



Linnéuniversitetet

Kalmar Växjö

Examensarbete i Industriell ekonomi

Effektivisering av produktion i trähusindustrin

En fallstudie på Rörvikshus Sweden AB

Streamline production in the wooden house industry

A case study at Rörvikshus Sweden AB



Författare: Filip Gudmundsson, Filip
Henriksson
Handledare: Tobias Schauerte
Examinator: Hatem Algabroun
Handledare, företag: Henrik Sysmääläinen,
Rörvikshus
Datum: 2023-06-08
Kurskod: 2MT14E, 15hp
Ämne: Examensarbete i Industriell
ekonomi
Nivå: Högskoleingenjör
Fakulteten för teknik

Sammanfattning

Tillverkningskostnaderna för trähusindustrin har haft en kraftig ökning de senaste 20 åren, vilket bland annat berott på ineffektiv produktionsanläggning och produktionssystem samt lågt resursutnyttjande. Det är därför viktigt för tillverkningsföretag inom trähusindustrin att effektivisera sin produktion.

Syftet med studien var att öka förståelsen för hur produktionen i trähusindustrin kan effektiviseras samt att ge rekommendationer på åtgärder för förbättring.

För att uppnå studiens syfte genomfördes en fallstudie på trähustillverkningsföretaget Rörvikshus. För att kartlägga det befintliga tillståndet i produktionen på företaget genomfördes intervjuer, observationer och mätningar. Värdeflödesanalys lade grunden till resultatet där cykeltider och tider på arbetsmomenten mättes på deras fyra stationer i produktionen. Empirin visade att station 4, som är fönstermontering, var den begränsande faktorn i produktionen eftersom den hade längst cykeltid av stationerna, vilket innebar att den bidrog mest till att väntetid uppstod.

Förbättringsförslagen som togs fram fokuserar på att minska väntetid genom att jämna ut flödet så att stationernas cykeltider inte skiljer sig åt lika mycket. Förberedande moment omfördelades på stationerna så att cykeltiden minskar på den begränsande stationen samtidigt som den ökar för stationerna med kortare cykeltider. Enligt mätningarna och antaganden som gjordes ska detta minska väntetiderna med cirka 25 minuter per vägg som produceras, vilket är en minskning med 60% av väntetiden.

Summary

The manufacturing costs for the wooden house industry have experienced a significant increase, which is partly due to inefficient production facilities and production systems as well as low resource utilization. That is the reason it's important for manufacturing companies in the wooden house industry to streamline their production.

The purpose of this study was to increase the understanding of how production in the wooden house industry can be more efficient and to provide recommendations for improvement.

To achieve the purpose of this work, a case study was conducted on the wooden house manufacturing company Rörvikshus. To assess the current state of the production at the company, interviews, observations and measurements have been conducted. Value stream mapping was the basis for the result, where cycle times and task times have been measured at their four production stations. The results revealed that station 4, which handles window assembly, was the bottleneck in the production due to it having the longest cycle time among the stations, leading to the highest contribution to waiting time.

The proposed improvements focus on reducing waiting time by smoothing out the flow so that the cycle times among the stations are less disparate. Therefore, preparatory tasks were redistributed among the stations, reducing cycle time at the bottleneck station while increasing it for stations with shorter cycle times. According to the measurements and assumptions made, this is expected to reduce waiting times by approximately 25 minutes per wall produced, which is a reduction of the total waiting time by 60%.

Abstract

Syftet med studien var att öka förståelsen för hur produktionen i trähusindustrin kan effektiviseras samt att ge rekommendationer på åtgärder för förbättring. Med hjälp av värdeflödesanalys som inneburit mätningar på cykeltider, ledtider samt tider för arbetsmoment, bildades en nulägesbeskrivning. Flaskhalsar identifierades och förbättringsförslagen fokuserar på att minska detta genom en utjämning av flödet. Förbättringsförslagen skulle teoretiskt sett minska väntetiden per vägg med cirka 60%.

Nyckelord: Trähusindustri, lean produktion, värdeflödesanalys, flaskhals, effektivisering

Förord

Denna fallstudie utfördes som ett examensarbete på 15 högskolepoäng på programmet högskoleingenjör inom industriell ekonomi på Linnéuniversitet i Växjö av Filip Gudmundsson & Filip Henriksson. Studien utfördes på Rörvikshus, där vi blev väl omhändertagna av all personal och skulle därför vilja tacka både personalen på kontoret och i produktionen för deras hjälp under studien. De svarade tålmodigt på våra frågor och funderingar samt bidrog med hjälp när det behövdes.

Vi skulle vilja rikta ett extra tack till vår handledare på Rörvikshus Henrik Sysmääläinen för hans stöttning, hjälp och varma mottagande under hela arbetet.

Vi vill även tacka vår handlare på Linnéuniversitet Tobias Schauerte för stort engagemang och stöttning under hela arbetets gång. Han bidrog med bra respons och var till stor hjälp.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	III
Summary	IV
Abstract	V
Förord	VI
Innehållsförteckning	VII
1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Problemformulering	2
1.3 Frågeställning	3
1.4 Syfte	3
1.5 Studiens relevans	3
1.6 Avgränsningar	3
2. Metodologi	4
2.1 Vetenskapligt angreppssätt	4
2.1.1 Deduktion	4
2.1.2 Induktion	4
2.1.3 Abduktion	4
2.1.4 Studiens vetenskapliga angreppssätt	4
2.2 Fallstudie	5
2.3 Datainsamling	6
2.3.1 Kvantitativ	6
2.3.2 Kvalitativ	6
2.3.3 Intervju	6
2.3.4 Observation	6
2.3.5 Mätning	7
2.3.6 Studiens datainsamling	7
2.4 Vetenskaplig kvalitet	7
2.4.1 Validitet	7
2.4.2 Reliabilitet	7
2.4.3 Studiens vetenskapliga kvalite	8
2.5 Litteraturval	8
3. Teori	9
3.1 Lean production	9
3.1.1 Muda	9
3.1.2 5S	10
3.1.3 Kaizen	10
3.1.4 Cellproduktion	11
3.1.5 Heijunka	11
3.1.6 Värdeflödesanalys	12
3.1.7 TOC	13
3.1.8 Ledtid	14
3.1.9 Cykeltid	15

3.2 Analysmodell	15
4. Empiri	18
4.1 Fallföretaget Rörvikshus	18
4.2 Värdeflödesanalys på Rörvikshus	18
4.3 Informationsflöde	18
4.4 Flödesbeskrivning	19
4.5 Mätning av cykeltider	20
4.5.1 Cykeltid för varje station	20
4.6 Arbetsmoment per station	21
4.6.1 Station 1	21
4.6.2 Station 2	22
4.6.3 Station 3	23
4.6.4 Station 4	24
4.6.5 Genomsnittliga tider	25
5. Analys	26
6. Förbättringsförslag	28
6.1 Utjämning av flöde	28
6.2 Informationsflöde	30
7. Resultat	31
8. Diskussion	32
9. Slutsats	36
Referenser	37
Bilagor	41

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Tillverkningsindustrin i Sverige har vuxit mycket sedan mitten av 1900-talet vilket lett till en stark ståndpunkt på den globala marknaden. Under 1980-talet ändrades dock reglerna kring kapitalrörelse över landsgränser vilket ledde till att många företag valde att flytta produktionen till länder med billigare arbetskraft. Något som senare reglerats genom till exempel artikel 63 i EUF-fördraget som förbjuder restriktioner för kapitalrörelser mellan medlemsstater samt mellan medlemsstater och tredjeländer (Scheinert, 2022). I samband med den ekonomiska krisen 2008 resulterade detta i att 863 svenska industriföretag flyttade sin verksamhet utomlands mellan åren 2009–2011 (Poldahl, 2017). Flyttandet av industriföretag ledde till tydliga negativa arbetsmarknadskonsekvenser för Sverige vilket i sig ställer väldigt höga krav på utvecklingen av svenska tillverkningsföretag.

Nyligen slog en annan ekonomisk kris till i form av corona-pandemin där BNP rasade med 8,5% under det andra kvartalet av 2020 i förhållande till det första kvartalet. En minskning i utbud och efterfrågan ledde till att tillverkningsindustrin under samma period minskade med 21,4% (Gozzo et al. 2020).

Under 2022 steg energi- och råvarupriser som påverkade räntehöjningar (TMF, 2023), vilket gör att det blivit allt viktigare för företag att fokusera på att förbättra sin produktion.

Den ökade kostnaden inom tillverkningsindustrin har även påverkat produktionskostnaderna inom trähusindustrin. Från år 2001 till 2021 ökade produktionskostnaden per kvadratmeter från 16 258 kr/m² till 36 111 kr/m² vilket är en ökning på 122%, som kan jämföras med KPI (konsumentprisindex) som endast ökade med 28,5% under samma tidsintervall (SCB 2023).

I tabell 1 visas produktionskostnaden per kvadratmeter från år 2001 till 2021.

Tabell 1: Utveckling av total produktionskostnad i kr per kvm för småhus i riket (SCB 2022).

År	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Kostnad/kvm	16 258	16 691	17 966	19 198	19 684	20 484	22 985

År	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Kostnad/kvm	25 107	24 745	26 011	28 221	27 042	28 747	31 064

År	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Kostnad/kvm	30 988	33 543	34 081	34 928	34 965	36 166	36 111

Där en av de stora anledningarna till kostnadsökningen var på grund av ineffektiv produktionsanläggning och produktionssystem samt lågt resursutnyttjande (Lindblad et al. 2016). Tidigare forskning visar även att det finns ett samband mellan icke ekonomiskt hälsosamma företag inom trähusindustrin och sättet de hanterar sin produktionsanläggning samt hur de nyttjar deras produktionskapacitet. Samtidigt som företag med väl fungerande faciliteter, bra marknadssegmentering och större produkterbjudande leder till ökat ekonomiskt välstånd (Schauerte et al., 2017). Med ökad produktionseffektivitet kan företag ha en högre produktionstakt och därmed tillverka produkter på kortare tid. Implementation av lean teori och användning av värdeflödesanalys i produktionen kan leda till minskad genomströmningstid för att öka produktiviteten (Kuhlang et al., 2011).

1.2 Problemformulering

Det ligger i trähusföretagens stora intresse att effektivisera produktionen för att motverka dess ökande kostnader och ha ett gott ekonomiskt välstånd. Produktivitet i ett tillverkningsystem mäts ofta i genomströmningstid som visar tiden det tar för olika produkter att produceras. Genom att minska genomströmningstiden ökas produktiviteten för tillverkningsystemet (Subramaniyan et al., 2021).

Detta har gjort att produktionsplaneringen blivit mer komplicerad då stora fokusområden ligger på kortare ledtider, bättre hantering av flaskhalsar, resursutnyttjande etcetera (Olhager, 2013).

1.3 Frågeställning

Hur kan produktionsprocessen i trähusindustrin effektiviseras?

1.4 Syfte

Syftet med studien är att öka förståelsen för hur produktionen i trähusindustrin kan effektiviseras samt att ge rekommendationer på åtgärder för förbättring.

