss tid. Activity sampling påvisar hur tiden utnyttjas. Produktiviteten kombinerad med hur tiden utnyttjas ger ett mått på effektiviteten.

För hela den observerade stomcykeln fås en andel av 31,0 % inom kategorin *direkt arbete*, 38,7 % inom kategorin *indirekt arbete* och 25,1 % inom kategorin *störningar*. Den största andelen störningstid återfanns inom aktiviteterna gjutning av valv (38,8 %) och montage av plattbärlag (42,3 %). Arbetet med betongväggarna är också en aktivitet med stor effektiviseringspotential, med anledning av att den uppmätte en stor andel störningstid, samtidigt som den pågår under relativt lång tid. Genom effektivisering av denna aktivitet fås ett stort genomslag på den totala tiden. Hos det observerade projekt anses montaget av plattbärlaget vara det moment som är mest kritiskt då många andra arbetsmoment direkt drabbas av en försening hos denna aktivitet.

Kranarna på byggarbetsplatsen står oanvända nästan en tredjedel respektive två tredjedelar av tiden. Trots det är det svårt att dra ner på resursen, från två kranar till en, då kranarna ofta används parallellt under samma perioder av dagen. För att de ska vara tillräckligt med en kran krävs det mycket detaljerad planering och omstrukturering av arbetena. En sådan förändring riskerar att inte lämna några marginaler för eventuella rubbningar eller någon form av flexibilitet. Väggar och plattbärlag är de aktiviteter som upptar störst andel av krananvändningen.

Effektivisering av byggprocessen genom applicering av leantänkande innefattar bland annat Just in Time-leveranser, mindre lagerhållning, mindre slöseri och en lägre andel outnyttjad tid. Tillämpning av leantänkande kräver mycket noggrann planering och ställer höga krav på framförhållning, då en optimerad produktion kan resultera i mindre möjligheter till hantering av sena ändringar och eventuella komplikationer då det saknas buffertar.

Rapporten syftar framförallt till att påvisa hur det går att använda metoderna activity sampling och värdeflödesanalys för att kartlägga flöden, tidsfördelningar och eventuella kritiska punkter vid nybyggnad av flerbostadshus med platsgjuten stomme. Resultaten av mätningarna påvisar indikationer till brister och förbättringsmöjligheter inom platsgjutet flerbostadsbyggande. För att kunna påvisa generella tendenser anser vi däremot det behövas mer omfattande studier.

10 Referenser

Böcker

- Carlsson, Curt Arne & Tuutti, Kyösti. (1996) *Betongteknik*, Byggentreprenörerna.
- Hamon Emile & Jarebrant Caroline. (2007) *Effektivt byggande – Utmana dina processer!*, IVF Industrieforskning och utveckling AB, Malmö.
- Illingworth, J.R. (2000), *Construction Methods and Planning*, E & FN Spon, Oxon.
- Liker, Jeffery K. (2004) *The Toyota Way 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer – sammanfattning*, McGraw-Hill, Toyota in Business
- Rother Mike & Shook John. (2004) *Lära sig se*, Svensk utgåva - Stiftelsen Plan utbildning, Sverige. Originalutgåva (1998) *Learning to See – Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*, The Lean Enterprise Institute, USA.
- Womack, James P & Jones, Daniel T. (2003) *Lean Thinking*, Simon & Schuster UK Ltd, London.

Artiklar

- Womack, James P. (2006) *Value stream mapping*, Manufacturing Engineering: May 2006.

Rapporter

- Abedallah, Faye G. & Levine Eugene. (1954) *Work-Sampling Applied to the Study of Nursing Personnel*, Nursing Research, 3, s 11-16.
- Josephson Per-Erik & Saukkoriipi Lasse. (2005) *Slöseri i byggprojekt*, Sveriges Byggindustrier, Göteborg.
- Larsson, Robert & Andersson, Ronny (Sammanställt av Bjerseth Jan). (2007) *Förstudie flerbostadshus 2005 – BICT*, GfK-rapport, GfK Group, Lund.
- Hammarlund Yngve & Rydén Rolf. (1989) *Effektiviteten i VVS-branschen, Arbetstidens utnyttjande*, SBUF & Chalmers tekniska Högskola, Institutionen för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation, Göteborg.
- Jenkins, James L. & Orth, Darryl L. (2004) *Productivity Improvement Through Work Sampling*, Cost Engineering: Mars 2004.
- Lutz, Juri & Gabrielsson, Eva. (2002) *Byggsektorns struktur och utvecklingsbehov*, Bygghögskolekommittén, Göteborg, Stockholm.
- Pelletier, Dianne & Duffield Christine. (2003) *Work sampling: Valuable methodology to define nursing practice patterns*, Nursing and Health Sciences, 5, s 31-38.
- Wahlström Erik & Lindén Fredrik. Examensarbete vid Lunds tekniska Högskola (ännu ej publicerat), Lund.

