

# Minimering av avfall i produktion av prefabricerade husmoduler

Författare: Martin Wadmark

Handledare: Bertil I Nilsson



**LUNDS**  
UNIVERSITET



## Förord

Detta examensarbete motsvarar 30 högskolepoäng och avslutar utbildningen Civilingenjör inom Ekosystemteknik med specialisering mot miljö- och energisystem. Studien är utförd hos ett företag som förblir anonymt i samarbete med avdelningen Produktionsekonomi på institutionen Teknisk ekonomi och logistik vid Lunds Tekniska Högskola.

Ett stort tack till företaget som studien är utförd hos, det har varit ett nöje att arbeta ihop med er. Vill tacka för möjligheten att göra just detta arbete, det har varit mycket intressant att sätta mig in i problemställningen. Har mötts av värme, hjälpsamhet och tillmötesgående personer.

Vill även tacka fabriken där fallstudien är utförd, där personerna var inkluderande och öppna i deras dagliga arbete. Uppskattar de fria tyglar under studiens gång som gjorde mitt arbete möjligt.

Sedan ges ett stort tack till ett av företagets moderbolag. Det var ett nöje att få insikt i det arbete ni utför dagligen och ett tack för den arbetsplats som gavs.

Ett tack ska även ges till Miljöbron som har sammankopplat skolan och företaget samt stöttat under arbetets gång.

Vill även tacka fyra personer som agerat som handledare under de halvår som studien utfördes:

En inofficiell handledare på moderbolaget som med stor entusiasm ständigt hjälpt till med information och stöttning i sakfrågor samt resa till den baltiska fabriken.

En inofficiell handledare i fabriken som med en stor värme gav ett välkomnande in i deras grupp men även verksamhet.

En officiell handledare på företaget som drivit arbetet med stort intresse och satt en prioritet i studien.

Bertil I Nilsson, Teknologie licentiat på Lunds Tekniska Högskola på avdelningen Produktionsekonomi, som handlett detta arbete och bidragit med betydelsefulla råd och synpunkter under den tid studien genomfördes.



## Sammanfattning

Att lämna ett hållbart samhälle till våra barn anses vara ett rimligt mål för det miljöarbete som idag sker i Sverige. Idag uppkommer 140 miljoner ton icke-farligt avfall i Sverige, något som inte är hållbart. 31 % av det uppkomna icke-farliga avfallet spåras till byggbranschen, gruvindustrin exkluderat. Idag är avfallet en outnyttjad resurs som köps in och sedan slängs, vilket medför en direkt men också dold kostnad. Lean är en filosofi som manar att eliminera spill genom användning av en rad verktyg som möjliggör standardiserat förbättringsarbete. Det kontinuerliga arbetet förbättrar även ekonomiska, sociala och ekologiska faktorer för företag.

Företaget för studien producerar husmoduler i fabrik som byggs ihop till flerbostadshus på byggarbetsplatsen. Idag uppkommer det avfall från fabriken i samma vikt som 10% av modulen, något som företaget vill åtgärda. Syftet med denna studie är således att kartlägga och analysera det avfall som uppstår i tillverkningsfabriken för att sedan utveckla ett ramverk för minimering av avfallet men också att bistå med en omvärldsanalys. Utförandet består av en litteraturstudie med fokus på Lean och byggavfall i omvärlden samt en fallstudie i fabriken.

Resultatet av studien visar att i snitt genererar den svenska byggbranschen 25-30 kg avfall per BTA (bruttoarea). Avfallet varierar dock beroende på byggmaterial, byggteknik och typ av byggnad. Idag genererar fabriken 26,4 kg avfall per BTA varav knappt 55 % av avfallet består av trä (inkl. engångspall) och drygt 25 % består av gips. De kvarstående 20 % består till nästan hälften av brännbart avfall och de resterande är en blandning av plast, wellpapp, isolering och övrigt. Studien innefattar Eco-mapping, materialanalys och flödesanalys för att kunna spåra och förstå uppkomsten av avfallet med syfte att minimera det.

För att minimera avfallet bör fabriken arbeta med fyra kategorier, Inköp, Management, Design och Tillverkning. Dessa kategorier berörs i det presenterade ramverket. Genom att ställa krav och införskaffa rutiner på dessa fyra punkter kan avfall minska systematiskt. En bredare implementering av Lean hjälper även till att minska avfallet. Fabriken har arbetat med vissa verktyg av Lean mer än andra. Därav har de missat Lean-husets styrka, att de olika verktygen kompletterar och stärker varandra. Ett åtgärdsramverk har också presenterats där ramverket fokuserar på åtgärderna för att kunna driva ett långsiktigt förbättringsarbete.

Nyckelord: Lean, Lean construction, Avfall, Byggavfall, Minimering av avfall, Avfallstrappan, Husmodul, Prefabricering, BTA, Avfall per BTA.



## Abstract

Leaving a sustainable society for our children is considered an arbitrary goal for the environmental work that is currently taking place in Sweden. Today, 140 million tonnes of non-hazardous waste is generated in Sweden, which is unsustainable. 31% of the non-hazardous waste is traced to the construction industry, the mining industry excluded. Today, the waste is an unused resource that is purchased and then disposed of, which results in a direct but also hidden cost. Lean is a philosophy that means to eliminate waste made possible by the circumstances of standardized work. Through a series of tools, the possibility of standardized improvement can help both economic, social and environmental factors.

The company for the study produces house modules in factory that are assembled into multi-dwelling buildings on the construction site. Today, waste of the same weight as 10% of the module arises, something the company wants to adjust. The purpose of this study is thus to map and analyze the waste that arises in the manufacturing plant and then develop a framework for minimizing the waste, but also to assist with an external analysis of the construction industry's waste. The study consists of a literature study with a focus on Lean and construction waste around the world and a case study in the factory.

The result of the study shows that on average, the construction industry in Sweden generates 25-30 kg waste per BTA. However, the waste varies depending on building materials, building technology and type of building. Today, the plant generates 26.4 kg waste per BTA, of which just under 55% of the waste consists of wood (including one-time pallet) and just over 25% consists of plaster. The remaining 20% consists of almost half of combustible waste and the rest are a mixture of plastic, corrugated board, insulation and other. The study includes Eco-mapping, material analysis and flow analysis to be able to trace and understand the origin of the waste with the aim of minimizing it.

To minimize waste, the factory should work with four categories, Purchasing, Management, Design and Production. These categories are affected in the presented framework and by setting requirements and procuring routines at these four points, waste can be reduced systematically. A broader implementation of Lean also helps to reduce waste. The factory has worked with some tools by Lean more than others. Hence, they have missed that the Lean house's strength, that the various tools complement and strengthen each other. An action framework has also been presented where the framework focuses on the measures to be able to drive a long-term improvement work.

Keywords: Lean, Lean construction, Waste, Construction waste, Minimize waste, Waste hierarchy, House module, Prefabricating. BTA, Waste per BTA





## Beteckningar

Avfall	Material som slängs till återvinning, förbränning eller deponi.
BOA	Boarea, den yta som är användbar för boende. Anges vid försäljning av bostaden.
BTA	Bruttoarea, hela arean av en våning, ink innerväggar, ytterväggar, isolering och inredning.
CO <sub>2</sub> -ekv.	Koldioxidekvivalent
EPA	Environmental Protection Agency (USAs Naturvårdsverk)
Fraktion	Avfallskategori
JIT	Just-In-Time
Materialspill	Material som inte används i modulen och därmed inte är värdeskapande.
MPS system	Material-Produktion-Styrnings system
Off-site	Inte på byggarbetsplatsen
On-site	På byggarbetsplatsen
PDCA Cykeln	Plan-Do-Check-Act cykeln
Primärt avfall	Första uppkomsten av avfall
Produktion	Arbetet på byggarbetsplatsen
SCM	Supply Chain Management
SMART mål	Ett mål som är: Specifikt, Mätbart, Accepterat, Realistiskt och Tidsatt.
TBL	Triple Bottom Line
Tillverkning	Arbetet i fabriken
TPS	Toyota Production System
TQM	Total Quality Management
Q1, Q2, Q3, Q4	Kvartal ett, två, tre, fyra



# Innehållsförteckning

<b>1. Introduktion</b> .....	1
1.1 Inledning .....	1
1.2 Företaget och fabriken .....	2
1.3 Problem .....	2
1.4 Syfte .....	2
1.5 Frågeställningar.....	3
1.6 Avgränsningar.....	3
1.7 Projektets mål och leverabler.....	3
1.8 Vetenskaplig grund .....	3
1.9 Disposition .....	3
<b>2. Metod</b> .....	5
2.1 Litteraturstudie.....	5
2.2 Fallstudie.....	5
2.2.1 Intervjuer.....	5
2.2.2 Observationer.....	6
2.2.3 Arkivanalys .....	6
2.3 Aktionsforskning.....	6
2.4 Kvantitativ och Kvalitativ data .....	7
2.4.1 Validitet.....	7
2.4.2 Reliabilitet.....	7
2.5 Litteraturinsamling och urvalskriterier .....	8
<b>3. Litteraturstudie</b> .....	9
3.1 Hållbarhet.....	9
3.1.1 Triple Bottom Line.....	10
3.2 Avfall .....	10
3.2.1 Byggavfall.....	11
3.2.2 Andel avfall.....	13
3.2.3 Slöseri av inköpsmaterial.....	15
3.3 Avfallstrappan.....	15
3.3.1 Återanvända .....	16
3.3.2 Återvinning .....	16
3.3.3 Avfalls management .....	17
3.4 Att minimera avfall .....	18
3.4.1 Lean.....	18
3.4.2 Begrepp .....	18

3.4.3 Lean-huset.....	19
3.4.4 Verktyg .....	21
3.4.5 Lean construction.....	23
3.5 Prefabricerat.....	24
3.5.1 Omvärld .....	25
3.5.2 Industriellt byggande.....	26
<b>4. Empiri .....</b>	<b>27</b>
4.1 Datainsamling till fallstudien .....	27
4.2 Metoder som används i studien.....	27
4.2.1 Avfallsstatistik .....	27
4.2.2 Materialanalys.....	27
4.2.3 Gemensam enhet.....	28
4.2.4 Eco-mapping .....	28
4.2.5 Processflöde och intern logistik .....	28
4.2.6 Managementanalys.....	28
4.3 Dataluckor.....	28
4.3.1 Antaganden .....	28
<b>5. Fallstudie.....</b>	<b>31</b>
5.1 Fabriken .....	31
5.1.1 Området.....	32
5.1.2 Logistik .....	36
5.1.3 Teamen.....	37
5.1.4 Management.....	37
5.1.5 Miljöarbete.....	38
5.2 Fraktioner.....	39
5.2.2 På fabriksgolvet .....	44
5.2.3 Avfall per BTA .....	45
5.3 Data från fallstudie.....	46
5.3.1 Avfallsstatistik för 2017.....	46
5.3.2 Avfallsstatistik för 2018.....	46
5.3.3 Kostnad .....	47
5.3.3 Materialflöde.....	48
5.3.4 Eco mapping .....	49
5.3.5 Avfallsmanagement .....	49
5.3.6 Framtid.....	50
5.3.7 Baltiskt husmodulföretag.....	51
<b>6. Analys.....</b>	<b>53</b>

6.1 Analys av data.....	53
6.1.1 Rättvisa enheter.....	53
6.1.2 Kostnad .....	54
6.1.3 Koldioxid i avfall .....	54
6.1.4 Modifikation av systemgräns .....	55
6.2 Småländska fabriken.....	55
6.2.1 Jämförelse 2017 och 2018.....	55
6.2.2 Avfall kopplat till processer .....	56
6.2.3 Sortering.....	56
6.2.4 Lean.....	57
6.3 Liknelser och skillnader mellan fabriker.....	57
6.4 Kategorisering.....	57
6.4.1 Inköp .....	57
6.4.2 Design .....	58
6.4.3 Tillverkning.....	59
6.4.4 Management.....	59
6.5 Ramverk.....	59
<b>7. Diskussion .....</b>	<b>61</b>
7.1 Inköp .....	61
7.2 Design .....	61
7.3 Management.....	62
7.4 Tillverkning.....	63
7.5 Miljönytta.....	63
7.6 Lean .....	64
7.7 Ramverk.....	64
7.8 Publicitet .....	65
<b>8. Slutsats .....</b>	<b>67</b>
Bidrag till vetenskapen .....	69
Vidare studier:.....	69
Vidare läsning: .....	69
Referenser .....	71
Bilagor: .....	77
Bilaga 1 .....	77
Bilaga 2:.....	80
Bilaga 3:.....	84