1.5 Studiens relevans

Denna studie är relevant för företag inom trähusindustrin då syftet var att ta reda på hur produktionen kan effektiviseras i trähusindustrin. Målet var att bidra med förbättringsförslag som ska leda till mindre slöserier och därmed en effektivare produktion. Det finns idag en bostadsbrist i Sverige, detta samtidigt som befolkningmängden haft en fortsatt ökning de senaste 10 åren (SCB, 2023). Det är därför viktigt för samhället med en effektivare trähusindustri för att motverka denna bostadsbrist. Byggsektorn står idag för en femtedel av det totala utsläpp av växthusgaser i Sverige vilket gör det också viktigt för byggnadsindustrin att bli mer effektiva. (RI.SE, 2023)

1.6 Avgränsningar

Studien är begränsad till 15 högskolepoäng under vårterminen 2023 med 100% studietakt. Utefter tidsperioden har avgränsningar satts för att kunna uppnå god kvalitet och trovärdighet. Studien är avgränsad till ett företag som bygger specialhus och deras produktion av ytterväggar och mätningar samt observationer är kopplat till detta. Yttre parametrar som lagerhållning och transporter utanför flödet i produktionen behandlas inte i studien.

2. Metodologi

2.1 Vetenskapligt angreppssätt

2.1.1 Deduktion

Deduktion är ett vetenskapligt angreppssätt som följer dessa fyra huvudstegen:

Teori → Hypotes → Observation → Bekräfta/Förkasta

Deduktion utgår från redan befintliga teorier om det område eller situation som ska undersökas. Utifrån de tidigare teorierna formas en eller flera hypoteser som sedan testas genom observationer. När observationerna är gjorda analyseras den insamlade informationen och jämförs med de ursprungliga teorierna, för att se hur väl de stämmer överens (Trochim, 2023).

2.1.2 Induktion

Induktion är ett annat angreppssätt som följer dessa fyra huvudsteg:

Observation → Mönster → Preliminär hypotes → Teori

Till skillnad från deduktion börjar induktion med observationer av ett område eller händelse. Målet med observationerna är att bilda en uppfattning om det studerade området och hitta ett mönster. Utifrån mönstret bildas preliminära hypoteser som kan fortsätta att testas och undersökas. Slutsteget för induktion är att dra slutsatser och skapa nya teorier av det undersökta området (Trochim, 2023).

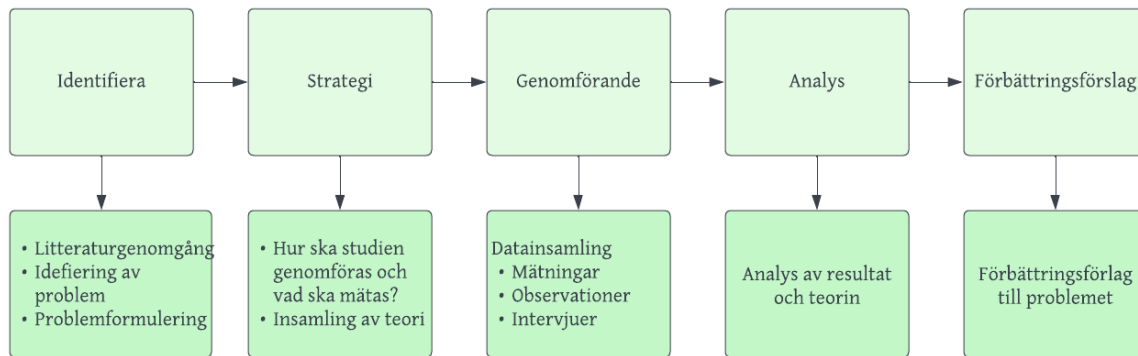
2.1.3 Abduktion

Abduktion är ett vetenskapligt angreppssätt som utgår från det specifika fall som ska undersökas för att formulera en hypotes eller teori. Den formulerade hypotesen eller teorin ska jämföras med tidigare teorier och utvecklas för att bli mer generell. Abduktion kan ses som en blandning av induktion och deduktion vilket är ett bra sätt för forskare att göra en öppen undersökning. (Patel & Davidson, 2019).

2.1.4 Studiens vetenskapliga angreppssätt

I denna studie användes ett abduktivt angreppssätt som började med en litteraturgenomgång för att identifiera ett problem. För att skapa förståelse för problemet samlades teoretiskt material in genom tidigare studier och teorier. En strategi utformades sedan för hur problemet skulle undersökas och vad som behövde mätas. Med den insamlade teorin och metod för

undersökning genomfördes först intervjuer och observation på fallföretaget innan mätningar gjordes i form av tidtagningar. Datasamlingen på fallföretaget innebar även en större förståelse för problemet och mer teoretiskt material samlades in efter hand. När all datainsamling var klar analyserades resultatet och jämfördes med teorin. Utifrån det formulerades förslag på förbättringsåtgärder för fallföretaget.



Figur 1: Forskningsmetoden för studien

2.2 Fallstudie

En fallstudie är en studie som används för att öka förståelsen för en situation eller händelse som till exempel kan vara att beskriva specifika aspekter av en företeelse, händelse eller plats. Att göra en fallstudie är att gå in på djupet av ett undersökningsobjekt, till exempel ett produktionsflöde, och undersöka hur olika variabler påverkar flödet. Enligt Säfsten och Gustafsson (2019) är fallstudier en bra metod för att svara på frågorna *varför*, *hur* och *vad*. Med en fallstudie kan situationer undersökas som är mindre utforskade än andra vilket kan resultera i beskrivande eller förklarande kunskap.

Inom en fallstudie är det viktigt att specificera vilket *mätobjekt* studien syftar på. Mätobjektet som studeras och analyseras är själva fallet. Det är viktigt att fallet har en tydlig länk till syftet och de ställda frågeställningarna för projektet samt att det är en fristående enhet med tydlig avgränsning. Den fristående enheten kan bland annat vara en organisation, ett projekt, ett arbetslag, en händelse, en process eller en individ (Säfsten & Gustafsson 2019).

Under arbetet genomfördes en fallstudie på Rörvikshus som är ett företag som tillverkar arkitektridade hus baserat på order från kund. Motivationen till valet av fallstudie var att det ger en bra bild av verkligheten. En fallstudie var även passande då denna studie var kopplat till ett företag vilket gör att den data som samlades in gjordes genom intervjuer, mätningar och observationer. Studien var avgränsad till fallföretaget vilket gör att metodvalet stärktes.

2.3 Datainsamling

2.3.1 Kvantitativ

Kvantitativ datainsamling innebär att samla in mätbara data, där syftet är att belysa frågor som rör tid, mängd, frekvens, samband mellan variabler etc (Patel & Davidson 2019). Det finns olika metoder för kvantitativ datainsamling och några av dem är enkäter, frågeformulär, mätningar och andra statistiska metoder. Med hjälp av dessa kvantitativa metoder kan en generell bild av det undersökta området fås och data kan tolkas och analyseras statistiskt (Blomkvist & Hallin 2014).

2.3.2 Kvalitativ

Kvalitativ datainsamling handlar om att skapa förståelse för och tolka sociala situationer och sammanhang. Till skillnad från den kvantitativa metoden som syftar på objektiva och mätbara data, så fokuserar den kvalitativa metoden på subjektiv data som inte går att mäta på samma sätt. Olika sätt att samla in denna sorts information är till exempel kvalitativa intervjuer och tolkande analyser (Patel & Davidson, 2019).

2.3.3 Intervju

Intervju är en bra metod för att samla information och data som är byggt på erfarenheter, uppfattningar och upplevelser. En intervju kan hållas strukturerad, semistrukturerad eller ostrukturerad. En strukturerad intervju innehåller fasta frågor och svarsalternativ likt en enkät, en ostrukturerad intervju är öppen där ett fåtal områden fritt diskuteras och en semistrukturerad intervju utgår från ett specifikt område för att sedan anpassa följdfrågorna (Säfsten & Gustafsson, 2019).

2.3.4 Observation

Observation innebär att iaktta något. Inom vetenskapen är observationer något som ska vara formade efter undersökningens frågeställning. Observation är en vanlig metod för att samla in data inom en fallstudie. Förarbetet för att göra en observation har flera viktiga aspekter att ta hänsyn till, bland annat observatörens roll i förhållande till de observerade. Men det kan även vara hur observationen görs, om den är indirekt eller direkt, strukturerad eller ostrukturerad, själva genomförandet och dokumentationen av observationen och hur observatören påverkar resultatet (Säfsten & Gustafsson 2019).

2.3.5 Mätning

Mätning används för att ta reda på egenskaper för ett objekt eller företeelse. För att genomföra en mätning behövs ett mätverktyg för att kunna avläsa egenskapen eller måttet för objektet eller företeelsen. Något som är viktigt när en mätning görs är att uppskatta felmarginalen på mätresultatet för att bedöma mätningens kvalitet (Nationalencyklopedin, 2023).

2.3.6 Studiens datainsamling

I denna studie samlades data in både genom kvalitativa och kvantitativa metoder. Den kvalitativa data samlades in i form av observationer och ostrukturerade intervjuer med anställda på fallföretaget för att skapa en förståelse av deras nuvarande flöde i produktionen. Den kvantitativa data samlades in genom tidtagning av den befintliga produktionsprocessen för att göra en värdeflödesanalys.

2.4 Vetenskaplig kvalitet

2.4.1 Validitet

Validitet syftar på giltigheten över studien samt att undersökningen görs rätt och brukar delas in i två olika former, intern validitet och extern validitet (Säfssten & Gustafsson 2019). För intern validitet dras det kopplingar till orsak-verkan eller orsakssamband vilket gör att det är relevant för studier där orsakssamband ska fastställas. Intern validitet är även bra för studier där effekterna av sociala program bedöms och behandlar frågor såsom hur testresultaten kan förbättras (Trochim, 2023). Extern validitet handlar om en generaliserad bild av de ställda påståenden och de dragna slutsatserna. Det gör att den externa validiteten omfattar hur slutsatserna påverkas om studien skulle göras av någon annan på en annan plats och tidpunkt. Problemet som kan uppstå när en generalisering görs är att det finns många yttre faktorer som påverkar den insamlade data och således de dragna slutsatserna (Trochim, 2023).

2.4.2 Reliabilitet

Reliabilitet i studier är kopplat till kvaliteten av mätningarna vilket är kopplat till tillförlitligheten av studien. Inom forskning betyder det att undersökningsobjektet studeras på rätt sätt och att mätningen ska kunna upprepas igen med samma resultat. Exempel på reliabilitet är att ha så många mätningar som möjligt för att stärka trovärdigheten på resultatet (Trochim, 2023).

2.4.3 Studiens vetenskapliga kvalitet

Under studien genomfördes flera observationer och mätningar av flödet i produktionen för att öka studiens trovärdighet. De observationer och mätningar som gjordes samlades in under flera tillfällen för att stärka reliabiliteten och på så sätt få ett trovärdigt resultat. För att stärka den interna validiteten undvek forskarna att påverka arbetsmomenten som mättes.

Arbetsmomenten i sin tur observerades och antecknades först innan mätningarna påbörjades för att säkerhetsställa att rätt moment mättes. Studien utfördes även på ett så objektivt sätt som möjligt där de mätta resultaten och observationer följdes utan att lägga någon vikt på egna författarnas åsikter. Då studien utfördes på ett tillverkningsföretag som enbart gör specialanpassade hus, kan forskarna inte garantera att ett likvärdigt resultat om undersökningen skulle genomföras på en annan plats eller tidpunkt, då det är flera parametrar som påverkar resultatet. All data samlades in av upphovsmännen till studien, antingen genom mätningar, observationer eller genom intervjuer med personer på företaget. Forskarna har under studien meddelat de inblandade om forskningsfrågan och behandlat de inblandade med respekt.