Internet

Betongbanken. www.betongbanken.se, informationen hämtad 2007-12-25.

Byggkostnadsforum. www.byggkostnadsforum.se, informationen hämtad 2007-12-23.

Celsa Steel Service, www.celsa-steelservice.com, informationen hämtad 2007-12-27.

Lean Construction Institute. www.leanconstruction.org, informationen hämtad 2007-12-11.

SCB a. www.scb.se, informationen hämtad 2007-09-13.

SCB b. www.scb.se, informationen hämtad 2007-12-09.

Swerock. www.swerock.se, informationen hämtad 2007-12-27.

Tibnor. www.tibnor.se, informationen hämtad 2008-01-03.

Intervjuer

Intervju med Anders Johansson, Specificerare på BE Group, 2007-10-02, Malmö.

Intervju med Bengt Ohlin, Arbetsledare på Peab, 2007-10-27, Malmö.

Intervju med Mats Olsson, Produktionschef på Swerock, 2007-10-02, Malmö.

Intervju med Ola Olsson, Platschef på Peab, 2007-12-05, Malmö.

11 Bilaga A, Observationsschema 13-20 min

Slumpmässigt framtagna observationstider för en observationsperiod på 18 dagar, med intervall på mellan 13 och 20 minuter. Raster är strukna ur schemat.

Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	Dag 5	Dag 6	Dag 7	Dag 8	Dag 9	Dag 10	Dag 11
7,10	7,10	7,07	7,04	7,06	7,08	7,02	7,01	7,14	7,13	7,03
7,26	7,26	7,21	7,22	7,19	7,26	7,15	7,14	7,33	7,32	7,17
7,39	7,44	7,36	7,41	7,35	7,42	7,30	7,28	7,49	7,45	7,30
7,57	7,58	7,52	7,56	7,52	7,59	7,46	7,45	8,06	8,02	7,44
8,12	8,17	8,09	8,09	8,10	8,18	8,05	8,01	8,19	8,16	7,59
8,26	8,37	8,27	8,27	8,24	8,31	8,19	8,16	8,34	8,32	8,15
8,46	8,53	8,46	8,47	8,44	8,47	8,37	8,29	8,47	8,47	8,28
9,33	9,41	8,59	9,33	8,59	9,34	8,52	8,48	9,33	9,34	8,46
9,52	9,56	9,45	9,47	9,47	9,53	9,35	9,36	9,52	9,53	9,33
10,08	10,10	10,05	10,04	10,00	10,08	9,51	9,51	10,09	10,11	9,52
10,23	10,23	10,20	10,22	10,16	10,22	10,08	10,10	10,24	10,24	10,05
10,41	10,40	10,37	10,41	10,35	10,40	10,23	10,24	10,38	10,40	10,24
11,01	10,57	10,51	10,58	10,52	10,55	10,42	10,40	10,56	10,55	10,40
11,20	11,17	11,09	11,13	11,07	11,08	11,00	10,57	11,11	11,09	10,54
11,33	11,33	11,28	11,27	11,25	11,22	11,13	11,10	11,24	11,26	11,12
11,50	11,51	11,48	11,43	11,39	11,39	11,27	11,28	11,43	11,39	11,27
12,34	12,36	12,31	12,33	11,59	11,57	11,43	11,47	12,30	11,57	11,44
12,47	12,55	12,46	12,46	12,45	12,43	12,30	12,34	12,44	12,46	11,58
13,07	13,08	13,05	13,04	13,02	13,02	12,48	12,52	13,02	12,59	12,41
13,22	13,22	13,23	13,24	13,15	13,15	13,04	13,06	13,18	13,16	12,56
13,41	13,39	13,40	13,39	13,34	13,31	13,17	13,19	13,34	13,35	13,13
13,55	13,54	13,56	13,52	13,49	13,49	13,31	13,35	13,53	13,51	13,29
14,13	14,12	14,10	14,06	14,08	14,03	13,50	13,50	14,07	14,06	13,48
14,30	14,32	14,30	14,25	14,22	14,22	14,07	14,05	14,24	14,20	14,06
14,46	14,45	14,46	14,42	14,39	14,37	14,22	14,24	14,37	14,38	14,20
15,05	14,59	15,03	14,58	14,57	14,54	14,36	14,42	14,52	14,57	14,35
15,22	15,15	15,22	15,17	15,13	15,13	14,51	14,56	15,10	15,12	14,52
15,35	15,34	15,35	15,37	15,26	15,30	15,10	15,12	15,28	15,28	15,11
15,50	15,47	15,49	15,51	15,41	15,48	15,26	15,29	15,43	15,45	15,27
				15,55		15,44	15,42	15,57		15,40
							15,56			15,58