# 1. Introduktion

## 1.1 Inledning

Under de senaste decennierna har miljöpåverkan och extremt resursuttag blivit ett allt mer diskuterat ämne. Ett startskott för miljörörelsen var när *Silent Spring* publicerades, skriven av Rachel Carson (Khondker 2015). Detta startade en diskussion som fortfarande präglar den miljödebatt som existerar idag (Khondker 2015). Ett annat stort steg inom miljörörelsen är när *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*, även känd som *Brundtlandsrapporten*, släpptes på uppdrag av Förenta Nationerna. I rapporten yttrades även ett numera känt citat ”En hållbar utveckling är en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov” (World Commission on Environment and Development., 1987). Författarna av *Brundtlandsrapporten* kopplade sambandet mellan ekonomisk utveckling och miljöförstöring som lade grunden till det miljöarbete som finns idag (World Commission on Environment and Development., 1987). Rapporten hänvisar till begreppet ”Hållbar Utveckling” som kännetecknas av ett samspel av tre dimensioner: social, ekonomisk och ekologisk (World Commission on Environment and Development., 1987). Begreppet återfinns bland annat i Sveriges lagstiftning, till exempel i *Plan och Bygglagen* kap. 3, § 5 (*Plan och Bygglagen*. 2010).

”...utan att äventyra på kommande generationers möjligheter...” är en bred definition. Det handlar om att förbruka de resurser som används, i samma takt som planeten producerar dem. Sverige har själva satt upp ett mål för att nå samma resultat, *Generationsmålet* (Naturvårdsverket 2018c). Detta mål syftar att uppnå samma effekt som citatet från *Brundtlandsrapporten*. Det har även gjorts mer specifika mål för att kunna uppnå *Generationsmålet*, Sveriges 16 Nationella Miljömål, varav alla behöver uppfyllas för att nå *Generationsmålet* (Naturvårdsverket 2018c). Några av dessa miljömål är *Hav i balans* samt *Levande kust och skärgård*, *God bebyggd miljö* och *Begränsad klimatpåverkan* (Naturvårdsverket 2018c). Miljömålen fungerar som en policy och några av Sveriges lagar har haft dessa mål som sin grund. Det kan därför vara bra för svenska företag att ha ett hum om vad Sverige förväntar sig av dem ur ett miljömässigt perspektiv.

Som ett företag är det viktigt att konkurrera på den marknad man befinner sig i, lokal som global. Ofta är företagets mål att nå en god ekonomisk utveckling. Som nämndes tidigare finns det en koppling mellan ekonomisk utveckling och miljöpåverkan, vilket kan resultera i intressekonflikter. Att konkurrera på en världsmarknad där alla har olika lagar och krav gör det inte alltid lätt om det finns en stark miljölagstiftning som straffar vissa företag hårdare än andra.

I Sverige kostar det ofta för företag att generera avfall då det finns lagstiftning på hur det ska tas tillvara och det åligger dem att hantera avfallet korrekt. Beroende på vilket avfall som uppstår kostar det olika mycket. Avfallsföretag kan betala för att ta hand om avfallet men kan också kräva en mindre summa för att hantera avfallet. Det kan ses som en börda att behöva betala för sitt avfall när företag i andra länder inte behöver göra det i samma utsträckning. Dock kan man ändra på synsättet. Avfallet har någon gång varit ett mer eller mindre kostsamt inköp som behövts för att tillverka sin tjänst eller vara. Genom att optimera hur inköpsvaran/tjänsten används kan man minska inköpskostnaden, dessutom skapas mindre avfall vilket leder till en mindre avfallskostnad. Det går därför att se avfallskostnaden som ett incitament att effektivisera sin resursanvändning.

Resursanvändning är en viktig del i Sveriges arbete mot Miljömålen. När resursanvändningen är dålig uppstår ofta avfall och skapar därmed en kostnad. Det är därför essentiellt för både företag och samhället att vara resurseffektiva för att minimera avfallet. Det finns verktyg och kvalitetsfilosofier som bygger på att eliminera alla typer av avfall och spill. Här inkluderas fel, lagning, produktionsdesign och arbetssätt som potentiella avfallsproducerande processer. Dessa verktyg och

filosofier hjälper till exempel företag med att utnyttja det material eller den tjänst de införskaffar optimalt.

Idag är byggbranschen Sveriges största aktör för avfall, om man utesluter gruvindustrin som står för 77% av allt icke-farligt avfall (Naturvårdsverket 2018a). Ofta behandlas gruvindustrin separat eftersom dess avfall skiljer sig från många andra industriers. År 2016 står bygg och rivningsavfall för 9,8 miljoner ton avfall vilket motsvarar ca 9 % av Sveriges totala avfall, alternativt ca 31% av Sveriges avfall om man exkluderar gruvavfall (Naturvårdsverket 2018a). Det går inte att komma ifrån att det är stora mängder avfall som genereras. Det finns många olika sätt att minska bygg och rivningsavfallet, till exempel genom logistik, rätt inköp och byggmetoder (Fredriksson, Höglund 2012). En stor mängd av avfallet som genereras är primärt material som har förbrukats, till exempel som rivningsmaterial. Det finns också en del material som slängs innan det har hunnits användas. Ofta på grund av felaktiga mått, överblivet eller skadat material (Fredriksson, Höglund 2012).

Ett industriellt sätt att tillverka nybyggnationer är via prefabricerade husmoduler. Denna byggmetod standardiserar tillverkningen av hus vilket bidrar till att mindre material som köps in blir av fel mått. Tillverkning av husmodulerna sker dessutom i fabriker för att sedan monteras på byggplatsen, detta skapar en skyddad miljö från klimatet för både arbetarna och materialet (Boverket 2008).

## 1.2 Företaget och fabriken

Företaget som studien genomförs hos är ett samarbete mellan två större bolag, varav ett av dem äger studiens företagsfabrik. Tanken är att tillverka boenden med en bra standard till låginkomsttagare. För att kunna hålla kostnaderna nere och leverera bostäder till ett förhållandevis lågt pris tillverkar företaget husmoduler. Husmodulerna tillverkas i en småländsk fabrik och levereras sedan till byggarbetsplatsen där flera olika moduler skapar bostäder. Eftersom husmodulerna tillverkas på samma plats kan tillverkningen ske under mer kontrollerade förhållanden, där effekter från riskfaktorer kan minimeras.

## 1.3 Problem

Idag uppstår det stora mängder avfall i Sverige, byggbranschen var 2016 den största bidragande sektorn till primärt avfall (Naturvårdsverket 2018a). Det är därför viktigt att minska avfallet, både för miljön och ekonomin. Genom att tillverka prefabricerade husmoduler öppnas möjligheten för ett mer kontrollerat arbetssätt. Fabriken i Småland tillverkar husmoduler som sedan sammansätts på byggarbetsplatsen. I dagsläget genererar fabriken en avfallsvikt på 10% av modulvikten per modul, om det produceras 9 moduler har avfallet nått upp i samma vikt som en tionde modul. Avfallet måste sedan disponeras och avfallsentreprenörer hanterar avfallet för en summa pengar, vilket genererar en kostnad för företaget.

## 1.4 Syfte

Denna studie syftar till att utveckla ett ramverk för att kunna tillämpa en analys av processer i prefabrikerad tillverkning och hur mätning av spill/avfall kan genomföras. Studien skall bygga vidare på befintliga studier samt i form av en fallstudie.

En fallstudie kommer att undersöka hur tillverkningsanläggningen i Småland kan minska sitt avfall. Likväl kommer en baltisk tillverkningsanläggning att besökas för att skapa en bredd i studien. Genom att kartlägga i vilka processteg avfall uppstår skapar det underlag för att föreslå förbättringsförslag i form av resurseffektiviseringsmetoder.



## 1.5 Frågeställningar

För att vägleda studien har fyra frågeställningar skapats. De fyra frågorna är förankrade i syftet och ska komplettera syftet och leda studien i rätt riktning.

1. Vilken mängd samt vilka typer av avfall ger dagens tillverkning av nybyggnationer upphov till?
2. Vilken mängd samt vilket avfall bildas i tillverkningsanläggningen i Småland?
3. Vilka befintliga/etablerade modeller och verktyg för mätning och förbättring av spill/avfall finns idag?
4. Vad bör fabriken göra för att minimera sitt avfall?

Frågeställningen är tänkt att bygga var sin del i studien. Fråga ett och tre är kopplade till tidigare studier och bygger på att litteratur med akademiskt värde. Underlag för frågorna besvaras i kapitel tre respektive fyra. Till skillnad från fråga två och fyra som besvaras genom en fallstudie samt en analys. Fråga två besvaras i kapitel fem medans fråga fyra besvaras i kapitel sex och sju.

## 1.6 Avgränsningar

Studien är avgränsad till prefabricerade husmoduler som tillverkas i Sverige enligt svenska lagar. Husmodulerna som granskas produceras i tillverkningsanläggningen i Småland och arbetet kommer avgränsas därefter. Avfall som uppkommer utanför fabriken gränser är därför exkluderat ur denna studie. Rivningsavfall behandlas därför inte i denna studie, utan fokus läggs på nybyggnationer. Det är i första hand fokus på icke-farligt avfall och hur det uppkommer samt minimeras.

## 1.7 Projektets mål och leverabler

Det huvudsakliga målet med denna studie är att utveckla ett ramverk för de processer och avfall i tillverkning av prefabricerade husmoduler. Studien är en start på företagens arbete med att minska avfallet och avser att leverera en förstälig grund på hur avfallsarbetet ska arbetas vidare med.

## 1.8 Vetenskaplig grund

Ramverkets grund kommer byggas på offentliga rapporter, verktyg/modeller för förbättring av spill/avfall och publicerade artiklar. Ramverket kommer baseras på grunden som ges i litteraturstudien samt fallstudien för en praktisk tillämpning. Studien kommer att kunna användas för att analysera och lokalisera de processer i tillverkningen av prefabricerade husmoduler där det uppstår onödigt avfall. För att kunna lösa problematiken på ett vetenskapligt sätt kommer kvalitetsutvecklingsmodeller och verktyg studeras och eventuellt appliceras.

## 1.9 Disposition

Studien vänder sig till ingenjörstudenter på masternivå med någorlunda förståelse för miljö samt avfall.

Första kapitlet ger en introduktion till problematiken samt visar studiens syfte och frågeställningar. Det andra kapitlet anger hur studien valdes att utföras och vad som lades vikt på under studien.

I Kapitel tre sker en litteraturstudie som först går igenom vad hållbarhet är, där visas vilka sorters avfall som finns och vilket avfall som är av intresse för studien. Sedan följer avfallstrappan och hur

den präglar avfallsarbetet. Därefter beskrivs Lean samt dess verktyg och hur de används för att slutligen beröra prefabricerade moduler

Kapitel fyra beskriver empirin som används under fallstudien, vilka metoder som användes i fallstudien och vad de beskriver. I kapitel fem, presenteras det som togs fram under de tre veckor fallstudien utfördes. Vilket är hur företaget driver sin fabrik på en daglig basis.

Kapitel sex analyserar resultaten från litteraturstudien och fallstudien för att sedan diskuteras i kapitel sju. Kapitel åtta är slutsatser från kapitel sex och sju. Kapitel nio är referenser och kapitel tio är bilagor.