2.5 Litteraturval

För att hitta relevant fakta och teorier till studien söktes artiklar och böcker efter i *OneSearch*, *Diva portalen* samt *Google*. Sökord som användes är *Lean production*, *Theory of Constraints*, *Värdeflödesanalys*, *Effektivisering av produktion*, *Tillverkning av trähus*, *Forskningsmetodik*. För att specificera sökningen och hitta artiklar som är kopplat till studien gjordes avancerade sökningar genom att använda bindeord som *AND* och *OR*, detta möjliggjorde för sökningen att innehålla två eller flera sökord, vilket gav mer specifika artiklar kopplat till studien. För att göra sökningen ännu bredare, användes sökorden både på svenska och engelska. Vidare så användes kurslitteratur inom programmet industriell ekonomi och valen av relevant litteratur gjordes utifrån författarnas förkunskaper.

3. Teori

3.1 Lean production

Lean production handlar om att hantera sin produktion på ett sätt som effektiviserar tillverkningen genom att minska slöseri och maximera produktiviteten. Målet med det är att minska aktiviteter som inte skapar värde för kunden, detta kan till exempel vara överproduktion, onödig lagerhållning och transport etcetera. Det är inte bara själva produktionen som påverkas av denna metod utan den ser även över områden som fabriken, produktutvecklingen, försörjningssystemen, försäljning- servicenätverken. Implementation av lean production ger möjlighet till att tillverka bättre produkter med större variation till ett lägre pris, samtidigt som det bidrar till en arbetsmiljö som har utrymme för utveckling och förbättring (Womack et al. 2007).

3.1.1 Muda

Muda betyder eliminera slöserier på japanska och enligt TPS (Toyota Production Systems) finns det sju slöserier som ska minskas för att öka kundnöjdheten. Dessa slöserier bidrar inte till något extra värde till den färdiga produkten utan de leder till högre kostnader för företaget (Wang. 2011).

De sju slöserierna enligt TPS är.

1. **Överproduktion:** När en produkt tillverkas innan den behövs eller efterfrågas. Överproduktion är väldigt kostsamt för det motverkar ett jämnt flöde och bidrar även till sämre kvalitet och produktivitet.
2. **Överskottslager:** Ett för stort lager kan bidra till att problemet göms i produktionen. Överskottslager ökar ledtiden, tar upp onödig plats som kan nyttjas av produktionen, försvårar och gör att det tar längre tid att upptäcka problem, och hämmar kommunikationen.
3. **Stopptid:** När gods och produkter står stilla i produktionen och inte behandlas är det ett slöseri för produkten. Mycket av den totala ledtiden för produkten är kopplat till väntan på grund av dåligt material- och informationsflöde.

4. **Transporter:** Transport av produkten från en station till nästa tillför inget värde för produkten. En överdriven flytt av produkten kan leda till sämre kvalitet och skador för produkten.
5. **Onödig rörelse:** När arbetare och maskiner är i onödig rörelse bidrar det inte till något värde för produkten. Det kan även leda till problem som skador, trötthet, slitage och minskad säkerhet.
6. **Överbearbetning:** Genom att tillföra onödigt material eller tillföra design som inte efterfrågas av kunden är ett slöseri
7. **Defekter:** Defekta produkter påverkar företagets affärsresultat, det ökar tiden för produkten då det kräver antingen ombearbetning, skrotning eller ökade kostnader i form av mer inspektion, omläggning av leveransdagar, kapacitet förluster, etcetera

(Wang. 2011).

3.1.2 5S

5S systemet är en metod inom "lean" som är till för att strukturera och förbättra arbetsplatsens organisation och ett hjälpmedel för att standardisera processen och en förutsättning för minskade slöserier i en produktion (Bergman & Klefsjö. 2020).

De 5S är:

1. *Seiri*: Sortera allt på arbetsplatsen i grupper och samtidigt ta bort de som inte bidrar eller behövs på arbetsplatsen.
2. *Seiton*: Genom att införa platsinstruktioner och lägga tillbaka all utrustning och material på rätt plats så är det enklare att hitta dem. Dessa ska även följa arbetsflödet och ha en egen platsindikation.
3. *Seiso*: Städa allt och inför städrutiner detta för att minska oordning på arbetsplatsen.
4. *Seiketsu*: Standardisera för att skapa ordning på arbetsplatsen men även ordning för personalen.
5. *Shitsuke*: Se över allt genom självdisciplin, träning, kommunikation och att involvera alla anställda i underhåll och förbättra standarden.

(Bergman & Klefsjö. 2020).

3.1.3 Kaizen

Kaizen betyder kontinuerlig förbättring på japanska och är ett systematiskt arbetssätt som fokuserar på att ständigt förbättra kvalitet, teknik, processer, företagskultur, produktivitet,

säkerhet och ledarskap. Det är ett omfattande arbete som aldrig tar slut utan är till för att alla anställda ska fortsätta jobba med förbättringar. Kaizen ger möjlighet till ett bättre strukturerat förbättringsarbete, direkta påtagliga resultat och mer motivation för anställda (Wang, 2011). Enligt den japanska konsulten Masaaki Imai innebär kaizen “förbättringar varje dag, förbättringar där alla deltar, och förbättringar inom hela verksamheten”. Det gäller stora som små förbättringar med krav på nytänkande och kreativitet inom offensiv kvalitetsutveckling (Bergman & Klefsjö. 2020).

3.1.4 Cellproduktion

Inom cellproduktion är arbetsstationer och verktyg formade efter ett jämnt flöde med material och komponenter, detta för ett bättre produktionsflöde med minskade transporter och förseningar. Ett balanserat produktionsflöde leder till att den tillverkade produkten har färre stopp och onödiga transporter vilket också leder till en bättre förmåga att möta kundens efterfrågan. Cellproduktion används för att maximera den värdehöjande tiden för produkten och minska slöserier. Till skillnad från andra produktionstyper skickas en produkt i taget längs flödet vilket bestämt efter kundens efterfrågan och ger möjlighet för företag att ha en flexibilitet och variation i sin tillverkning. Metoden strävar efter att minska den totala genomströmningstiden för produkten i tillverkning och ska leda till ett resultat av minskade väntetider mellan stationer, minskade lager och högre produktivitet (Wang. 2011).

3.1.5 Heijunka

Heijunka som på japanska betyder utjämning och är ett lean verktyg som handlar om att balansera förberedelsearbetet eller arbetsbelastningen. Heijunka är viktigt för tillverkningsföretag då det ger ett jämnt flöde i produktionen och kompenserar för att ordrar sällan kommer i en kontinuerlig takt. Inom Heijunka finns det två olika sätt att kategorisera på.

- Volymutjämning: Att det produceras ett medelvärde av produkter under ett givet tidsintervall för att jämna ut flödet.
- Utjämning genom produkttyp: Att jämna ut flödet så att arbetsbelastningen och ordningen av produkter som produceras har en liknande genomsnittlig tid varje dag.

(Pažek. 2021).

3.1.6 Värdeflödesanalys

Värdeflödesanalys handlar om att identifiera de steg i flödet som skapar värde för slutprodukten och även identifiera de aktiviteter som inte skapar något värde. Det är ett bra hjälpmedel för att minska slöserier inom produktionsflödet och öka produktiviteten. Slöserier som kan finnas i flödet kan vara att arbetet görs snabbare än vad som behövs (hastighet), väntetid, överföring, bearbetning, överflödigt lager, onödig rörelse och korrigeringar av misstag (Hines. & Rich, 1997).

När en värdeflödesanalys utförs börjar det med att alla stegen i tillverkningsprocessen identifieras, därefter skiljs de värdeökande aktiviteterna från de icke-värdeökande aktiviteterna. De värdeökande aktiviteterna är de stegen i processen som skapar värde för kunden medan icke-värdeskapande aktiviteter är saker som utförs men som inte skapar värde för kunden. Sista steget är sedan att skapa en ny process där målet är att minska antalet icke-värdeskapande aktiviteter.

Tid för värdehöjande

Den värdehöjande tiden är den tid i produktionen den moment adderar värde till produkten. Den värdehöjande tiden är de olika arbetsmoment som görs på produkten som höjer värdet för kunden. De övriga arbetsmomenten som inte bidrar till värdet ses som slöserier (Rother et al., 2004).

Kartläggning av nuvarande tillstånd

För att kartlägga nuvarande tillstånd för värdeflödet är det viktigt att samla in all fakta om flödets nuläge. Det är viktigt att mätningen görs på plats med ett tidtagarur och att inte standardtider används i processen då det inte alltid avspeglar verkligheten. När värdeflödet kartläggs är det även viktigt att göra en skiss över flödet. De steg som är viktiga att kartlägga är:

- Kartlägga nuvarande tillstånd om hur mycket som produceras.
- Kartlägga alla processer i värdeflödet.
- Kartlägga materialflödet.
- Kartlägga informationsflöden.

(Rother et al., 2004)

Värdeflöde för kundorderstyrd tillverkning

Värdeflödet skiljer sig i en kundorderstyrd tillverkning mot en produktion styrd efter prognoser eller lagerproduktion. Vid ett kundorderstyrt värdeflöde börjar arbetsordern med att skickas till förädlingsprocessens första steg för att sedan följa med produkten genom hela flödet. Det är viktigt i en sådan process att använda sig av FIFU-principen (Först In -Först Ut) samtidigt som det går att styra arbetsmängden i processen. Inom en kundorderstyrd tillverkning kan det också finnas begränsningar till att ha mellanlagringstationer för att jämna ut flödet. Men tre metoder som går att använda sig av är:

1. Sätta en specifik gräns för hur många produkter som kan befinna sig i de olika delprocesserna. Där färre produkter i tillverkning och kortare FIFU-bana leder till en snabbare genomströmningstid.
2. Anpassa arbetsmängden i tillverkningssatser med standardiserad storlek och avstånd mellan processerna istället för efter kunduppdrag. Det underlättar för att bestämma arbetsmängden som ska passera flaskhalsen, vilket gör att inkommande kundorder blir uppdelad i enhetliga arbetsmängder som styrs efter flaskhalsens kapacitet.
3. Att ha en fastställd leveransdag för produkten kan göra det enklare att köra en del processer som kan standardiseras eller förberedas i förväg. Det är viktigt för det totala flödet med en jämn arbetsbelastning för varje enskild process tidsintervall.

(Rother et al., 2004)

3.1.7 TOC

Flaskhalsar finns i varje flöde i en produktion, det är den del som ökar genomströmningstiden för produkten. Flaskhalsen är den del i flödet som begränsar de övriga operationerna genom att skapa stopp- eller väntetider. I ett produktionsflöde är flaskhalsen den operation som tar längre tid än de andra operationerna vilket gör att det blir den tvingande faktorn att analysera för att minska genomströmningstiden för produkten (Bergman & Klefsjö., 2020).

Theory of constraints (TOC) är en metod för att hitta den faktorn som begränsar systemet mest och som gör att önskade mål inte nås. TOC är en teori som säger att alla komplexa system innehåller flera aktiviteter som är länkade vilket även gäller tillverkningsystem. Inom dessa system finns det alltid en faktor som begränsar de övriga delarna av systemet (Vorne Industries, 2023).

Målet med TOC är sedan att förbättra den mest begränsande faktorn (flaskhalsen) tills att det inte är den mest begränsande faktorn längre, vilket gör det till ett starkt hjälpmedel för tillverkningsföretag att nå sina uppsatta mål. Om denna metod implementeras på rätt sätt så kan bland annat följande fördelar uppnås: *ökad vinst, ökad kapacitet, kortare ledtider och minskad lagerhållning* (Vorne Industries, 2023).