Utvärdering av produktionsmetod för platsgjutet stombyggnade

Dag 12	Dag 13	Dag 14	Dag 15	Dag 16	Dag 17	Dag 18
7,17	7,12	7,04	7,08	7,04	7,03	7,09
7,32	7,27	7,19	7,24	7,21	7,21	7,23
7,45	7,45	7,37	7,37	7,37	7,38	7,38
8,02	7,58	7,56	7,52	7,56	7,57	7,55
8,20	8,12	8,14	8,10	8,11	8,10	8,09
8,36	8,28	8,29	8,24	8,29	8,29	8,22
8,50	8,47	8,43	8,40	8,42	8,42	8,38
9,46	9,35	8,56	8,57	8,59	8,57	8,57
10,01	9,49	9,43	9,46	9,44	9,43	9,42
10,20	10,02	9,59	10,00	9,58	9,57	10,00
10,38	10,17	10,18	10,16	10,14	10,15	10,16
10,55	10,33	10,36	10,33	10,32	10,32	10,31
11,08	10,50	10,53	10,51	10,51	10,50	10,48
11,22	11,05	11,07	11,10	11,04	11,04	11,06
11,41	11,22	11,26	11,23	11,17	11,19	11,20
11,59	11,41	11,39	11,38	11,35	11,38	11,39
12,45	11,59	11,55	11,56	11,52	11,51	11,52
13,02	12,42	12,40	12,43	12,38	12,38	12,39
13,16	12,58	12,57	12,56	12,53	12,54	12,55
13,29	13,12	13,11	13,10	13,12	13,10	13,09
13,44	13,28	13,24	13,25	13,26	13,25	13,27
13,57	13,42	13,40	13,41	13,41	13,38	13,46
14,15	13,59	13,59	14,00	13,54	13,55	13,59
14,30	14,12	14,17	14,19	14,10	14,09	14,14
14,46	14,30	14,32	14,34	14,29	14,28	14,33
15,00	14,45	14,47	14,50	14,43	14,46	14,46
15,19	15,04	15,05	15,04	15,01	15,03	15,02
15,36	15,21	15,18	15,21	15,18	15,22	15,17
15,55	15,37	15,32	15,39	15,32	15,38	15,34
	15,50	15,51	15,52	15,47	15,56	15,48

12 Bilaga B, Observationsschema 3-7 min

Slumpmässigt framtagna observationstider, med intervall på mellan 3 och 7 minuter. Observationstider som infaller under raster är kursiverade.

Dag 1			
7,00	9,16	11,30	13,46
7,05	9,20	11,35	13,49
7,08	9,27	11,41	13,53
7,15	9,30	11,46	14,00
7,19	9,35	11,53	14,05
7,25	9,42	11,57	14,09
7,30	9,45	12,00	14,15
7,37	9,49	12,07	14,20
7,40	9,55	12,11	14,27
7,46	10,01	12,17	14,30
7,50	10,04	12,20	14,35
7,54	10,11	12,25	14,42
8,01	10,15	12,31	14,46
8,06	10,20	12,38	14,49
8,09	10,27	12,41	14,55
8,15	10,30	12,46	15,02
8,19	10,35	12,50	15,05
8,26	10,39	12,56	15,11
8,32	10,45	13,01	15,15
8,35	10,49	13,05	15,20
8,40	10,55	13,12	15,23
8,46	11,00	13,15	15,29
8,50	11,03	13,19	15,36
8,53	11,10	13,24	15,41
8,58	11,13	13,27	15,45
9,05	11,19	13,34	15,51
9,10	11,26	13,40	15,54