## 2. Metod

Studien genomförs i följande steg; en litteraturstudie för grundläggande förståelse i problematiken med rapporter kring redan utförda studier i liknande omständigheter. Dessutom genomförs en fallstudie där en verklig situation/problematik studeras, samt aktionsforskning där fallstudien analyseras. Under alla steg byggs en ständig grund till ramverket som sedan presenteras.

Studien avser att genomföra en explorativ fallstudie som skapar belägg för ett normativt ramverk. Ramverket konstrueras för att kunna användas av fabriken i Småland som fokuserar på prefabricerade husmoduler, dock kan andra tillämpningar vara möjliga. Fokus kommer läggas på hur avfallet uppstår och var, därför kommer applikationsområdet begränsas till avfall/spill av material.

### 2.1 Litteraturstudie

I början på studien utförs en litteraturstudie för att skapa en djupare teoretisk förståelse i ämnet. Detta eftersom det är viktigt att bygga vidare på existerande forskning och skapa en god validitet i studien (Höst, Regnell et al. 2006). Det förhindrar även författaren att undersöka ett ämne som det redan har forskats kring samtidigt som det ger en bra grund för framtida studier att forska vidare på (Höst, Regnell et al. 2006).

En litteraturstudie anses vara tillämplig på ett arbete som är kopplat till en förundersökning där rapporten ska bygga vidare på tidigare fakta, analyser och ev. teorier (Alaraj, Andreasson 2012). Då det material som skall studeras finns framställt i skrift, bör även metoden vara kopplad till denna dokumentform. Dessutom kan ett erhållet resultat av en litteraturstudie bistå med framtida kunskap och material inom områden där det kan finnas luckor i dagsläget.

### 2.2 Fallstudie

En fallstudie genomförs på företagets tillverkningsanläggning i Småland. Genom att utföra en fallstudie kan en grundlig förståelse för hur en organisation arbetar nås. Fallstudier beskriver ofta ett specifikt fall som väljs ut med ett specifikt syfte, det är också möjligt att studera flera olika fall. Det görs inga liknelser i slutsatsen från detta fallet, den är inte generaliserbar med andra fall eftersom fallet valdes för ett specifikt syfte och inte slumpmässigt (Höst, Regnell et al. 2006). Metodiken i fallstudien är flexibel vilket gör att inriktningen på studien kan ändras under studiens gång, detta beror på att metoden är mestadels kvalitativ (Höst, Regnell et al. 2006).

Som ett komplement till fallstudien görs även ett besök på ett baltiskt företag som också producerar husmoduler. Företaget för studien köper husmoduler av det baltiska företaget som producerar samma produkt men även andra typer av husmoduler.

#### 2.2.1 Intervjuer

En gemensam datainsamlingsmetod inom fallstudier är intervjuer. Intervjuer kan vara öppna, halvstrukturerade eller strukturerade. Syftet med att genomföra en öppen intervju är att möjliggöra utforskning av ämnet till hands, medan halvstrukturerade och strukturerade intervjuer har i syfte att möjliggöra beskrivning av ett ämne (Höst, Regnell et al. 2006).

För den här studien genomförs endast en öppen intervju. När man genomför en öppen intervju, har intervjuaren utarbetat ett formulär med några öppna frågor. Frågorna kan formuleras annorlunda och frågas i varierande ordning från intervju till intervju. De öppna intervjuerna är kvalitativa. I en halvstrukturerad intervju förbereder intervjuaren både öppna frågor och fasta frågor med

svarsalternativ som är bundna till dem (Höst, Regnell et al. 2006). Alla intervjuer som genomfördes under studien spelades in för att säkerställa att ingen information försvann.

### **2.2.2 Observationer**

Under vistelsen i tillverkningsanläggningen görs observationer om hur företaget arbetar. Observationer är ett sätt att studera ett skeende för att notera vad som sker. Det finns två olika sätt att observera, deltagande observatör och passiv observatör (DePoy, Gitlin 1999).

En deltagande observatör agerar aktivt i forskningsmiljön för att lära sig miljön (DePoy, Gitlin 1999). Ofta inleds engagemanget med breda observationer för att beskriva vad som ska observeras (DePoy, Gitlin 1999). Den snävas sedan av för att uppnå förståelse om vad som beskrivits. En deltagande observatörs mål är att beskriva vad som händer, inte att tolka (DePoy, Gitlin 1999). Fördelen med detta observationssätt är att observatören får en bild om hur det verkligen är (Gubrium 1991). Förhållningssättet innebär att miljön kan beskrivas i termer som är mer relevanta än vad andra metoder tillåter (Gubrium 1991). Dock kan en nackdel vara att man tappar distansen till studieobjektet (Höst, Regnell et al. 2006).

Att vara en passiv observatör innebär att föra anteckningar medan miljön studeras, alltså inte delta (DePoy, Gitlin 1999). Tanken är att observatören ska agera som en kamera och inte störa den vardagliga miljön. Ofta tenderar observationerna och lyssnandet att förskjutas från de breda beskrivande observationer till mer specifik förståelse i det som observerats (DePoy, Gitlin 1999). En nackdel med att vara passiv observatör är risken att få för stor distans till miljön och inte riktigt släppas in i förståelsen av den vardagliga miljön (Höst, Regnell et al. 2006).

Under studiens gång kommer både passiva och deltagande observationer att ske för att få nyttja bådas fördelar.

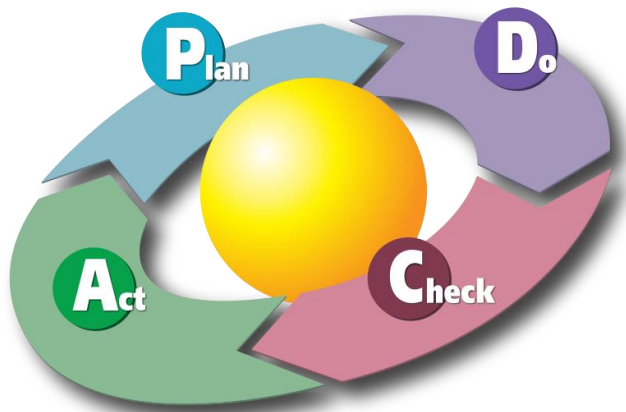
### **2.2.3 Arkivanalys**

En del av datainsamlingen i arbetet sker genom arkivanalys. Arkivanalys innebär att dokumentation tagits fram för något annat syfte än den aktuella undersökningen (Höst, Regnell et al. 2006). Under studiens gång har data från ett av moderbolagen samlats in, dels för att kunna skapa en korrekt bild av fabriken men också för att kunna göra en rimlighetsbedömning i litteraturstudien. I litteraturstudien presenteras andra företag och ofta har det valts stora aktörer men i vissa fall har det valts mindre aktörer främst för dess likhet till det studerade företaget.

## **2.3 Aktionsforskning**

Om man vill förbättra något samtidigt som man studerar det är aktionsforskning ett tillvägagångssätt. Metoden kan sammanfattas i följande påståenden från Holme et al. (1991): ”Forskaren deltar tillsammans med andra i lösningen av praktiska problem.” (Holme, Solvang et al. 1991) Samt ”Detta samarbete rörande det praktiska arbetet är också något som inbegriper både inlärning och forskning.” (Holme, Solvang et al. 1991). Arbetssättet innefattar ett kontinuerligt utbyte mellan utövare och deltagare när det gäller prognos, värdering av problematik, datainsamlingsprocess och bedömning av resultat (DePoy, Gitlin 1999). Att observera och utvärdera en miljö samtidigt innebär svårigheter med objektiviteten men genom att en extern person granskar arbetet bör studien ske opartiskt (Höst, Regnell et al. 2006). En aktionsstudie har liknelser med en fallstudie, det kan därför ses som en form av fallstudie (Höst, Regnell et al. 2006). Dock skiljer den sig från en fallstudie genom att metoden belyser lösningen och genomförandet av den som sedan är följt av utvärdering av lösningen (Höst, Regnell et al. 2006). Denna process blir iterativ, baserat på om utvärderingen anses godtycklig. Arbetssättet angränsar hur kvalitetsförbättring och processförbättring drivs. En generell metod för det är Shewart-cykeln som innehåller stegen Plan (planera), Do (gör), Check (studera),

Act/Adjust (lär), se Figur 1 (Höst, Regnell et al. 2006). Studien kan genomgå ett flertal cykler i Shewartmodellen.



Figur 1. Shewartmodellen som presenterar ett cirkulärt flöde av PDCA cykeln  
Källa: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7a/PDCA\\_Cycle.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7a/PDCA_Cycle.svg)

## 2.4 Kvantitativ och Kvalitativ data

Kvalitativa metoder innebär en grad av formalisering. Metoden syftar primärt till att förstå och fokuserar inte på att pröva om informationen har generell giltighet (Holme, Solvang et al. 1991). Det centrala blir att nå information på olika sätt och genom det få en djupare förståelse för problematiken samt kunna beskriva helheten av sammanhanget (Holme, Solvang et al. 1991). Metoden innebär en närhet till den källa informationen hämtas ifrån.

Kvantitativa metoder innebär mer struktur och formalia. Arbetssättet är i stor utsträckning präglad av kontroll från utövarens sida (Holme, Solvang et al. 1991). Metoden definierar vilka förhållanden som är av intresse utifrån frågeställningen, den avgör även vilka svar som är tänkbara (Holme, Solvang et al. 1991). Det läggs stor vikt på selektivitet och ett avstånd hålls ofta från informationskällan, vilket är nödvändigt för att genomföra de formaliserade analyser som krävs (Holme, Solvang et al. 1991). Statistiska mätmetoder används ofta för att skapa en varians i den kvalitativa informationen.

Studien syftar därför till att göra en triangulering om möjligt. Alltså att använda olika metoder och källor för att uppnå en mer heltäckande bild om vad som studeras.

### 2.4.1 Validitet

Validitet är kopplingen mellan vad man undersöker och vad man faktiskt mäter. Campbell och Stanley angav fyra olika aspekter av validitet i sitt verk, Intern validitet, extern validitet, statistisk validitet och begreppsvaliditet (Campbell, Stanley 1963). Intern validitet beskriver utövarens möjlighet att ge ett korrekt svar på frågeställningen (DePoy, Gitlin 1999). Extern validitet är möjligheten att generalisera resultaten (DePoy, Gitlin 1999). Statistisk validitet är styrkan att kunna dra slutsatser i studien (DePoy, Gitlin 1999). Begreppsvaliditet är i vilken grad de begrepp som utgör studiens grund har definierats på ett lämpligt sätt (DePoy, Gitlin 1999). Studien har utformats för att följa dessa fyra aspekter av validitet för att nå ett vetenskapligt giltigt resultat.

### 2.4.2 Reliabilitet

Med reliabilitet menas undersökningsdesignens stabilitet, vilket syftar till att studien ska kunna genomföras flertalet gånger utan avvikande resultat (DePoy, Gitlin 1999). För att studien ska kunna replikeras måste procedurerna, mätmetoderna och teknikerna för dataanalysen vara konsekventa, dokumenterade och lämpliga i relation till frågeställningen (DePoy, Gitlin 1999). Reliabiliteten

försvagas när, det är svårt att följa tillvägagångssättet, icke konsekvent utövare och designen ändras under studien (DePoy, Gitlin 1999). Det är oundvikligt att fel uppstår i insamlingen och bearbetningen men det åligger utövaren av studien att minimera påverkan av felen (Holme, Solvang et al. 1991). Studien syftar till tydligt redovisa metodik, visa konsekvent tänkande och transparens.