De fem fokuseringsstegen

De fem fokuseringsstegen är en steg för steg metod inom TOC som används för att identifiera och behandla flaskhalsar i en produktion. De fem stegen är:

1. *Identifiera*, första steget är att identifiera den största begränsningen i systemet som hindrar företaget att nå sitt mål.
2. *Utnyttja*, andra steget är att använda sig av befintliga resurser för att minska begränsningen så mycket som möjligt och därmed förbättra genomströmningen.
3. *Underordna*, tredje steget är att se över alla andra moment så att de är synkroniserade med förändringar som har gjorts på begränsningen.
4. *Lyfta fram*, fjärde steget är att fortsätta förbättringsprocessen om begränsningen fortfarande existerar, detta steg utförs tills faktorn inte är en begränsning längre vilket kan kräva investeringar i vissa fall.
5. *Upprepa*, femte steget är att upprepa hela processen och börja om på nytt med nästa begränsning, för det kommer alltid att finnas en del som begränsar systemet mer än de andra.

(Vorne Industries, 2023).

3.1.8 Ledtid

Ledtid är den tid som det tar för en artikel eller komponent att ta sig igenom hela produktionsflödet från start till slut. Ledtiden start och slut kan vara svårt att avgöra men ledtiden för produktionen brukar räknas från dörr till dörr. (Rother et al., 2004).

3.1.9 Cykeltid

Cykeltiden är den tid det tar för en produkt eller artikel att gå igenom en hel cykel. Den tid det tar för operatören att gå igenom alla arbetsmoment av produkten eller artikeln innan nästa produkt eller artikel kan påbörjas (Rother et al., 2004).

3.2 Analysmodell

I analysmodellen förklaras hur den insamlade teorin användes i studien. Det visar även hur teorin kopplades till datainsamlingen som ledde till förbättringsförslag för en effektivare produktion.

Muda

Studien handlade om att effektivisera produktionen och då slöserier inte tillför något värde för den slutgiltiga produkten observerades *muda*. Det undersöktes var slöserier finns och hur de påverkar produktionen. Färre slöserier i produktionen leder till minskad ledtid och därmed högre produktivitet.

5S

5S går ut på att strukturera, förbättra arbetsplatsen och minska slöserier. Arbetsplatsen studerades därför med avseende på produktionens utformning och struktur, för att sedan ge rekommendationer på hur genomströmningstiden kan minskas för att få en effektivare produktion.

Kaizen

Kaizen handlar om att förbättra och framförallt att ständigt förbättra med hjälp av till exempel strukturerat förbättringsarbete. Målet med studien var att ge förbättringsförslag och då var kaizen till stor hjälp eftersom det satte krav på att förbättringsförslagen skulle vara nytänkande, kreativa och ha möjlighet att fortsätta förbättras.

Cellproduktion

Cellproduktion handlar om att skicka en produkt i taget längs flödet utefter kundens efterfråga vilket också är fallet för trähusindustrin där det tillverkas ett hus i taget, där det inom produktionen skickas ett väggblock i taget längs flödet. Därför studerades produktionen

utifrån denna produktionstyp för att se om det finns utrymme för minskade väntetider mellan stationer, minskat lager och en högre produktivitet, vilket är det cellproduktion handlar om.

Heijunka

Heijunka bygger på att jämna ut flödet och arbetsbelastningen i produktionen. I denna studie mättes cykeltiderna för de olika stationerna i produktionen för att se hur fördelningen av tid ser ut. Förbättringsförslagen utgick sedan från *heijunka* där målet var att jämna ut flödet.

Värdeflödesanalys

Värdeflödesanalys användes för att kartlägga de värdehöjande och de icke värdehöjande aktiviteterna, vilket gjordes genom att lista alla moment som görs i produktionen samt att ta tid på dem. Därefter är målet att försöka skapa en ny process med minskade icke värdehöjande aktiviteter och slöserier.

TOC

TOC användes genom att produktionen observerades för att identifiera flaskhalsar, vilket är de moment eller stationer som gör att produkten får en längre genomströmningstid. Målet med studien var att effektivisera produktionen kan uppnås genom att minska flaskhalsarna.

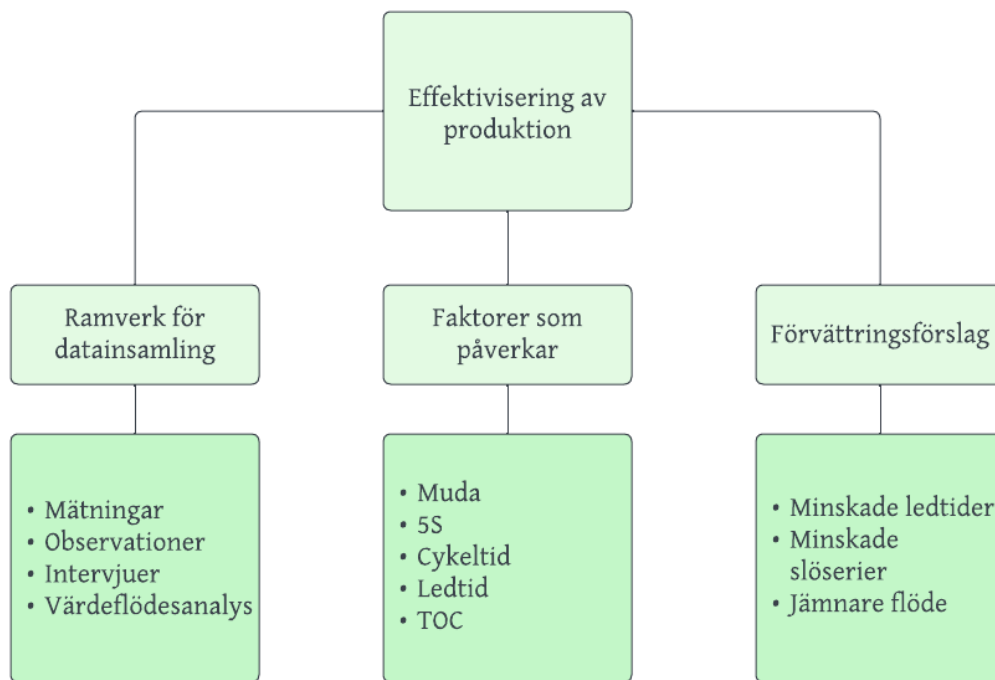
Ledtid

Ledtiden studerades i produktionen då tidtagningar gjordes för att få fram hur lång tid det tar för en vägg att ta sig igenom hela produktionen.

Cykeltid

Cykeltider togs på varje station i produktionen där såväl den totala tiden per station som varje moment på stationen mättes.

Analysmodell



Figur 2: Analysmodell

4. Empiri

4.1 Fallföretaget Rörvikshus

Rörvikshus är ett företag som tillverkar och säljer arkitektritade hus. Företagets huvudkontor och produktionsanläggning är beläget i Rörvik och har idag cirka 50 anställda. Rörvikshus hade under året 2021 en omsättning på 195 200 000 kr. De har idag två husfabriker i Rörvik som tillsammans producerar cirka 200 hus per år, där en av produktionsanläggningarna producerar för den svenska marknaden medan den andra producerar ordrar för export. De hus som säljs på export är främst till Tyskland, Österrike och Schweiz. I produktionsanläggningen tillverkas väggmoduler som sedan fraktas till byggplatsen och sätts ihop av snickare.

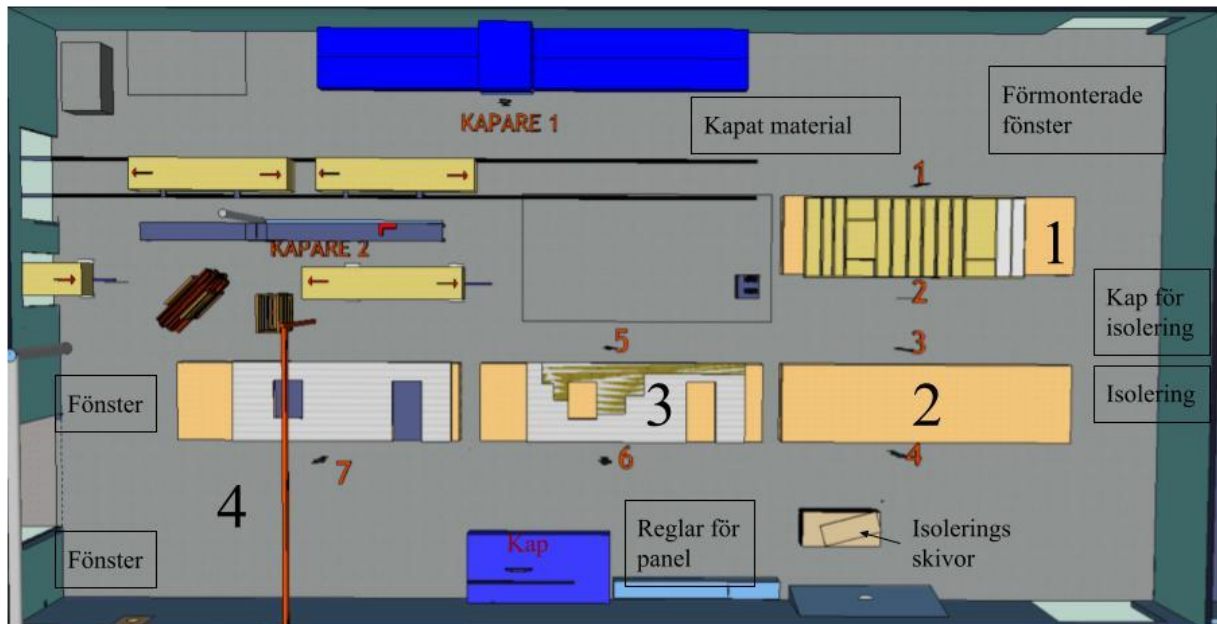
4.2 Värdeflödesanalys på Rörvikshus

Rörvikshus tillverkar hus efter kundens önskemål vilket gör att storleken, formen och arbetsmomenten kan skilja från en vägg till en annan. Något som leder till varierande cykeltider och ledtider beroende på vilka väggmoduler som produceras och komplexiteten i undersökningen vilket gör att fler undersökningar och mätningar krävs för att ge en bra bild av nuläget. För att öka kvaliteten på studien behövs det många mätningar för att identifiera vad som påverkar värdeflödet negativt, för att kunna gå vidare med förslag för att effektivisera produktionen av väggmoduler.

4.3 Informationsflöde

På fallföretaget har alla stationer i produktionen en iPad där de digitalt kan se ritningar för väggsektioner (hörn, fönster, vanliga väggar), ritningar med storlek för alla väggblock för huset som ska produceras, konstruktionsritning och planritning. Produktionsordningen av väggar styrs efter lastbilsoptimering där första stationen får ordningen för produktionen av väggar på papper. Rörvikshus använder sig även av pappersritningar och där prickar de av väggar som gått igenom respektive station.

4.4 Flödesbeskrivning



Figur 3: Flödet i produktionen på fallföretaget

Figurbeskrivning:

Svarta siffror: Station 1–4

Röda siffror: Arbetarnas positioner

Kapare 1: En person som endast kapar material till station 1

Kapare 2: Kapning av panel och andra detaljer som görs av personer på station 2–3

Svart text: Position för material

Flödesbeskrivning:

Rörvikshus har fyra stationer i värdeflödet för montering av väggmoduler. Alla plankor till stommen kapas i förväg hos kapare 1 och läggs i ordning efter produktionsplaneringen bredvid station 1. På Station 1 tillverkas först stommen till väggmodulerna, sedan sätts isolering in mellan reglarna innan ett fuktskydd fästs på väggen. Sista steget är sen att sätta reglar för innerväggen innan väggen förbereds för att vändas och flyttas till station 2. Väl på station 2 bearbetas väggens yttersida genom att sätta vindskydd, isoleringsskivor, distanskoppar, luftfickor och reglar innan den flyttas till station 3. På station 3 sätts all panel på väggen och även detaljer som till exempel foder, stänkskydd, musskydd och eventuellt ventilationsskydd. Väggen når sedan sista stationen som är station 4 och där monteras alla fönster innan väggen lastas upp på en vagn och transporteras ut.

4.5 Mätning av cykeltider

Målet med denna studie är att effektivisera produktionen och därför har cykeltider mätts stationsvis för att avgöra värdehöjande och icke värdehöjande aktiviteter för den slutgiltiga produkten. I mätningen av cykeltider har arbetsmomenten mätts samt den totala cykeltiden för respektive vägg och station

4.5.1 Cykeltid för varje station

Här visas de olika mätningarna på cykeltiden för varje station i minuter.

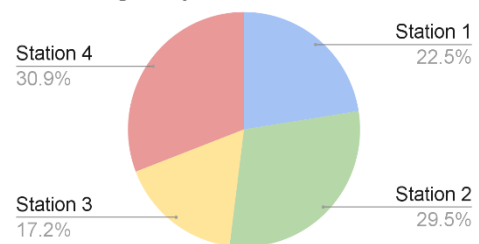
Tabell 2: Cykeltider för station 1–4

Station 1		Station 2		Station 3		Station 4	
Mätning	Cykeltid	Mätning	Cykeltid	Mätning	Cykeltid	Mätning	Cykeltid
1	129	1	138	1	56	1	53
2	117	2	97	2	115	2	95
3	45	3	49	3	41	3	72
4	78	4	106	4	48	4	107
5	38	5	70	5	32	5	121
6	20	6	100	6	34	6	138

Tabell 3: Genomsnittliga cykeltider för station 1–4

Cykeltid	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
Genomsnitt (min)	71,2	93,3	54,3	97,7
Procent av genomsnittliga ledtiden	22,5%	29,5%	17,2%	30,9%

Fördelning av cykeltider



Figur 4: Diagram över fördelningen av cykeltiderna.

4.6 Arbetsmoment per station

Vissa arbetsmoment görs inte på alla väggar och vissa arbetsmoment har gjorts samtidigt vilket gör att den värdehöjande tiden adderat med den icke värdehöjande tiden inte stämmer överens med cykeltiderna. De värdehöjande arbetsmomenten är de arbetsmoment som höjer värdet på väggen. Se bilaga 2-5 för fullständiga tabeller.

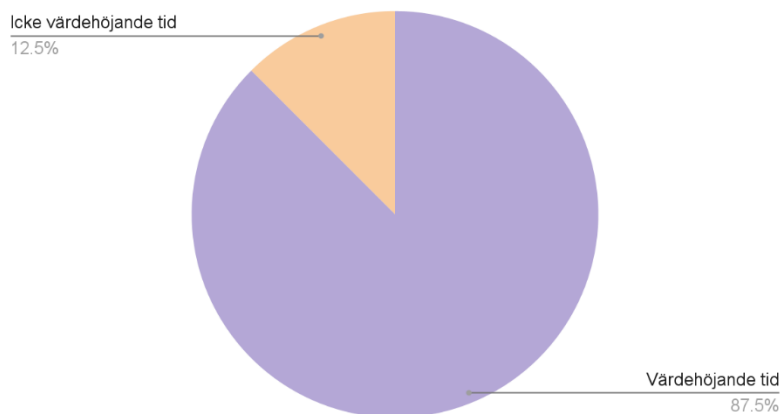
4.6.1 Station 1

1. *Stomme* - Montering av regelverk som bildar väggens stomme
2. *Isolering* - Kapning och insättning av isolering i stommen
3. *Fuktskydd* - Häfta fast ett fuktskydd som täcker hela insidan av väggen
4. *Innervägg regler* - Montering av regelverk för väggens insida
5. *Flytt + emballage* - Lyft och vändning av vägg till nästa station och montering av emballage för monteringslinan
6. *Övrig tid* - Hämta material, förberedelser, diskussion, kolla ritning, mäta/kontrollera, övrigt arbete

Tabell 4: Tid för arbetsmoment station 1.

Arbetsmoment	1	2	3	4	5	6
Genomsnittlig tid (min)	32,2	11,8	6,4	14,2	4,0	5,2

Förhållande mellan värdehöjande- och icke värdehöjande tid



Figur 5: Diagram över förhållande mellan värdehöjande- och icke värdehöjande tid för station 1.

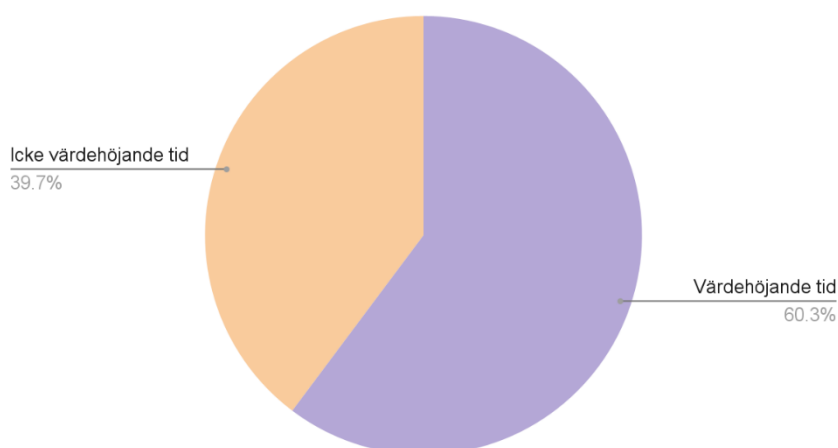
4.6.2 Station 2

1. *Lyfta upp isolering* - Lyfta upp isoleringen som tillsatts i station 1 så att det fyller ut insidan av väggen
2. *Bärlina* - Montering av bärlina VH
3. *Vindskydd* - Fastsättning av vindskyddsduk på väggen + skära bort det där det ska sättas fönster VH
4. *Reglar runt fönster* - Montering av reglar runt fönster/dörr VH
5. *Isoleringsskiva* - Kapning av isoleringsskiva
6. *Mäta och märka*- Mätning och märkning för distanskoppar
7. *Distanskopp* - Isättning av distanskoppar i isoleringsskiva VH
8. *Luftficka* - Montering och kap av träskiva för luftficka VH
9. *Reglar för panel* - Montering av reglar för att kunna fästa panel VH
10. *Kapning* - Kapning och hämtning av material
11. *Övrig tid* - Hämta material, förberedelser, diskussion, kolla ritning, mäta/kontrollera, övrigt arbete
12. *Flytt* - Flytt till station 3

Tabell 5: Genomsnittlig tid för arbetsmoment station 2.

Arbetsmoment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Genomsnittlig tid (min)	5,8	7,5	7,7	9,8	19,3	3,6	6,2	9,3	21,8	6,8	3,8	1,8

Förhållande mellan värdehöjande- och icke värdehöjande tid



Figur 6: Diagram över förhållande mellan värdehöjande- och icke värdehöjande tid för station 2.

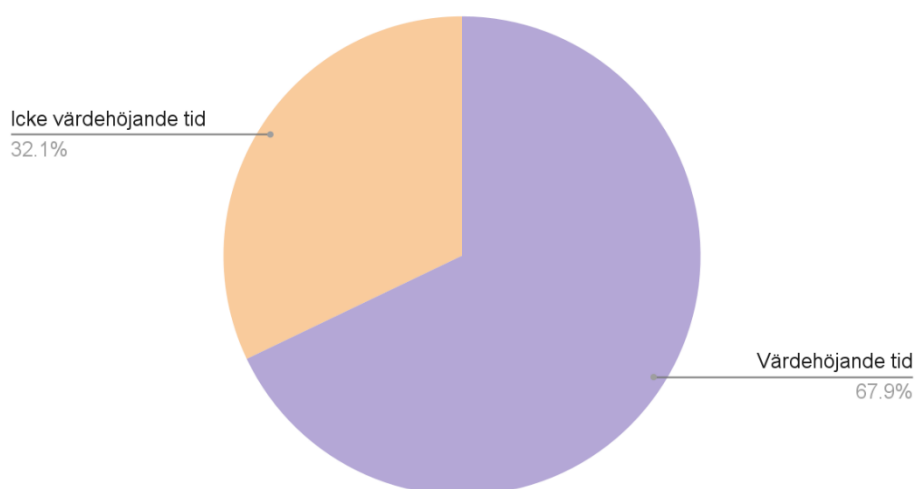
4.6.3 Station 3

1. *Foder* - Montering av foder runt dörrar och fönster VH
2. *Panel* - Montering av panel VH
3. *Hattläkt* - Montering av hattläkt på panel VH
4. *Kapning och hämta material* - Kapning och hämtning av panel eller annat material
5. *Bleck* - Montering och hämtning av plåtbleck VH
6. *Såga till detaljer* - Såga till panel så att den ska passa runt fönsterbleck VH
7. *Såga till botten* - Såga till botten så att den är rätt längd VH
8. *Mussydd*- Montering av musskydd VH
9. *Emballage* - Ditsättning av emballage för station 4
10. *Måla* - Måla där det har kapats VH
11. *Övrig tid* - Hämta material, förberedelser, diskussion, kolla ritning, mäta/kontrollera, övrigt arbete
12. *Flytt* - Flytt till station 4

Tabell 6: Genomsnittlig tid för arbetsmoment station 3.

Arbetsmoment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Genomsnittlig tid (min)	6,5	11,2	13,5	11,0	2,5	9,2	5,3	1,4	1,8	1,4	10,0	1,3

Förhållande mellan värdehöjande- och icke värdehöjande tid



Figur 7: Diagram över förhållande mellan värdehöjande- och icke värdehöjande tid för station 3.

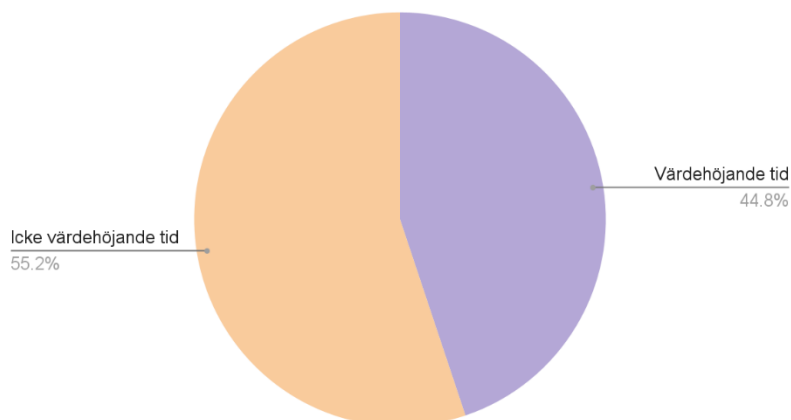
4.6.4 Station 4

1. *Traverslyft + stabilisering av vägg* - Lyfta upp vägg från monteringsbordet med travers och ställa det upprätt för fönstermontering
2. *Emballage borttagning* - Borttagning av emballaget som satts på tidigare
3. *Skär bort fuktskydd vid fönsterplats* - Skär bort plasten vid hålen där fönster ska monteras
4. *Borra fast klossar/flytta klossar* - Borra fast klossar som fungerar som stöd när fönstret lyfts in
5. *Hämta fönster från ställ* - Ta loss fönstret från stället det står på och ta det till väggen
6. *Tätningstätt på fönster och vägg* - Tejpa fast tätningstätt på fönster och vägg (VH)
7. *Lyfta in + justera rätt + spänna fast fönster* - Fönstermontering, lyfta in och justera rätt det med hjälp av kilar och sen spänna fast det (VH)
8. *Fönsterbräda* - Kapa och sätta dit fönsterbräda (VH)
9. *Fogning* - Spruta mjukfog i hörnen av fönstret (VH)
10. *Utlastning* - Lasta på väggen på en vagn som kör ut väggar till lastbilen
11. *Övrig tid* - Hämta material, förberedelser, diskussion, kolla ritning, mäta/kontrollera, övrigt arbete

Tabell 7: Genomsnittlig tid för arbetsmoment station 4.