## **2.5 Litteraturinsamling och urvalskriterier**

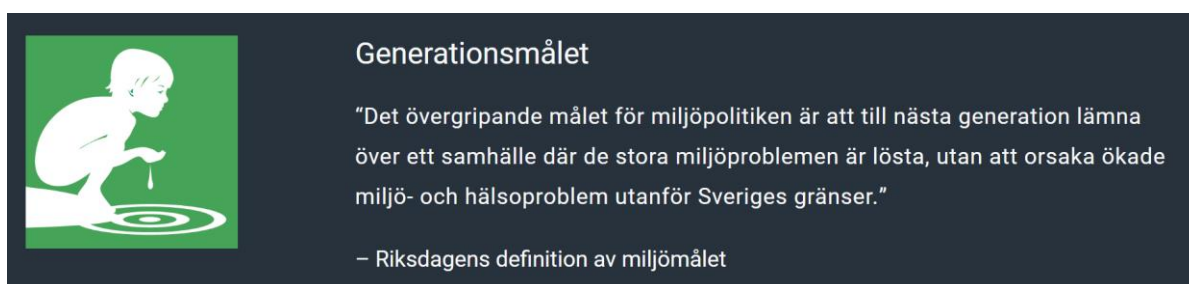
För att besvara de två första frågorna i frågeställning, insamlades det initialt en stor mängd data på området. Detta var både i form av teori och bakgrund på området, såväl som avfallsstatistik. Genomförandet bestod av eftersökningar på internet, där exempelvis databaser som LUBsearch, Google Scholar samt passande myndighetssidor, främst naturvårdsverket, utnyttjades. De dokument som framförallt eftersöktes på myndighetssidor var statistik och riktlinjer för avfall. Stor vikt lades således på vilka specifika sökord som användes i databaserna, detta för att erhålla den mest relevanta data som möjligt vid sökningarna.

Studiens vision var att endast använda statistik som var tio år gammal. Under studiens gång fick det justeras eftersom det var svårt att hitta relevant data och därför erhöles äldre statistik för att kunna bygga resonemang och skapa en uppfattning om ämnet.

## 3. Litteraturstudie

### 3.1 Hållbarhet

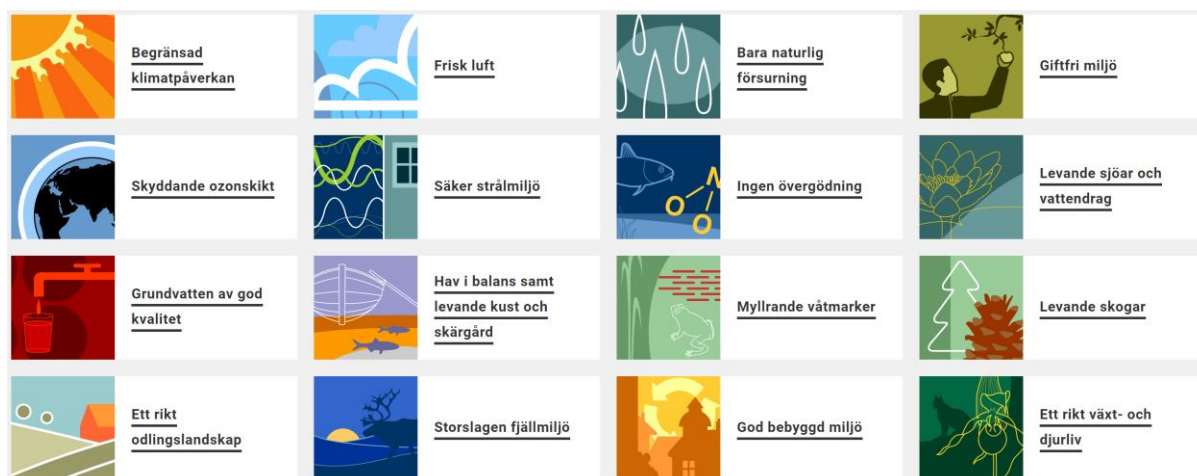
Idag lever genomsnittsvensken i ett ohållbart samhälle. Efter Silent Spring publicerades har människan sakta börjat förstå vad ohållbarhet verkligen betyder samt dess konsekvenser. För att säkerställa ett långsiktigt hållbart samhälle har Sveriges regering satt upp ett mål, Generationsmålet, se Figur 2 (Sveriges miljömål 2018).



Figur 2. Formulering av Sveriges Generationsmål.

Källa: <http://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/generationsmalet/>

Målet som definieras i bilden är mer en vision än ett mål eftersom det inte anses som ett SMART mål. Därför har Miljökvalitetsmålen även kallat, Sveriges Miljömål skapats, som ses i Figur 3. När alla punkter av Sveriges Miljömål anses uppfyllda kan Generationsmålet anses vara uppnått (Sveriges miljömål 1991).



Figur 3. Sveriges 16 miljömål.

Källa: <http://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/>

Miljömålen kan ses som de kategorier Sverige har ansett att Generationsmålet berör. Dessa mål ska lättare kunna mätas och följas upp, även om en del kan anses kluriga. För att avgöra om ett mål är på rätt väg finns Etappmålen (Naturvårdsverket 2018b). Etappmålen är milstolpar för vissa kategorier som indikerar på hur situationen ser ut, dvs. hur nära eller långt ifrån målet Sverige befinner sig. Ett exempel på ett etappmål är (Naturvårdsverket 2018b):

#### ”Ökad resurshushållning i byggsektorn

Insatser ska vidtas så att förberedandet för återanvändning, materialåtervinning och annat materialutnyttjande av icke-farligt byggnads- och rivningsavfall är minst 70 viktprocent senast år 2020.”

Generationsmålet definition liknar citatet som nämndes tidigare från Brundtlandsrapporten, de syftar likväl till samma sak. Brundtlandsrapportens definition inkluderar tre aspekter, Ekonomisk, Ekologisk och Social, något som Generationsmålet inte gör. I målet nämns endast den ekologiska aspekten, Sverige har dock många andra mål som också ständigt arbetas med, till exempel Agenda 30 (Regeringen 2018). I dessa mål återkommer hållbarhet i flera olika aspekter.

### **3.1.1 Triple Bottom Line**

Elkington (1994) strävade efter att mäta hållbarhet under mitten av 1990-talet genom att definiera en ny ram för att mäta prestanda inom företag. Denna redovisningsram, kallad Triple Bottom Line (TBL), gick utöver de traditionella mätmetoderna av vinst, avkastning på investeringar och aktieägarvärde för att inkludera miljömässiga och sociala dimensioner (Elkington 1994). Genom att fokusera på det långsiktiga resultat av prestanda längs dimensionerna av Vinst, Människor och Planeten, kan TBL-rapporteringen vara ett viktigt verktyg för att stödja hållbarhetsmålen (Slaper, Hall 2011). TBL är ett redovisningsramverk som innehåller tre dimensioner av prestanda: social, miljö och ekonomi, samma som Brundtlandsrapporten visade på. Detta skiljer sig från traditionella rapporteringsramar eftersom det innefattar ekologiska och sociala aspekter, vilket kan vara svårt att mäta på lämpligt sätt.

De tre dimensionerna har inte en gemensam måttenhet, vinsten mäts i pengar. Vad mäts socialt kapital i och vad gäller för miljö eller ekologisk hälsa? Att hitta en gemensam måttenhet är en utmaning. Vissa förespråkar en gemensam enhet för alla dimensioner av TBL, inklusive social välfärd eller miljöskador. Medan det hade varit en fördel att ha en gemensam enhet till exempel en valuta. Många menar att sätta ett pengavärde på våtmarker eller utrotningshotade arter är felaktigt på rent filosofiska grunder (Slaper, Hall 2011). Andra ifrågasätter metoden att hitta rätt pris för förlorade våtmarker eller utrotningshotade arter (Slaper, Hall 2011). Slaper & Hall (2011) menar att en annan lösning skulle vara att beräkna TBL i form av ett index. Detta sätt kan eliminera problemet med inkompatibla enheter bara det finns en allmänt accepterad redovisningsmetod tillåter man jämförelser mellan enheter, till exempel mellan företag, städer, utvecklingsprojekt eller någon annan riktlinje.

Ekonomiska variabler borde vara variabler som handlar om slutresultat och flödet av pengar (Slaper, Hall 2011). Den kan bero på inkomst, utgifter, skatter, företagsklimatfaktorer, sysselsättning eller affärsmodellens mångfald.

Miljövariabler bör representera mätningar av naturresurser och spegla potentiella influenser till dess lönsamhet (Slaper, Hall 2011). Det kan innefatta luft- och vattenkvalitet, energiförbrukning, naturresurser, avfall, giftigt avfall och markanvändning. Optimalt skulle vara långsiktiga trender för var och en av miljövariablerna som hjälper organisationer att identifiera vilka effekter ett projekt eller riktlinjer skulle ha på området (Slaper, Hall 2011).

Sociala variabler hänvisar till sociala dimensioner i en gemenskap eller region och kan inkludera mätningar av utbildning, eget kapital och tillgång till sociala resurser, hälsa och välbefinnande, livskvalitet och socialt kapital (Slaper, Hall 2011).

Det finns utmaningar med att sätta TBL i praktiken. Dessa utmaningar innefattar att mäta var och en av de tre kategorierna, hitta relevanta uppgifter och beräkna ett projekts eller riktlinjes bidrag till hållbarhet (Slaper, Hall 2011). Trots dessa utmaningar tillåter TBL-ramverket organisationer att utvärdera konsekvenserna av sina beslut från ett långsiktigt perspektiv.

## **3.2 Avfall**

Det uppstår stora mängder avfall från dagens samhälle till exempel rapporterade EU:s 28 medlemsländer in 2,5 miljarder ton avfall år 2014 (Naturvårdsverket 2018a). Som nämndes i inledningen uppkom 140 miljoner ton icke-farligt avfall i Sverige år 2016. Vilket betyder att Sverige



hamnar i topp tre av de länder som genererar mest avfall per invånare. En av anledningarna till Sveriges höga avfallssiffror är gruvindustrin som år 2016 genererade 110 miljoner ton icke-farligt avfall vilket motsvarar 77% av Sveriges totala icke-farliga avfall (Naturvårdsverket 2018a). I EU uppkom 1,6 miljarder ton mineralavfall, vilket motsvarar 65% av dess totala (Naturvårdsverket 2018a). Tyvärr är det inte möjligt att jämföra mineralavfall och gruvavfall eftersom byggbranschen utgör en del av mineralavfallet.

Det är vanligt att exkludera gruvavfall i avfallsrapporter eftersom det utgör en överlägsen majoritet av avfallet (Naturvårdsverket 2018a). Ofta berörs gruvavfallet i egna rapporter eller kapitel, Naturvårdsverket (2018a) skriver "...gruvavfallet är ett mycket specifikt verksamhetsavfall från en enda bransch som på grund av de stora volymerna dominerar de totala avfallsmängderna...". När mineralavfall exkluderas sjunker Sveriges siffra till 1,9 ton avfall per invånare, vilket betyder att Sverige inte längre är i topp tre utan hamnar på strax över EU:s genomsnitt på 1,7 ton avfall per invånare (Naturvårdsverket 2018a).

### 3.2.1 Byggavfall

Byggbranschen är efter gruvindustrin den bransch som bidrar till mest avfall. År 2016 var det 9,4 miljoner ton icke-farligt avfall, vilket utgör nästan 32% av Sveriges avfall exkluderat gruvavfallet (Naturvårdsverket 2018a). Byggbranschen inkluderar även rivning och anläggningsverksamhet vilket är en anledning till den stora uppkomsten avfall. Av dessa nästan 9,4 miljoner ton avfall utgör jordmassor en majoritet på 5 miljoner ton, följt av mineraliskt och blandat bygg och rivningsavfall på 2,4 miljoner ton, muddermassor på 1,4 miljoner ton, träavfall på 0,43 miljoner ton och slutligen övrigt icke-farligt avfall på 0,28 miljoner (Naturvårdsverket 2018a).