Arbetsmoment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Genomsnittlig tid (min)	4,5	4	6,2	4,8	8,7	13,0	22,5	4,4	3,7	8,7	17,7

Förhållande mellan värdehöjande- och icke värdehöjande tid



Figur 8: Diagram över förhållande mellan värdehöjande- och icke värdehöjande tid för station 4.

4.6.5 Genomsnittliga tider

De genomsnittliga tiderna för värdehöjande tid, icke värdehöjande tid och väntetid stämmer inte överens med cykeltiderna på grund av att vissa arbetsmoment görs samtidigt då fler personer arbetar på stationen.

Tabell 8: Genomsnittliga tider för värdehöjande-, icke värdehöjande och tider för stopp och väntetid.

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Total tid (min)
Värdehöjande tid (min)	64,6	62,3	51,0	43,6	221,5
Icke värdehöjande tid (min)	9,2	44,9	24,1	54,6	132,8
Väntetid (min)	14,8	-	26,7	-	41,5

Den värdehöjande tiden är den totala tiden för de arbetsmoment som ökar värdet för väggen i produktionen. Den icke värdehöjande tiden är alla andra arbetsmoment som görs men som inte skapar mervärde för väggen, här kan momenten även delas in i två kategorier: *nödvändiga* och *onödiga* icke värdehöjande moment. De nödvändiga arbetsmomenten kan till exempel vara kapning, förberedelser, emballage etcetera. Exempel på onödiga icke värdehöjande moment är onödiga transporter, stopptider och väntetider. I detta fall står väntetid för sig själv då det är ett återkommande moment som sker när en vägg ligger stilla och väntar på att väggen på nästkommande station ska bli klar. Tiderna för resterande onödiga icke värdehöjande momenten räknas in i kategorin *icke värdehöjande tid*.

5. Analys

Efter att ha observerat produktionen och mätt cykeltider på Rörvikshus konstaterades det att det finns en stor variation av väggmoduler hos företaget, eftersom ingen arbetsorder är den andra lik. Husen som tillverkas är specialanpassade och följer inte någon form av standardmodeller, något som leder till att väggarna som monteras i produktionen varierar i storlek och utseende, vilket i sin tur innebär stor variation i cykeltider.

Det konstaterades även att det finns begränsat utrymme i produktionen då lokalen är relativt liten. Flödet är idag utformat så att kapmaskiner och verktyg som behövs vid varje station finns i närheten. Det finns idag inga direkta platsidentifikationer för verktygen och städning görs av de anställda på deras respektive stationer då tid finns över.

Företaget använder sig av cellproduktion där de till största del producerar en vägg i taget per station, det förekommer att små väggar monteras i par på station 1–3. Ordningen som väggarna produceras i styrs av personen som lastar lastbilen för att fylla lastbilutrymmet så mycket som möjligt och därmed få ner transportkostnaderna. Det betyder att ordningen på de producerade väggarna styrs efter lastbilsoptimering och inte av effektiviteten i produktionen eller av ordningen som väggarna behövs på byggplatsen. Det är dock bara arbetarna på station 1 som får informationen om ordningen som väggarna ska tillverkas i. Arbetarna på station 2–4 får inte reda på vilken vägg som kommer förrän väggen är klar på station 1, såvida inte någon går och frågar. Det gör att förarbete som till exempel kapning av material inte görs förrän väggen väl har kommit till respektive station, vilket kommer att tas upp senare i kapitel 6 som förbättringsförslag.

I produktionen mättes cykeltider och tider för arbetsmomenten på respektive station, vilket är redovisat i *tabellerna 2-8* och *figur 4*. Utifrån de tiderna så är station 4 som är fönstermontering den station med högst genomsnittliga cykeltid, vilket gör den till den begränsande stationen i produktionen, det vill säga flaskhalsen. Sett till arbetsmomenten på denna station konstaterades det att mycket av arbetet som görs är förberedande arbete för fönstermonteringen. För att effektivisera produktionen måste denna station prioriteras för att få ner den totala ledtiden. Stationen med näst högst cykeltid i snitt utifrån mätningarna är station 2 och stationerna med lägst cykeltid är 1 och 3. För att effektivisera produktionen

krävs en jämnare fördelning av tid mellan stationerna, därför kommer även förbättringsförslag för station 2 tas upp i kapitel 6.

Det blir ännu tydligare att det är just station 4 och 2 som är de mest begränsande stationerna i produktionen när det endast har uppmätts väntetider på station 1 och 3. Det innebär att station 1 måste vänta med att flytta dess väggblock tills station 2 blir klar, när station 2 blir klar kan väggblocket skickas vidare direkt eftersom station 3 redan är färdiga med sitt väggblock. Skulle station 3 vara färdiga med sitt väggblock men väntar på att station 4 ska bli klara så har station 3 två väggbänkar, där panelen sätts på den ena bänken och den andra är till för att lyfta upp väggblocket till traversen på station 4. Det innebär att när panelen är satt på station 3 så skickas väggblocket vidare till den andra bänken för att kunna ta emot nästa väggblock från station 2 när det är färdigt där.

Mycket av tiden i produktionen går åt icke värdehöjande arbetsmoment som värdeflödesanalysen visar i empirin. Även om det förekommer onödiga icke värdehöjande moment som stopptid på grund av diskussioner, så är det nästan bara nödvändiga arbetsmoment som behövs trots att det inte ger ett högre värde för kunden. Sett till arbetsmomenten som listats i resultatet kan det konstateras att de flesta icke värdehöjande aktiviteterna är förberedelser. I produktionen är förberedelser nödvändiga och kan inte elimineras utan bara effektiviseras, vilket tas upp som ett förbättringsförslag i kapitel 6.

6. Förbättringsförslag

6.1 Utjämning av flöde

Förbättringsförslagen listade i *Utjämning av flöde* ska generera en bättre fördelning mellan stationernas cykeltider vilket ska leda till mindre stopp och väntetid i produktionen.

Förbättringsförslag ett är att flytta arbetsmomentet *skära bort fuktskydd* från station 4 till station 1. Arbetsmomentet innebär att skära bort fuktskyddet där fönstret ska sitta och häfta fast överbliven plast i väggens stomme. Fuktskyddet sätts fast redan på station 1 och redan då skulle det kunna skäras bort där fönstren/dörrarna ska sitta. Enligt mätningarna skulle den här förändringen minska den totala ledtiden och bidra till ett jämnare flöde då station 4 i nuläget är den begränsande faktorn. Tidsmässigt minskas cykeltiden för station 4 och även väntetiden per vägg med drygt sex minuter i snitt.

Förbättringsförslag två är att flytta arbetsmomentet *hämta fönster från ställ* från station 4 till station 3. Det är ett förberedande moment för fönstermonteringen som inte behövs göras på station 4 utan kan utföras av arbetarna på station 3 istället för att jämna ut flödet i produktionen och dra ner på den totala ledtiden. Som tidigare nämnt är station 4 flaskhalsen i produktionen och därför krävs en minskad cykeltid där för att effektivisera produktionen. Det som skulle krävas för förbättringsförslag är en ställyta där fönsterna kan stå stabilt när de inte längre sitter fast i stället med resterande fönster till huset. Enligt mätningarna minskar detta cykeltiden för station 4, väntetiden och ledtiden med drygt åtta och en halv minut i snitt.

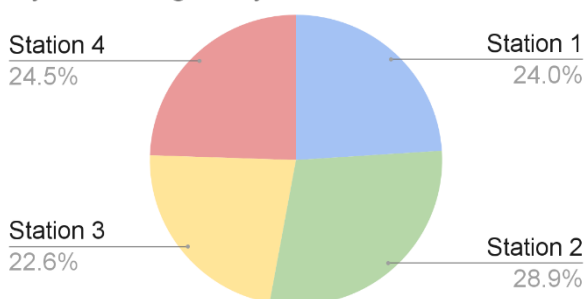
Förbättringsförslag tre hör ihop med förbättringsförslag två och innebär att arbetsmomentet *tättningslist på fönster och vägg + fästen* delvis flyttas till station 3. Fönsterna som har hämtats från stället får även sina fästen ditsatta och tättningslistan fästs på fönstret, vilket innebär att arbetaren på station 4 endast behöver tejpa fast tättningslistan på väggen. Antagningsvis skulle detta göra att den genomsnittliga tiden för arbetsmomentet *tättningslist på fönster och vägg + fästen* på 13 minuter skulle kunna sänkas med tio minuter. Även detta minskar cykeltiden på station 4 och jämnar ut tiden för stationerna då cykeltiden höjs på station 3.

Baserat på mätningarna och antaganden skulle förbättringsförslagen generera nya cykeltider och jämnare fördelning mellan stationerna, vilket är beräknat i tabellen nedan.

Tabell 9: Nya genomsnittliga tider efter implementering av förbättringsförslagen.

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
Cykeltider (min)	77,4	93,3	73,0	79,0
Procent av genomsnittliga ledtiden	24,0%	28,9	22,6%	24,5%

Ny fördelning av cykeltider



Figur 9: Fördelning av cykeltiderna efter implementering av förbättringsförslag.

Teoretiskt sett så är det väntetiderna som minskas genom att jämna ut flödet på detta sätt och de potentiellt nya väntetiderna visas i tabellen nedan. Enligt mätningarna, förändringarna samt de antaganden som gjorts skulle den genomsnittliga väntetiden minskas med cirka 25 minuter, vilket är en minskning av väntetiden med 60%.

Tabell 10: Nya väntetider efter förbättringsförslag

Station	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Totalt
Väntetid (min)	14,8	-	26,7	-	41,5
Ny väntetid (teoretiskt)	8,6	-	8,0	-	16,6

6.2 Informationsflöde

Idag har fallföretaget en stor variation i sin produktion av väggar som gör att det blir ännu viktigare med ett tydligt informationsflöde. Genom att implementera förbättringsförslaget nedan skulle företaget kunna minska slöserierna i produktionen, det skulle ge en tydligare struktur och göra det enklare att genomföra förberedande arbete när tiden finns, vilket skulle effektivisera produktionen.

Förbättringsförslag fyra är att informationen om i vilken ordning väggarna ska produceras ska finnas digitalt så att alla stationer vet vilka väggar som i vilken ordning. Det kan visas i till exempel deras iPad som varje station har eller att företaget investerar i en bildskärm som visar ordningen på väggarna som produceras och hur de ligger till tidsmässigt. Med hjälp av detta ska förarbete som kapning av isoleringsskiva, luftficka och regler kunna göras på förhand på station 2. Det kan såklart bidra till att alla stationer kan förbereda vissa moment redan innan väggen kommer till stationen om tid finns. En bildskärm som visar status på väggarna som ska produceras gör det lättare för arbetarna att se hur de ligger till och var det möjligtvis krävs extra hjälp. Den huvudsakliga förbättringen är dock att minska cykeltiden för station 2, då det är stationen med näst högst cykeltid enligt mätningarna och kan bli flaskhalsen om cykeltiden för station 4 blir markant mindre. Det måste inte nödvändigtvis vara arbetarna på station 2 som kapar materialet utan kan utföras av arbetare som får tid över. Kommunikations- och informationsflöde är något som har förbättringspotential och är viktigt dels för samarbetet mellan arbetarna och även för att kunna effektivisera produktionen.

Utöver en effektivare produktion finns det fler fördelar med ett bättre informationsflöde. Det handlar främst om att undvika stopp som uppstår när det blir fel eller när arbetarna i produktionen stöter på något som de inte gjort förut eller vet exakt hur de ska lösa. Dessa situationer leder till stopp för att diskutera först inom produktionen och om inte det ger något svar så behövs det diskuteras med arkitekten till huset. Det är svårt att mäta eller säga exakt hur mycket tid som sparas eftersom det handlar om att förhindra stopp mer än att minska hela ledtiden för en vägg.

7. Resultat

Hur kan produktionsprocessen i trähusindustrin effektiviseras?

Syftet med studien var att öka förståelsen för hur produktionen i trähusindustrin kan effektiviseras samt att ge rekommendationer på åtgärder för hur den kan förbättras. Genom mätningar på cykel- och ledtider samt med hjälp av en värdeflödesanalys togs en nulägesbeskrivning av produktionen fram. Det empiriskt insamlade materialet visade att det är en ojämn fördelning av cykeltider mellan stationerna. Den ojämna fördelningen gör att det bildas väntetider, datainsamlingen visade att ett väggblock i snitt ligger stilla i totalt 41 minuter av den totala ledtiden. Väntetid är en onödig icke värdehöjande aktivitet vilket ska minskas för en effektivare produktion.

Studien visar att produktionen hos företag inom trähusindustrin kan effektiviseras genom utjämning av flödet. Utjämning av flödet innebär att arbetsmoment flyttas från den begränsade stationen (flaskhalsen) till de stationerna med kortare cykeltid. Förbättringsförslag togs fram där teoretiska beräkningar visar att fallföretaget kan minska väntetiden med 60% genom att flytta arbetsmoment från flaskhalsen till stationer med kortare cykeltid.

Studien visar även att förbättringar av informationsflödet kan effektivisera produktionen. Ett förbättrat informationsflöde kan leda till att tid för diskussion angående problem och nya situationer kan minskas. Det finns ingen teoretisk beräkning på exakt hur mycket produktionen skulle effektiviseras genom att implementera detta förbättringsförslag, men tider som kan minskas eller försvinna är tid för förberedande arbeten och tid för omarbetningar samt diskussioner när fel eller problem uppstår.

8. Diskussion

Empiri

Rörvikshus tillverkar inga standardiserade hus utan husen är helt anpassade utifrån kundens önskemål, vilket gör att alla husen ser olika ut och därmed är ingen vägg likadan som någon annan. För mätningarna som gjorts har det haft en stor betydelse då tiderna varierat mycket beroende på väggarnas utseende. På vissa hus har till exempel panelen satts på byggplatsen istället för hos Rörvikshus och ibland har väggarna behövt byggas vända 90° eftersom de är för höga för att monteras som vanligt. Det förekommer även att vissa fönster eller dörrar monteras på byggplatsen medan vissa fönster kan förmonteras. Att husen är specialanpassade efter kunden gör också att det uppstår situationer som arbetarna i produktionen inte varit med om tidigare och kan behöva diskutera problem med varandra eller arkitekten till huset som byggs. Dessutom finns det inga maskiner utöver kaparna i produktionen vilket gör att produktionstakten beror mycket på hur många av arbetarna som är på plats. Manfall på grund av till exempel vabb, sjukdom eller skada gör att arbetarna måste vara flexibla och hjälpa till på stationerna där det saknas arbetare för dagen. Alla dessa faktorer påverkar cykel- och ledtiderna för väggarna som produceras. Cykeltiderna på varje station och tiderna för arbetsmomenten har också varierat mycket eftersom alla moment inte alltid görs på varje vägg och ibland är det något extra moment som måste göras. På grund av detta har det varit svårt att få fram exakt hur flödet ser ut eftersom det aldrig ser likadant ut och genomsnittstiderna hade sett annorlunda ut om vi hade tagit mätningar vid andra tidpunkter. Däremot har vi kunnat se vilka stationer som tenderar att ta längre tid än andra, var väntetider oftast uppstår och vilken del i flödet det är viktigt att se över först för att effektivisera produktionen.

Resultat

Ett utjämnat flöde kan effektivisera produktionen, detta då flödet får en jämnare fördelning och stopp- och väntetider minskas vilket sänker ledtiden. På fallföretaget finns det många arbetsmoment som är förberedande för andra arbetsmoment, dessa förberedande moment måste inte nödvändigtvis göras vid samma tidpunkt eller av samma personer varje gång. Möjligheten finns därför att ändra tidpunkt och utförare för dessa moment utan att det påverkar de värdehöjande arbetsmomenten. Enligt TOC ska flaskhalsen först försöka minskas

i produktionen med hjälp av egna resurser, därför valde vi att först kolla på förbättringsförslag som inte innebär någon större investering. Sett till fördelningen av cykeltider som vi fick fram kunde vi se att produktionen kan effektiviseras genom att jämna ut cykeltiderna för stationerna. Därför handlar våra första förbättringsförslag om att flytta på arbetsmoment för att få en jämnare fördelning och därmed sänka väntetiden samt den totala ledtiden.

Informationsflödet är en viktig del för en bra fungerande produktion, speciellt för företag som jobbar med en stor variation i sin tillverkning. Det kan göra att moment som till exempel diskussion om problem kan kortas ner samtidigt som det blir lättare att få en överblick över produktionen. Med ett bättre informationsflöde kan även vissa arbetsmoment förberedas när tid finns över, vilket innebär att material redan har förberetts innan väggen når respektive station, vilket är ett sätt att sänka cykeltiden och därmed effektivisera produktionen. Om informationen skulle förbättras så sätter det fortfarande krav på att arbetarna samarbetar, är flexibla för att hjälpa till på andra stationer och tar ansvar för att tillsammans bli effektivare.

De listade förbättringsförslagen är framtagna efter våra mätningar och observationer på fallföretaget, dessa är inte verifierade i produktionen utan det har endast gjorts teoretiska beräkningar och antaganden på vad det skulle generera för företaget. De listade förbättringsförslagen är även utformade efter fallföretaget flöde vilket gör att samma förändringar inte behöver leda till samma resultat för andra företag.

Samhällsrelevans

Arbetet är kopplat till fallföretaget Rörvikshus som tillverkar hus av trä vilket har en stor nytta för samhället. Trä som material har en stor vikt för Sverige både ur hållbarhetsperspektiv men även för skogs- och träindustri som är en viktig del för landet. Med minskade materialslöserier kan företag spara pengar samtidigt som det ger en minskad miljöpåverkan.

Sveriges befolkning ökar ständigt vilket gör att behovet för fler bostäder krävs.

Tillverkningskostnaderna för trähus har haft en större ökning jämfört med KPI vilket gör att behovet för effektivisering är ännu större. En bättre planerad och effektivare trähusindustri kan leda till en högre konkurrenskraft och lönsamhet för företag. Det ger företagen möjligheten att producera mer om marknaden finns, vilket genererar mer pengar till samhället och kan även bidra till fler jobb. Det kan samtidigt vara lösningen för bostadsbristen i landet då en effektivare produktion med minskade slöserier kan hjälpa företag inom trähusindustrin.

Metod

Under studien har det använts kvalitativa och kvantitativa metoder för datainsamling. De kvalitativa metoderna har varit observationer av flödet i produktionen och ostrukturerade intervjuer med personal som jobbar i produktionen för att skapa en förståelse för olika arbetsmomenten och hur flödet ser ut. Den kvantitativa data har samlats in genom mätningar på företaget av författarna själva. Det har krävts flera mätningar av cykeltider för att få ett trovärdigt resultat, men eftersom mätning av cykeltiderna tagit lång tid så har mätningarna fått göras vid flera tillfällen på olika hus vilket gör att vissa arbetsmoment skiljer sig i mätningarna.

Litteraturen som användes i studien var grunden för datainsamlingen och var även till hjälp i resultatet, analysen och för förbättringsförslagen. Val av teoretiskt material gjordes utifrån tidigare kunskaper inom området och teorin kompletterades med mer information under studiens gång då vi fått en klarare bild av företagets situation och produktionens utformning. Delar av det teoretiska materialet som hämtades in i början av studien togs bort då vi ansåg att det inte var relevant för just denna studie. Teoretiskt material som togs bort var till exempel spaghettidiagram, eftersom vi inte kollade på hur arbetarnas rörelsemönster såg ut i lokalen. Taktid togs också bort då denna studie endast kollat på hur delarna i produktionen kan effektiviseras och inte hela tiden från beställning av hus till leverans. Litteraturen som används har kritiskt granskats av båda författarna och det har använts olika källor i teorin. Under studien har personalen blivit informerad av studiens syfte där det meddelades att det kommer att undersökas hur företagets flöde i produktionen kan effektiviseras.

Framtida studier

Eftersom studien varit tidsbegränsad till 15 högskolepoäng finns det framtida studier som skulle kunna kopplas till detta arbete. Här kommer förslag på hur studien kunnat vidareutvecklas och även förslag på nya studier som hade kunnat göras på företaget.

En faktor som påverkar effektiviteten i produktionen hos Rörvikshus är produktionsordningen. Idag styrs produktionsordningen efter lastbilsoptimering, vilket innebär att ordningen som väggarna produceras i bestäms utefter lastbilsutrymmet för att spara på lastbilar och därmed transportkostnader. Det vi funderar över är om produktionen

hade kunnat effektiviseras genom att bestämma ordningen efter produktionen istället och hur skulle det påverka flödet.

Fallföretaget har även en stor variation i sin tillverkning, en del väggar är för stora för att byggas som vanligt vilket kräver att de byggs 90° från det ursprungliga läget vilket tar längre tid. Hur stor påverkan har dessa väggar på flödet och hur påverkas cykel- och ledtiden av dessa väggar?

9. Slutsats

Idag har Rörvikshus ett ojämnt flöde där de olika stationernas cykeltider skiljer sig i genomsnitt ganska mycket, vilket leder till längre ledtider på grund av att väntetider uppstår. Med hjälp av små förändringar som att omfördela arbetsmoment kan företaget jämna ut cykeltiderna på stationerna och därmed minska väntetiderna samt ledtiden för varje vägg. Detta kan relateras till tidigare studier som visar på att genom att balansera flödet i en produktion kan ledtiden minskas (Alif & Aribowo, 2019).

Det har även konstaterats att informationsflödet på företaget kan förbättras för att möjliggöra för arbetarna att göra förberedande arbetsmoment när tiden finns. Genom att förbereda materialet till nästkommande väggar kan cykeltiden för stationerna minskas, något som sätter krav på samarbete, flexibilitet och ansvar men även på att rätt information kommer fram till arbetarna i god tid. Tidigare studier visar att bättre informationsflöde kan minska risken för att fel som leder till extra kostnader för ombyggnationer och även minska risken för förseningar (Zhang, et al. 2015).

Referenser

A

Alif, S. & Aribowo, B. (2019) Line Balancing Application Analysis of Generator Manufacturing Process in DPG Inc. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. [Online] 528 (1), 12057–. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/528/1/012057/pdf>

B

Bergman, B. & Klefsjö, B. (2020) Kvalitet från behov till användning. Upplaga 6. Lund: Studentlitteratur.

Balaji, M., Dinesh, S.N., Raja, S., Subbiah, Ram., Manoj Kumar, P. Lead time reduction and process enhancement for a low volume product, Materials Today: Proceedings, Volume 62, Part 4, 2022, Pages 1722-1728, ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.240>.