I termer av vikt utgör tegelsten och betong den överlägset största potentialen för återvinning inom byggsektorn (Emmanuel 2004). Detta har fått stöd av resultat vars omfattande forskning som utförts i USA, Storbritannien, Kina, Brasilien, Korea och Hongkong, som jämförde typer och volymer av byggavfall i dessa länder (Chen, Li et al. 2002). Det har identifierats sju olika typer av avfall av författarna från en studie i Storbritannien: tegel, block och murbruk (33%), timmer (27%), förpackning (18%), Gipsskivor (10%), metaller (3%), specialavfall (1%) och annat avfall 10% (Coventry, Shorter et al. 2001). Typen och sammansättningen av on-site-avfall är emellertid mycket varierande beroende på den använda byggtekniken. Till exempel kommer det att finnas väldigt lite betongavfall och virke om förgjutna betongelement används (Poon, Yu et al. 2001);(Mália, de Brito et al. 2013).

År 2013 publicerades en metastudie av Mália & Brito et al. (2013) där författarna samlade ihop all detaljerad data de kunde hitta om avfall som uppstår i byggbranschen. 26 olika byggprojekt inkluderades och syftet var att etablera riktlinjer för myndigheter, byggnadsägare, entreprenörer, för kontroller, planering och budgetförslag. Mália & Brito et al. (2013) delar upp statistik för nya byggnader, rivning och renovering, efter det delas varje kategori beroende på vilket användningsområdet det är, bostäder eller icke-bostäder. Detta resulterar i 6 olika kategorier varav en är av speciellt intresse, nybyggnationer av bostäder. Indelningen i Figur 4 har skett per byggnadsstruktur, trä och förstärkt betong. Efter insamling av data har Mália & Brito et al. (2013) konstaterat att nybyggda bostäder hamnar i ett spann av 10–39 kg avfall per bruttoarea (BTA) för trähus och 44-115 kg avfall per BTA för förstärka betonghus. Efter att ha sammanställt avfall per BTA för de olika kategorierna rangordnades kategorierna från ett till sex, beroende på mängd producerat avfall. Nybyggnationer producerade minst avfall, varav nybyggda bostäder fick en sexa och nybyggda icke-bostäder fick en femma. Sedan rankades renovering som tre respektive fyra och rivning som ett respektive två.

EWC code	New residential construction					New non-residential construction				
	Type of building structure				Confidence degree	Type of building structure				Confidence degree
	Undefined	Timber	Reinforced concrete	Masonry		Undefined	Timber	Reinforced concrete	Masonry	
17 01 01 (Concrete)	-	0.3-1.9	17.8-32.9	-	Weak	-	-	18.3-40.1	-	Weak
17 01 02 (Bricks)	-	0.5-0.8	19.2-58.6	-	Weak	-	-	15.6-54.3	-	Weak
17 01 03 (Tiling, roof tiles and ceramic materials)	-	-	1.7-3.2	-	Bad	-	-	0.4-3.2	-	Weak
17 01	-	0-2	40-102	-	Fair	-	-	32-113	-	Fair
17 02 01 (Timber)	-	5.6-17.9	2.5-6.4	-	Good	-	4.7-10.7	1.7-5.4	-	Good
17 02 02 (Glass)	0.0-0.3	-	-	-	Bad	0.0-0.8	-	-	-	Bad
17 02 03 (Plastics)	0.1-0.8	-	-	-	Weak	0.3-1.9	-	-	-	Weak
17 03 02 (Bituminous mixtures)	0.4-2.6	-	-	-	Bad	0.7-6.6	-	-	-	Weak
17 04 07 (Metal mixtures)	-	0.1-0.9	0.9-3.9	0.2-2.6	Fair	-	0.2-2.9	1.0-7.2	0.1-2.6	Fair
17 06 04 (Insulation materials)	0.1-1.2	-	-	-	Weak	0.1-1.5	-	-	-	Weak
17 08 02 (Gypsum-based construction materials)	-	2.4-7.2	3.7-7.6	-	Good	-	0.5-3.4	2.6-6.3	-	Good
17 09 03 (Construction and demolition waste containing hazardous substances)	0.02-0.33	-	-	-	Bad	0.01-0.74	-	-	-	Weak
Total	-	10-39	44-115	-	Good	-	12-41	48-135	-	Good

Figur 4. Metastudie av Mália & Brito et al. (2013) där de visar på att olika typer av byggnader och olika byggmaterial genererar olika mängder avfall.

Källa: [http://journals.sagepub.com/na101/home/literatum/publisher/sage/journals/content/wmra/2013/wmra\\_31\\_3/0734242x12471707/20160906/images/large/10.1177\\_0734242x12471707-table4.jpeg](http://journals.sagepub.com/na101/home/literatum/publisher/sage/journals/content/wmra/2013/wmra_31_3/0734242x12471707/20160906/images/large/10.1177_0734242x12471707-table4.jpeg)

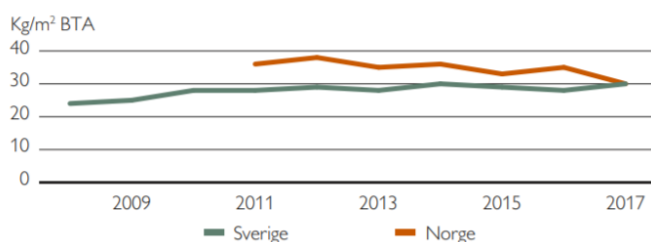
RE:SOURCE (2018), en projektgrupp med aktörer som Lunds universitet, Skanska, NCC, två kommuner från Skåne och Hållbar Utveckling Skåne, menar på att kg avfall per BTA bör vara en gemensam måtenhet för byggbranschen. Dock påpekar de att det viktigaste är att alla räknar på samma sätt som möjliggör jämförelser.

Enligt RE:SOURCE (2018) påverkar konstruktionstyp, byggnadstyp och byggnadssätt mängden och typen av avfall som uppstår samt återvinnbarheten av materialet. Detta gör det svårt att jämföra olika nybyggnationer eftersom till exempel betong väger mer än trä. Vanligtvis resulterar nybyggnationer i 30 kg avfall per BTA medan vissa byggen endast genererar 10 kg (RE:SOURCE 2018).

Upphandlingsmyndigheten ställer förslag på ett krav som lyder att avfallet för traditionellt bygge inte får överstiga 20 Kg/BTA exklusive rivningsavfall. Dock hänvisar dem att normalt sätt uppstår 25-30 Kg/BTA byggrelaterat avfall. Upphandlingsmyndigheten menar på att det finns byggen som inte genererar mer än 10 Kg/BTA medan vissa anser att 20 Kg/BTA är ett tufft krav (Upphandlingsmyndigheten 2012).

JM AB har haft en ambitiös måluppsättning under de senaste 15 åren där målen till år 2010 var att minska kg avfall per BTA till under 13 Kg/m<sup>2</sup> (Freese 2011). I JM:s årsredovisning från 2017 kan det utläsas att vissa mål har fått redigeras eller omformuleras (JM AB 2018). Deponiavfall mäts numera i procent av totalt avfall samt att vissa mål har ändrats. I Figur 5 kan det utläsas hur JM:s avfall per BTA har förändrats från 2008 till 2017. Två olika trender visar sig för Sverige och Norge, där JM Sverige sakta ökar sitt avfall medan JM Norge sakta minskar sitt. 2017 hade båda länderna i snitt 30 kg avfall per BTA.

### 2017: Sverige 30, Norge 30 kg/m<sup>2</sup> BTA.



Figur 5. kg avfall per BTA genererat av JM AB från 2008 till 2017.

Källa: <http://mb.cision.com/Main/1261/2471671/805252.pdf>

JM har delat upp sina mål till verksamhetsmål (delmål) och långsiktig målsättning. JM vill minska total mängd byggavfall till 15 kg per BTA till 2021 och 5 kg per BTA till 2025 (JM AB 2018).

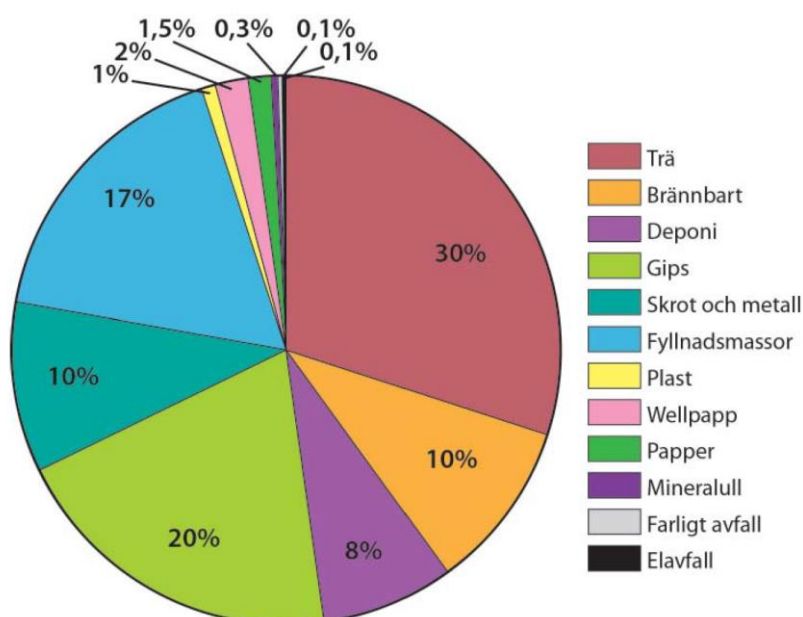
Studiens företag mäter inte i avfall per BTA som JM gör, vilket gör att det blir svårare att hitta ett medeltal för företagets byggen. Ett kandidatarbete från Uppsala Universitet har gjort en studie och beräknat avfall per BTA för två projekt, se nedan (Blomqvist, Ledje 2017). Det framgår inte vilket byggmaterial som utgör stommen för projekten och därför går det inte att jämföra rakt av, dock används det för att skapa en uppfattning för hur mycket svenska byggprojekt genererar.

Projekt A: 40,1 Kg/m<sup>2</sup>

Projekt B: 32,3 Kg/m<sup>2</sup>

### 3.2.2 Andel avfall

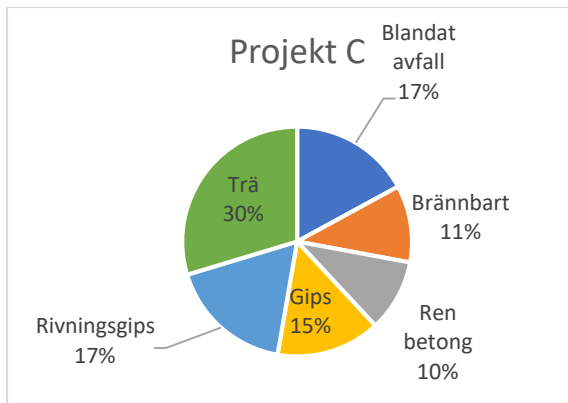
Vilket typ av avfall och vilka fraktioner som används beror på ett flertal saker. Figur 6 visar ett genomsnittligt förhållande mellan avfall från ett antal olika byggen. Varje byggprojekt är ofta unikt och därför blir det också en speciell fördelning av avfallet. Några faktorer som spelar roll är vilken typ av byggnad det är, stommen och tillgänglig yta för avfallshantering (Fredriksson, Höglund 2012).