G

Gozzo, M., Bergström, O. & Vartiainen, J. (2020). *Industri och pandemin*. Stockholm: Industri ekonomiska råd. https://www.industriradet.se/wp-content/uploads/IER_2020.pdf

H

Hines, P. & Rich, N. (1997). *The seven value stream mapping tools*, 17(1), ss.46-64

K

Kuhlang, P., Edtmayr, T. and Sihm, W. (2011) “Methodical approach to increase productivity and reduce lead time in assembly and production-logistic processes,” CIRP journal of manufacturing science and technology, 4(1), pp. 24–32.

N

Nationalencyklopedin, mätning.

<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/enkel/mätning> (hämtad 2023-03-27)

O

Olhager, J. (2013). *Evolution of operation planning and control: from production to supply chains*, 51(1), ss.1

P

Patel, Davidson. (2019). *Forskningsmetodikens grunder - Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Lund: Studentlitteratur AB

Pažek, K. (2021) Lean manufacturing. Karmen Pažek (ed.). London, England: IntechOpen.

Pohlman, A. (2017). *Flytt av verksamhet till andra länder*.

<https://www.scb.se/contentassets/b1ae4493ffd1404987a4d32cbf213ae5/flytt-av-verksamhet-till-andra-lander.pdf> [2023-03-08]

R

Rother, M., Shook, J., Helling, J. (2004). *Lära sig se: Att kartlägga och förbättra värdeflöden för att skapa mervärden och eliminera slöseri: En handbok för praktisk tillämpning av metoder och verktyg för Lean Production*. Göteborg: Lean enterprise institute

RI.SE (u.å). *Smartbyggande i trä och glas skapar hållbara livsmiljöer*.

<https://www.ri.se/sv/berattelser/smart-byggande-i-tra-och-glas-skapar-hallbara-livsmiljoer> [2023-05-17]

S

Scheinert, C. (2022). *Fri rörligt kapital*.

https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/sv/FTU_2.1.3.pdf [2023-03-08]

Schauerte, T., Lindblad, F., Flinkman, M. (2017) Critical success factors determining economic health of firms producing wooden singlefamily houses.

Statistikmyndigheten (2023). *Konsumentprisindex (1949=100)*.

<https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/priser-och-konsumtion/konsumentprisindex/konsumentprisindex-kpi/pong/tabell-och-diagram/konsumentprisindex-kpi/kpi-index-1949100/> [2023-05-03]

Statistikmyndigheten (2023). *Totalt produktionspris/bostadsarea för nybyggda ordinära gruppbyggda småhus, kr efter region, brutto-/nettopris och år.*

https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_BO_BO0201_BO0201C/PrisPerAreorSM02/table/tableViewLayout1/ [2023-03-10]

Statistikmyndigheten (2023). *Folkmängd efter region och år.*

https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_BE_BE0101_BE0101A/BefolkningNy/table/tableViewLayout1/ [2023-05-17]

Subramanian, M., Azam Sheikh, M., Skoogh, A., Bokrantz, J., Thürer, M. & Chang, Q. (2021). *Artificial intelligence for throughput bottleneck analysis - State-of-the-art and future directions*, 60(1), ss.734-751

Säfsten, K. & Gustavsson, M. (2019). *Forskningsmetodik - För ingenjörer och andra problemlösare*. Lund: Studentlitteratur AB

T

Tmf (2023). *Industriekonomerna: Utvecklingen av svensk ekonomi kommer att gå i både dur och moll.* <https://www.tmf.se/om-tmf/nyheter/20232/03/industriekonomerna-utvecklingen-av-svensk-ekonomi-kommer-att-ga-bade-i-dur-och-moll/> [2023-03-08]

Trochim, William M.K., The Research Methods Knowledge Base: *Deduction & Induction*. <https://conjointly.com/kb/deduction-and-induction/> (version current as of 14 May 2023)

Trochim, William M.K., The Research Methods Knowledge Base: *External Validity*. <https://conjointly.com/kb/external-validity/> (version current as of 14 May 2023)

Trochim, William M.K., The Research Methods Knowledge Base: *Internal Validity*. <https://conjointly.com/kb/internal-validity/> (version current as of 14 May 2023)

Trochim, William M.K., The Research Methods Knowledge Base: *Theory of Reliability*.
<https://conjointly.com/kb/theory-of-reliability/> (version current as of 14 May 2023)

V

Vetenskapsrådet (2021-12-16). *Etik*. <https://www.vr.se/uppdrag/etik.html> [2023-03-03]

Vorne Industries (u.å). *Theory of Constraints*. <https://www.leanproduction.com/theory-of-constraints/> [2023-02-27]

W

Wang, J. X. (2011) *Lean manufacturing : business bottom-line based*. [Online]. Boca Raton: Taylor & Francis.

Womack, J.P, Jones, D.P & Roos, D. (2007). *The machine that changed the world: How Lean Production* . London: Simon & Schuster UK Ltd

Z

Zhang, J. Song, X. Chen, H & Shi, R. S (2015) Optimisation of critical chain sequencing based on activities' information flow interactions, *International Journal of Production Research*, 53:20, 6231-6241, DOI: [10.1080/00207543.2015.1043157](https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1043157)

Bilagor

Bilaga 1

Tabell över väggmoduler

Vägg	Bredd (mm)	Höjd (mm)	Storlek fönster/dörr (mm)	Övrigt
Vägg 1	2895	5896 3869	2st 1000/2000 1st 1705/1000-35 grader 1st 938/1000-35 grader	Ingen panel, lutande vägg, montering liggandes
Vägg 2	2895	5896 3869	2st 1000/2000 1st 1705/1000-35 grader 1st 938/1000-35 grader	Ingen panel, lutande vägg, montering liggandes
Vägg 3	2015	4066 3563	1 st 700/2100	Ingen panel, lutande vägg, montering liggandes
Vägg 4	1475	3562 3194	-	Ingen panel, lutande vägg, montering liggandes, dörr monteras ej
Vägg 5	2360	3783 3194	1 st 900/1700 1 st 900/2100	Ingen panel, lutande vägg, montering liggandes
Vägg 6	9180	1338	4 st 2200/700	Ingen panel
Vägg 7	5330	2455	1st 2000/700	Ingen panel
Vägg 8	1495	2950	-	Panel hattläkt, FMS box, panel endast till midja
Vägg 9	4945	2950	1st 1600/1700	Panel hattläkt

			1st 1600/2300	
Vägg 10	8480	2950	1st 1600/1700	Panel hattläkt, endast panel till midja
Vägg 11	4288	2750	1st 3200/2300	Liggande panel, skjutsdörr monteras ej
Vägg 12	1687	2750	1st 700/2300	Liggande panel
Vägg 13	3928	2750	1st 2000/1400	Liggande panel
Vägg 14	2125	3706	1st 1100/700	Ingen panel
Vägg 15	2142	3706	1st 1100/700 1st 1100/2100	Ingen panel
Vägg 16	7330	2883	2st 900/2100 1st 2200/700	Ingen panel
Vägg 17	2195	2950	1st 1600/1700	Panel hattläkt
Vägg 18	4730	2950	2st 800/1700 1 Dörr 1600/2300 - 1700	Panel hattläkt
Vägg 19	3730	2655	1 Dörr 3200/2300	Liggande panel upp till övre dörrkant. Skjutsdörren monteras ej.

Bilaga 2

Tabell över mätningar station 1

Station 1	Mätning 1	Mätning 2	Mätning 3	Mätning 4	Mätning 5	Mätning 6	Genomsnitt (min)

Stomme (min)	77	43	17	37	12	7	32,17
Isolering (min)	18	14	6	18	9	6	11,83
Fuktskydd (min)	-	12	3	7	3	2	5,4
Innervägg reglar (min)	34	19	6	11	12	3	14,17
Flytt + emballage (min)	-	9	2	5	2	2	4
Övrig tid (min)	-	20	11	-	-	-	5,17
Antal personer (st)	2	2	2	3	2	2	-
Cykeltid (min)	129	117	45	78	38	20	71,17
Värdehöjande tid (min)	129	88	32	73	36	18	62,67

Bilaga 3

Tabell över mätningar station 2

Station 2	Mätning 1	Mätning 2	Mätning 3	Mätning 4	Mätning 5	Mätning 6	Genomsnitt(min)
Lyfta upp isolering (min)	12	5	2	3	7	6	5,83
Bärlina (min)	-	-	-	-	6	9	7,5
Vindskydd (min)	15	6	8	6	4	7	7,66
Reglar runt fönster (min)	24	6	-	10	2	7	9,8
Isoleringsskiva (min)	15	31	9	23	17	21	19,33

Distanskopp (min)	13	3	5	5	4	7	6,17
Luftficka (min)	9	8	7	13	8	11	9,33
Reglar för panel (min)	44	20	8	23	9	27	21,83
Flytt (min)	1	1	1	1	6	1	1,83
Mäta och märka (min)	-	2	5	4	3	4	3,6
Kapning	-	9	4	10	4	-	6,75
Övrig tid (min)	5	4	-	8	6	-	3,83
Antal personer (st)	2	2	2	2	2	3	-
Cykeltid (min)	138	97	49	106	70	100	93,33
Värdehöjande tid (min)	105	43	28	57	33	68	55,67

Bilaga 4

Tabell över mätningar station 3

Station 3	Mätning 1	Mätning 2	Mätning 3	Mätning 4	Mätning 5	Mätning 6	Genomsnitt (min)
Foder	-	-	8	3	12*	3	6,5
Panel (min)	8	8	13*	10	17*	11	11,17
Hattläkt (min)	5	22	-	-	-	-	13,5
Kapning och hämta material (min)	8	25*	10**	12	15*	7	11
Bleck	-	7*	1*	1	1	-	2,5

Kapning till detaljer (min)	3	15	15**	8	5	-	9,2
Såga till botten (min)	2	15	2**	-	2*	-	5,25
Muskydd (min)	1	-	2	1	2	1	1,4
Emballage (min)	1	2	2***	2*	2	2	1,83
Måla (min)	1	-	2***	1	2	1	1,4
Övrig tid (min)	26	25	-	10	2	7	10
Flytt (min)	1	3	1	2*	1	1	1,29
Antal personer (st)	1	2	3	1-2	3	1-2	-
Cykeltid (min)	56	115	41	48	32	34	54,30
Värdehöjande tid (min)	20	67	38	24	27	16	32,00

Bilaga 5

Tabell över mätningar station 4

Station 4	Mätning 1	Mätning 2	Mätning 3	Mätning 4	Mätning 5	Mätning 6	Genomsnitt (min)
Traverslyft + stabilisering av vägg (min)	6	4	3	5	4	5	4,5
Emballage borttagning (min)	-	1	2	1	10	3	4
Skära bort fuktskydd vid fönsterplats (min)	2	9	3	8	8	7	6,17

Borra fast klossar/flytta klossar (min)	2	3	2	7	9	6	4,83
Hämta fönster från ställ (min)	2	9	4	10	6	21	8,67
Tätninglist på fönster och vägg + fästen på fönster (min)	3	20	8	12	14	21	13
Lyfta in + justera rätt + spänna fast fönster (eller dörr) (min)	16	18	15	16	34	36	22,50
Fönsterbräda (kap + montering) (min)	3	3	5	3	8	-	4,40
Fogning (min)	2	2	2	3	6	7	3,67
Utlastning (min)	12	10	7	6	10	7	8,67
Övrig tid (min)	5	16	21	36	12	25	17,7
Antal personer (st)	2	2	2	1	1	1	-
Cykeltid	53	95	72	107	121	138	97,67
Värdehöjande tid (min)	24	43	30	34	62	64	42,83