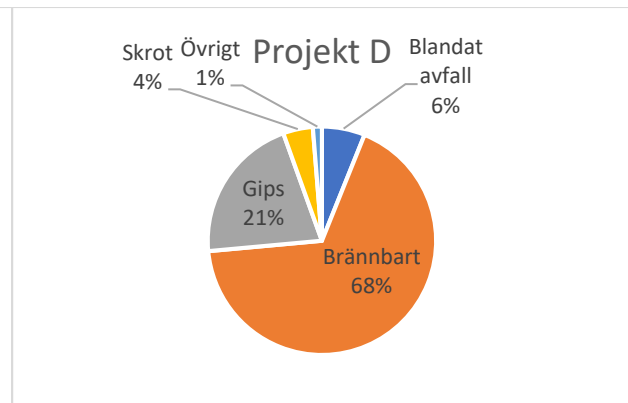
Figur 6. Genomsnittlig fördelning mellan olika typer av avfall vid nyproduktion. Fördelningen är beräknad utifrån ett antal olika byggen

Källa: <https://www.regeringen.ax/sites/www.regeringen.ax/files/attachments/page/att-minska-byggavfallet.pdf>

Det har erhållits data från ett av bolagen som äger studiens företag. De har skickat data om förhållanden mellan avfallet från två av deras byggen varav båda blev färdiga under 2018, se Figur 7 och Figur 8. Projekt C har 19,1 kg avfall per BTA och projekt D har 15,9 kg avfall per BTA. Dock är det inte hela bygget utan endast vad som uppkom på byggarbetsplatsen. Den data som presenteras i Projekt C och D kan inte garanteras vara genomsnitt eller utvalda på måfå. Det bör därför inte representera hela företaget utan mer enstaka projekt. Projekt C och D är flerbostadshus och båda byggen har moment med prefabricering. Projekt C har en stomme med hög grad av prefabricering i betong, ytterväggarna var nästan helt prefabricerade. I Projekt D var halva stommen prefabricerad med stora inslag av prefabricering i det resterande bygget.



Figur 7. Visar förhållandet mellan avfallen i projekt C.



Figur 8. Visar förhållandet mellan avfallen i projekt D.

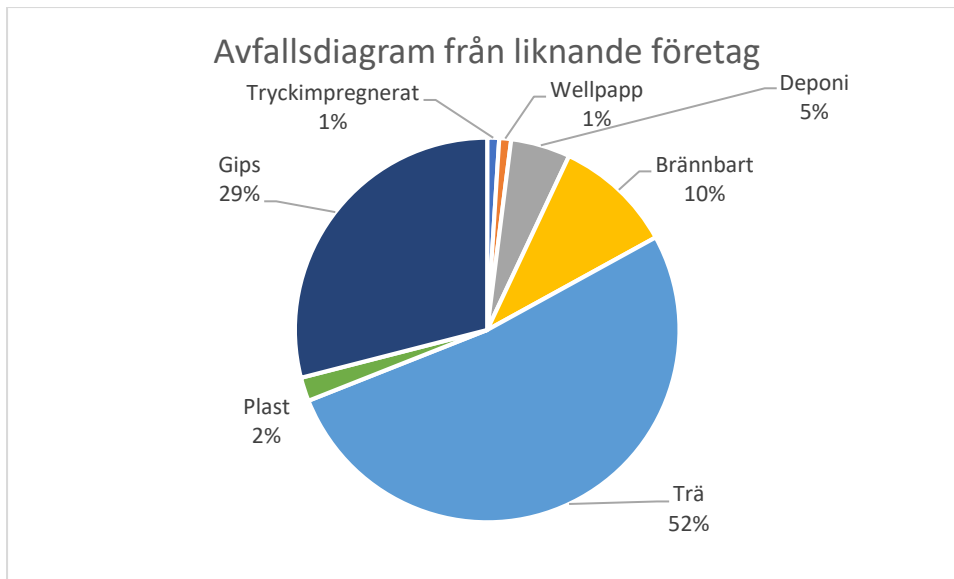
Brännbart fraktionen har i båda fallen utgjort 10% av den totala vikten. För att kolla närmre vad fraktionen egentligen består av har en undersökning gjorts internt hos företaget där följande siffror presenteras, se Figur 9.



Figur 9. Det brännbara avfallets komposition från företaget som äger fallstudiens fabrik. Källa: Moderbolagets interna siffror.

Från Figur 9 framgår det att det ofta redan finns fraktioner för de beståndsdelar som hamnar i fraktionen brännbart. Varpå mineralull, gips och betong inte alls ska förekomma i fraktionen.

Det finns ett liknande företag som också producerar moduler men istället för att bygga flerbostadshus bygger de vanliga hus. De bygger också i trä precis som företaget i den här studien. Genom att jämföra liknande företag kan en bild skapas om avfallets fraktioner är detsamma mellan företagen eller om det finns skillnader. I Figur 10 ses vad avfallet består av från liknande företag år 2017:



Figur 10. Förhållandet mellan avfallsfraktionerna för liknande företag år 2017.

### 3.2.3 Slöseri av inköpsmaterial

Inom byggindustrin uppstår olika typer av avfall beroende på vad byggarbetet innebär. Mália & Brito et al. (2013) skrev, som tidigare presenterades, att en uppdelning beroende på byggnadsstruktur kan anses vara smidigt eftersom rivningsmaterial och mineralavfall inte är jämförbart med avfall från nybyggnationer. Vid rivningsarbeten är det i princip oundvikligt att generera avfall eftersom stora mängder av materialet inte kommer kunna användas igen. Till skillnad från nybyggnationer där materialet ofta är direkt från leverantören och prima kvalitet. Att minimera avfallet från inköpsmaterialet är av intresse, både ur en ekonomisk och ekologisk aspekt. Allt avfall som uppstår från inköpsmaterialet kan anses som slöseri av resurser.

Pinto och Agopyan (1994) rapporterade att byggprojekt i Brasilien slösade bort 20-30% av vikten av det totala byggmaterialet på byggarbetsplatsen. Dessutom visade Bossink och Brouwers (1996) att i Nederländerna går 1-10% av det inköpta byggmaterialet till avfall vilket resulterar i att ett totalt genomsnitt på 9% av inköpt material blir avfall. Guthrie et al. (1998) rapporterade att minst 10% av allt material som levereras till brittiska byggarbetsplatser är bortkastat på grund av skador, förlust och överbeställning. Enligt Lindhe (1996) är medelvärdet av spill för gips och isolering ca 10%, det finns dock tvetydigheter angående andelen. En rapport gjord inom Stockholms landsting menar att 20-50 % av levererat gips blev avfall (Fredriksson, Höglund 2012).

## 3.3 Avfallstrappan

Genom Avfallsdirektivet (2008:98:EG) skapade EU en krav för varje medlemsland att införa en avfallsplan i landets lagstiftning (EU 2008). För Sveriges del infördes direktivet år 2011 där tre äldre versioner ersattes (Naturvårdsverket 2017). Avfallsförordningen berörde en del nya definitioner, till exempel som vad som anses som avfall, restprodukt och biprodukt (Naturvårdsverket 2017). En grundpelare i Avfallsdirektivet är avfallshierarkin, en lista som visar prioriteringsordningen för hur politik och lagstiftning genomförs (Naturvårdsverket 2017).



Figur 11. Avfallshierarkins fem olika steg.

Källa: <https://www.naturskyddsforeningen.se/skola/energifallet/faktablad-avfallstrappan>

Som ses i Figur 11 följer avfallshierarkin följande ordning: Minimera, Återanvända, Återvinna, Utvinna energi och sist deponera (Avfall Sverige 2018). Varje steg i avfallstrappan är ett steg uppåt i produktens livscykel, vilket ofta ur ett livscykelperspektiv, bidrar till en minskad utsläppsmängd. Det översta steget, Minimera, innebär att tillkomsten av avfallet undviks och ingen miljöpåverkan uppstår. Steget därefter, Återanvända, syftar till att använda en använd produkt igen för att förebygga att en ny uppstår. Följande steg, Återvinna, anspelar på att sorterat material används som resurs istället för jungfrumaterial. Steget efter, Utvinna energi, lägger fokus vid att förbränna avfallet i en förbränningsanläggning för utvinning av energi. Sista steget, Deponera, används när inget annat alternativ är aktuellt och innebär att avfallet ska deponeras (Avfall Sverige 2018).

### 3.3.1 Återanvända

Att återanvända innebär att ett föremål som anses förbrukad används igen, det används för att åstadkomma samma funktion som föremålet är avsedd för (Avfall Sverige 2018). Det finns även andra tolkningar som att föremål kan användas igen till ett annat syfte än tidigare tänkt.

EU:s ramdirektiv för avfall definierar materialåteranvändning i artikel 3.14 som (EU 2008):

”varje förfarande som innebär att produkter eller komponenter som inte är avfall återanvänds i samma syfte för vilket de ursprungligen var avsedda”.

### 3.3.2 Återvinning

Återvinning eller materialåtervinning innebär att primärt material, kallat jungfrumaterial ersätts med material som återvunnits. Att återvinna betyder att separera olika material för att sedan återanvända dem. Genom att öka materialåtervinningen minskar åtgången av jordens resurser och påverkan på miljön (Sysav 2018).

EU:s ramdirektiv för avfall definierar materialåtervinning i artikel 3.17 som (EU 2008):

”varje form av återvinningsförfarande genom vilket avfallsmaterial upparbetas till produkter, material eller ämnen, antingen för det ursprungliga ändamålet eller för andra ändamål; det omfattar upparbetning av organiskt material men inte energiåtervinning och upparbetning till material som ska användas som bränsle eller fyllmaterial”

Minskad användning av jungfrumaterial, energibesparingar och mindre avfall till deponi är några fördelar med materialåtervinning. Hur det återvunna materialet används beror på materialet tekniska egenskaper, till exempel degradering, livsspann men beror också på marknadsmekanismer och administrativa styrmedel.

### 3.3.3 Avfalls management

EU:s ramdirektiv för avfall samt Sveriges avfallsplan trycker på att förebygga mängden avfall som uppstår och inte bara ta hand om avfallet på ett miljöriktigt sätt. Bygg- och rivningsavfall är enligt Sveriges avfallsförebyggande program utpekade som ett prioriterat område (Naturvårdverket 2015). Direktivet innehåller mål som Sverige och EU:s medlemsstater ska uppfylla. Ett mål är att minst 70% av det icke-farliga bygg och rivningsavfallet återvinns senast 2020 (Naturvårdverket 2015). Den nationella avfallsplanen poängterar ett flertal åtgärder som branschen behöver utföras, bland annat att kontinuerligt uppdatera branschens riktlinjer enligt kraven på förebyggande och återanvändning samt distinkta krav på inventering och avfallshantering (Naturvårdverket 2015).

En genomförd forskning av Gamage et al. (2009) om byggavfallssystem visade att avfallskällor faller under fyra huvudteman: okoordinerad tidig inblandning av projektintressenter, ineffektiv projektkommunikation och samordning, oklar ansvarsfördelning och inkonsekvent upphandlingsdokumentation.

Vidare har det beräknats att 33% av avfallet beror på att arkitekter inte har avfall som en aspekt när designen sker (Innes 2004). Minimering av byggavfall genom design är dock komplicerat eftersom byggnaderna utgör ett stort antal material och processer. Osmani et al. (2006) rapporterade att, "avfall accepteras som oundvikligt", "dålig definierat ansvar" och "brist på utbildning" är avfallsproblem som uppstår för arkitekterna när de arbetar.

Osmani (2011) skriver att den nuvarande och pågående forskningen i byggsektorn inom minimering av avfall kan i stor utsträckning kategoriseras i följande 13 delar:

1. Kvantifiering och ursprungskälla av byggavfall.
2. Strategier för minimering av upphandling av avfall.
3. Designa bort avfall.
4. Sorteringsmetoder och tekniker på byggarbetsplats för byggnadsavfall.
5. Utveckling av modeller för insamling av data, inklusive avfallshantering och kartläggning av avfall för att hjälpa till med hantering av avfall på plats.
6. Utveckling av revisions- och utvärderingsverktyg på plats.
7. Påverkan av lagstiftningen om avfallshantering metoder.
8. Förbättringar av metoder för hantering av avfallshantering på plats.
9. Återanvändning och återvinning under byggandet.
10. Fördelar med minimering av avfall.
11. Minimeringsmanualer för avfall, inklusive riktlinjer för designers.
12. Attityder mot minimering av byggavfall.
13. Jämförande avfallshandlingsstudier.

Dessutom har verktyg, modeller och tekniker, som SMARTWaste i Storbritannien och WasteSpec i USA, utvecklats för att hantera och förbättra avfallsgenerering på byggarbetsplatsen och bedöma de tillhörande kostnadsimplikationerna (Osmani, Mohamed 2011, Solís-Guzmán, Marrero et al. 2009). Dessa verktyg, som underlättar granskning på plats, avfallshantering och kostnadsanalys, hanterar avfall som redan producerats.

Följaktligen är det otillräcklig ansträngning och ostrukturerat tillvägagångssätt vid avfallskällan som ursprunget till avfallet (Osmani, Mohamed 2011). Det finns en allmän konsensus att designändringar under driftsaktiviteter är en av de största anledningarna till byggavfall (Bossink, Brouwers 1996, Osmani, Mohamed, Glass et al. 2008).

## 3.4 Att minimera avfall

Avfall har ofta hanterats med ”end of pipe” lösningar som på något sätt renat avfallet. Självklart är det miljövänligt att fördela avfallet i fraktioner som sedan kan behandlas på olika sätt beroende på vad de innehåller. Problemet är att avfallet redan har uppstått, även om olika ämnen separeras i olika kategorier kommer mängden avfall fortfarande vara densamma. Att modifiera kärnprocessen är ett ingrepp som kan minska men även öka mängden avfall. Ur ett miljöperspektiv är det ofta gynnsamt att minska avfallet genom att förbättra resursanvändningen, vilket också ofta är gynnsamt ur en ekonomisk aspekt.

### 3.4.1 Lean

I många företag förekommer olika former av slöseri bland annat genom lager, transport och avfall. För att möta en hårdare konkurrens på arbetsmarknaden behöver företagen optimera sin organisation på bästa sätt. Att minska kostnader är ett effektivt sätt att öka i vinst. Ett annat sätt är att sälja mer produkter eller att öka produktens kvalitet. Genom att optimera resursanvändningen går det både att minska kostnader och att öka produktens kvalitet. Ett angreppssätt för att förbättra resursanvändningen är Lean tankesättet (Liker 2004). Lean är en filosofi som hjälper företag att nå sina mål på ett strukturerat sätt (Liker 2004).

Uttrycket Lean, även Lean Production, härstammar från Toyota Production System (TPS) och har bidragit till biltillverkningsföretagets framgång (Liker 2004). Konceptet är att eliminera allt som inte skapar värde och ständigt sträva efter förbättring. Även om idén startade i bilindustrin är filosofin branschöverskridande och återfinns i många tillverkningsbrancher, varje bransch anpassar filosofin efter sin produktion och tillverkning (Liker 2004). Detta gör att Lean ständigt utvecklas och förbättras, dock återfinns det samma principer i Lean oavsett bransch. Enligt Liker (2004) utgör Muda, Muri och Mura grundpelarna i Lean Production. Liker (2004) beskriver de japanska uttrycken på följande sätt:

- Muda syftar till att minimera avfall inom ett produktionssystem utan att förlora produktivitet.
- Muri syftar till att avlägsna överbelastning i produktionen.
- Mura syftar till att eliminera spill av resurser genom variation i produktionen.

Dessa tre grundprinciper genomsyrar denna kvalitetsfilosofi.

### 3.4.2 Begrepp

#### 3.4.2.1 Slöseri

Enligt Toyota Production System (TPS) bör man alltid utgå ifrån kundens perspektiv. Den första frågan som ställs i en applicering av TPS är ”Vad vill kunden få ut av denna process?”. Det inkluderar interna (till exempel de i nästa processteg) samt externa kunder. Svaret på frågan definierar värdet i processen. Allt annat i processen är icke-värde-tillförande och det kan ses som slöseri (Liker 2004).

Toyota identifierade sju olika slöserier, sedan har en tillkommit (Liker 2004):

1. Överproduktion – producera varor som inte har någon kund än, bidrar till onödigt mycket personal, lager och transporter.
2. Väntande – personal som väntar på föregående/nästa processteg, maskin, verktyg och material eller förseningar, reparationer och flaskhalsar.
3. Onödig transport – förflytta pågående arbete långa distanser, skapa ineffektiv transport eller att flytta material, delar eller färdiga komponenter in eller ut ur förvaring eller mellan processer.



4. Överarbete – tillföra onödiga steg/processer till varan. Ineffektivt arbete pga dåliga verktyg och design som resulterar i onödiga rörelser och defekter. Slöseri uppstår också genom att leverera högre kvalitet än vad som krävs.
5. Lager – Överskott av material, pågående arbete eller färdigt material som leder till längre ställtider, skadade produkter, transport eller lagerkostnader och förseningar. Extra inventarier kan också dölja problem som obalans i produktionen, sena leveranser, defekter och ställtider.
6. Onödig rörelse – all rörelse inom personalen som inte är värdeskapande till exempel. leta, sträcka och stapla delar eller verktyg. Gång klassas också som onödig rörelse.
7. Defekter – produktion av bristande produkter. Reparationer eller omarbeta, ersättningsproduktion och inspektion betyder onödig handling, tid eller kraft.

7+1. Outnyttjad personalkreativitet - förlorad, idéer, färdigheter, förbättringar och undervisande möjligheter genom att inte engagera eller lyssna till personalen.

Toyota var mycket sparsam med överproduktion, speciellt efter att ha besökt Henry Fords bilfabriker i USA där Toyota ansåg att Ford överproducerade (Liker 2004). Det största slöseriet anses därför vara överproduktion eftersom det genererar många av de andra slöserierna.

### 3.4.2.2 Standardisering

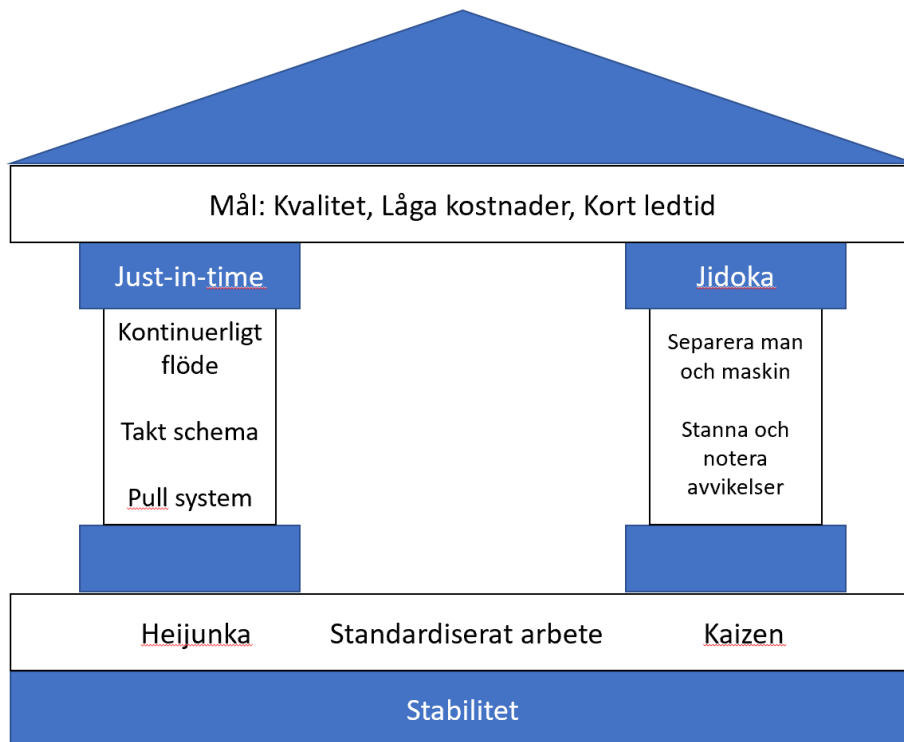
Att standardisera utgör grunden i TPS varpå den fundamentala värderingen från Lean-filosofin är hämtad (Bergman, Klefsjö 2012). Genom att ha ett standardiserat arbetssätt är det möjligt att upprätthålla pålitliga arbetsprocesser som levererar en produkt till rätt kvalitet. Syftet med arbetssättet är att minimera variationer i processer och på det sättet försäkra att processerna genomförs exakt likadant gång på gång. Att skapa en stabilitet som sedan uppföljs av en standard som ständigt förbättras skapar en ständigt förbättrande miljö.

### 3.4.2.3 Ständiga förbättringar

Ständiga förbättringar eller Kaizen som det kallas inom Lean syftar till att sträva mot ständiga förbättringar. Ett sätt att ständigt jobba med förbättringar är genom PDCA som presenterades i Figur 1. Shewart-cyklen kan ses som en förenklad variant av hur Kaizen är tänkt att fungera. Suárez-Barraza, Ramis-Pujol et al. (2011) menar att Kaizen kan ses ur tre olika perspektiv, Management Philosophy, Total Quality Management och Kaizen Principles. Det första perspektivet menar att Kaizen är en managementfilosofi som genomsyrar organisationen och är underliggande i företagets värderingar och kultur (Suárez-Barraza, Ramis-Pujol et al. 2011). Det andra perspektivet ser Kaizen som ett moment av tre i Total Quality Management, var på det andra är kundorientering och grupparbete (Suárez-Barraza, Ramis-Pujol et al. 2011). Författarna menar på, sett ur detta perspektivet, att det alltid utgör ett steg i kvalitetsförbättringar. Det sista perspektivet menar att Kaizen ligger som en teoretisk princip för olika förbättrings-metoder och tekniker (Suárez-Barraza, Ramis-Pujol et al. 2011). Tanken med Kaizen ur detta perspektiv är att minska avfall/spill. Dessa tre perspektiv kompletterar varandra och skapar en tanke om vad Kaizen innebär (Suárez-Barraza, Ramis-Pujol et al. 2011).

### 3.4.3 Lean-huset

Grunden i tankesättet Lean kan också illustreras i form av ett hus, The House of Lean som i grunden kommer från The Toyota Production System, se Figur 12 (Liker 2004).



Figur 12. Toyota Production Systems hus eller Lean-huset där olika moment bygger upp varandra för att styrka varandra och uppnå ett slutgiltigt mål.

Källa: <https://www.whatislean.org/wp-content/uploads/2016/11/toyota-house-production-system-lean.gif>

Grunden i Figur 12 utgörs av Stabilitet, utan stabilitet i processerna är det inte möjligt att implementera Lean i produktionssystemet. Golvet utgörs av standardiserat arbete, medarbetarna utför samma arbetsuppgifter, i samma ordning, med samma verktyg och på exakt samma sätt (Liker 2004). Detta syftar till att minimera risk för avvikelser samt bidrar till en förenklad felsökning om avvikelser uppstår. Heijunka syftar till att stabilisera arbetstakten, genom att undvika variationer i produktionstakten bidrar det till att minska avvikelserna och därmed öka standardiseringen (Liker 2004). Kaizen syftar här till att sträva mot ständiga förbättringar, när avvikelser sker, felsöks defekten och åtgärder vidtas för att förhindra uppståndelsen av att defekten sker igen (Liker 2004). Heijunka och Kaizen kan ses som verktyg för ett mer standardiserat arbete. Genom dessa verktyg kan ledtider i produktionssystemet minskas samt att toppar och dalar i arbetstakten planas ut för att ha ett optimalt flöde i processen (Liker 2004).

De två pelarna i Figur 12, Just-In-Time och Jidoka skapar väggen i Lean-huset. Just-In-Time (JIT) syftar till att endast producera/köpa det som är beställt och därigenom aldrig överproducera (Liker 2004). Genom att få leveranser av produkter direkt när det ska användas minskar behovet av lager. Jidoka är en samverkan mellan maskin och människa som syftar till att identifiera defekter/avvikelser vid tidigaste stadiet (Liker 2004). Om maskinen upptäcker en defekt stoppas den automatiskt, operatören stannar produktionskedjan och åtgärdar defekten. Genom detta arbetssätt åtgärdas felet vid tidigaste stadiet och onödigt arbete läggs inte på en defekt produkt. Arbetssättet säkrar kvalitén i processen därför kan det ses som ett kvalitetssäkringssystem.

Taket representerar visionen med systemet som kan vara bästa kvalitet, lägst kostnader, kortast ledtid eller mindre avfall. Det kan givetvis finnas andra mål som bäst säkerhet, lägsta produktpris eller bättre delaktighet. Inuti huset befinner sig personalen, på en grund av standardisering och genom olika verktyg och metoder driver de företaget mot deras vision.

### 3.4.4 Verktyg

Det finns ett antal verktyg som används inom Lean filosofin, de används för att eliminera spill/avfall, jämna ut produktionen och minska variationen. Bozarth & Handfield (2016) säger att för att nå fullt värde och kvalitet finns det fyra punkter en organisation behöver fokusera på:

- Förstå vilka dimensioner som är viktigast för kunden.
- Utveckla produkter och tjänster som möter användarens krav.
- Implementera affärsprocesser kapabla till att möta specifikationer drivna av kundens krav.
- Verifiera att affärsprocesserna verkligen möter specifikationerna.

#### 3.4.4.1 Total Quality Management

Total Quality Management (TQM) är en managementmetod som berör hela organisationen och täcker alla kvalitetsdimensioner som är viktiga för kunden. TQM är en affärsfilosofi som är centrerad runt sju kärnidéer (Bozarth, Handfield 2016):

Kundfokus, Ledarskapsintresse, Kontinuerlig förbättring, Personalbefogenhet, Kvalitetsgaranti, Leverantörsrelationer och Strategisk kvalitetsplanering.

#### 3.4.4.2 Supply Chain Management

Supply Chain Management (SCM) är att dela information och hantera resurser för att eliminera spill inom affärsprocessen (Wong 1999). SCM omfattar planering och hantering av all verksamhet som är inblandad i inköp och upphandling, konvertering och alla logistikhanteringsaktiviteter (Wong 1999). Det omfattar även samordning och samarbete med partners, vilket kan vara leverantörer, mellanhänder, tredjepartsleverantörer och kunder (Wong 1999). Inom byggbranschen ökade intresset för SCM när spill och slöseri uppmärksammades mer. Inom den traditionella byggbranschen har Supply Chain storartad vikt när det kommer till att säkra byggets kvalitet. Detta beror på byggprojektets många aktörer och flöden som måste samordnas för att säkerställa kvaliteten, säkerhet, leveransdatum och kostnad (Wong 1999).

#### 3.4.4.3 Visual Management

Visual Management är en princip som syftar till att synliggöra arbetsprocesserna samt de problem som uppstår. Enligt Al Smadi (2009) syftar principen till tre saker:

- Synliggör problem. Genom att utse upptäckaren till problemet som ansvarig, sker rapporteringen snabbare, samt vetskapen att ignorera problemet leder till ännu mer problem senare. Att synliggöra defekter/problem som uppstår medför en visualisering för personalen som lättare kan lösa det.
- Håll kontakt med verkligheten. När processprestanda görs transparent, vanligtvis genom dokumenterad prestanda (dvs. tydlig visning av listor, resultatprestanda, försäljningsvolym, produktionsfigur, återkommande problem, kundklagomål osv.), arbetar personalen mer förankrat till verkligheten. Att personalen begriper vad som mäts och varför underlättar i processerna eftersom varningssignaler uppstår tidigare.
- Ställ mål. Det tredje syftet med visuellt management är att ställa mål för regelbundna förbättringsnivåer. Personalen blir då medvetna om ledningens förväntningar och en gemensam bild kan ta form.

#### 3.4.4.4 5S

5S metoden syftar enligt Liker till att minimera slöseri genom fem punkter (Liker, Erkelius et al. 2009):

- Sortera – Genom att sortera vardagliga föremål från de som används mer sällan skapas en städad miljö med ordning och reda.
- Strukturera – Genom att strukturera upp arbetsplatsen blir det lättare att hitta föremål, var sak ska ha sin plats.

- Städning – Genom att systematiskt städa, upprätthålls en viss ordning på arbetsplatsen.
- Standardisera – Genom att standardisera de tre första punkterna och komma fram till rutiner för dem skapas förväntningar hur arbetsplatsen ser ut. Dessa förväntningar gör det enklare att hålla standarden hög.
- Självdisciplin – Genom att medarbetarna har självdisciplin och ett bra förhållningssätt till 5S hålls de övriga fyra punkterna.

Arbetet måste kontinuerligt föras framåt och för att lyckas med 5S metoden krävs det att den genomsyrar hela företagshierarkin (Liker 2004). Arbets sättet liknar PDCA-cykel då arbetet aldrig anses klart, genom att kontinuerligt genomföra stegen i presenterad ordning ställer arbetarna själva högre och högre krav på sig själva. Metoden är synnerligen återkommande i industrier som arbetar enligt Lean, bland annat används metoden i Toyota Production System.

#### **3.4.4.5 Just-In-Time**

Just-In-Time är en teknik för produktions och materialstyrning som minskar spill och icke-värdeskapande bihang som med kommer i processen (Jeffrey K. Liker, James M. Morgan 2006). Leveranserna som behövs i tillverkningen levereras i rätt tid, plats, kvalitet och mängd (Jeffrey K. Liker, James M. Morgan 2006). För att applicera JIT behövs tillräcklig information om materialåtgången i produktionslinan eftersom rätt mängd material måste beställas för att undvika kostnader (Jeffrey K. Liker, James M. Morgan 2006).

JIT används ofta i kombination med ett Pull system, ett system som endast producerar när beställningsordern är lagd (Liker 2004). Dess motsvarighet är ett Push system, tanken är att producera det som anläggningen klarar av, alltså att maximera produktionen, och sedan sälja av det. Ett exempel på ett Push system är Henry Fords biltillverkning i USA och Toyota använder sig av ett Pull system. Pull systemets grundtanke är att undvika onödiga kostnader genom kapital upplåsta i produkter och lagerutrymmen (Liker 2004). De menar på att en produkt endast ska dras igenom produktionslinan då den redan är såld och ska levereras, därmed kommer produkten direkt till användning och står inte på lager (Liker 2004).

#### **3.4.4.6 Jidoka**

Jidoka ger maskiner och operatörer möjlighet att upptäcka när ett onormalt tillstånd har inträffat och omedelbart sluta arbeta (Jeffrey K. Liker, James M. Morgan 2006). Detta gör det möjligt att bygga in kvalitet vid varje process för att skilja människor och maskiner för effektivare arbete (Sugimori, Kusunoki et al. 1977). Jidoka framhäver orsakerna till problemen eftersom arbetet slutar omedelbart när ett problem uppstår. Detta leder till förbättringar i processer genom att eliminera de grundläggande orsakerna till defekter som leder till ökad kvalitet (Jeffrey K. Liker, James M. Morgan 2006, Sugimori, Kusunoki et al. 1977) .

Jidoka är en kombination av automatisering och mänsklig intelligens (Sugimori, Kusunoki et al. 1977). Eftersom det ger utrustningen en möjlighet att skilja bra delar från dåliga, utan att övervakas av en operatör. Detta eliminerar behovet av att operatörer kontinuerligt tittar på maskiner och leder i sin tur till stora produktivitetstvinster eftersom en operatör kan hantera flera maskiner istället för endast en (Liker 2004). Processen för Jidoka brukar följa en struktur, identifiera defekten, stanna, hantera/fixa defekten och sist undersöka anledningen till problemet (Jeffrey K. Liker, James M. Morgan 2006).

#### **3.4.4.7 Gemba**

Ordet betyder ”den faktiska platsen” och syftar ofta till var tillverkningen sker. I en fabrik är det fabriksgolvet som är Gemba, men används också i andra sammanhang som till exempel nyhetssändningar (Liker 2004). Där reportrar rapporterar från Gemba, vilket i det fallet kan vara stadshuset om det sker en omröstning.

Gemba walk är en form av Lean management, det innebär att anställda tar ett avbrott från sina dagliga uppgifter och går runt på arbetsplatsen för att hitta aktiviteter som genererar eller kan generera någon

form av spill (Masaaki 1997). Det skapar förståelse för andra processer och synergier kan ske mellan olika processer. Gemba walk är den japanska metoden utvecklad av Toyota men det finns motsvarigheter, Management By Wandering Around (MBWA) är ytterst likt (Womack, Jim 2010). Ofta läggs det fokus på ordet Wandering, vilket syftar till att det inte ska ske en rutinmässig rutt eller att det ska vara återkommande vid samma tillfälle. Målet är att gå runt slumpmässigt och se hur arbetet och rutinerna fungerar i vardagen.

### **3.4.5 Lean construction**

Med Lean construction menas anpassningen av Lean productions principer och praxis till byggindustrin. En av de viktigaste inriktningarna på Lean construction är avfallshantering från byggprocesser, samtidigt som man skapar en kultur inom företaget med kontinuerlig förbättring. Lean strategier har visat sig vara effektiva för att förbättra produktivitetsnivåerna (dvs. genom att eliminera avfall från processen) och vinsterna (Womack, James P., Jones 1996, Ballard, Howell 1998, Dentz, Blanford 2007). Genomförandet av Lean strategier tenderar att förbättra arbetsplatsen och därigenom säkerställa arbetskraftens hälsa och välbefinnande med bättre layouter och rena arbetsstationer, vilket minskar möjligheterna till säkerhetsrisker (Saurin, Formoso et al. 2006, Koskela 1992, Koskela 2000). Det finns bevis hämtat från litteraturen samt i branschpraxis att avfallshantering uppnås genom Lean implementeringar, i synnerhet materialavfall (Womack, James P., Jones 1996, Nahmens 2007, Salem, Zimmer 2005, Nahmens, Mullens 2009). Vidare angavs den naturliga kopplingen mellan Lean och hållbar konstruktion av Environmental Protection Agency (EPA), USA:s naturvårdsverk (U.S. Environmental Protection Agency (EPA) 2003).

I U.S. Environmental Protection Agency (2003) konstaterades det att Lean skapar en verksamhets- och kulturmiljö som främjar avfallsminimering och förebyggande av föroreningar, och det är en utmärkt plattform för miljöhanteringsverktyg som livscykelanalys och miljödesign. Lean bidrar också till social hållbarhet och trygghet genom att påverka arbetarnas välbefinnande och ekonomiska hållbarhet. Det görs genom att sänka kostnaderna, öka produktiviteten, öka den miljömässiga hållbarheten och att minska eller förbättra material.

#### **3.4.5.1 Social dimension**

Säkerhet och Lean anses vara direkt relaterade i samband med arbetsmiljöer (Liker 2004). Därför det båda komponenterna som påverkar hållbarheten. Säkerhet är en integrerad del av hur verksamheten bedrivs, och arbetsprocesser kan öka eller minska enligt de säkerhetsrisker som finns i varje steg som krävs (Ikuma, Nahmens et al. 2011). Noggrann planering av processer som använder Lean kan resultera i minimerade risker genom minskning av rörelser, uppgifter och material som krävs (Liker 2004). I sin tur reducerar dessa minskningar sannolikheten för att en olycka eller direktkontakt med farliga material uppstår. Reduktion av material och arbetstid kommer att minska exponeringen av farliga kemikalier, alltför höga buller, biomekaniska faror och andra relevanta faror för industriell hygien.

#### **3.4.5.2 Ekologisk dimension**

EPA beskriver gröna byggnader med att skapa strukturer och använda processer som är miljöansvariga och resurseffektiva under hela byggnadens livscykel (Environmental Protection Agency 2008). Likt Lean construction är fokus för gröna byggnader att avlägsna avfall från byggprocessen. Den delade aspekten om avfallshantering lägger till en miljödimension till Lean construction. Bergmiller och McCright (2009) utvecklade en omfattande Lean and green systemmodell som sammanfattar likheterna mellan de två teorierna. Dessa två teorier delar också de strukturer och element som används, såsom hanteringssystem, metoder för identifiering av avfall, avfallsreducerande tekniker och åtgärder för olika affärsresultat. Resultatet av en tillverkningsimplementering av modellen hos Boeing drog slutsatsen att Lean produktion kan genomföras för att uppnå gröna resultat och vice versa (Bergmiller, McCright 2009). Således kan

Lean vara ett sätt att minska mängden fast avfall som genereras från konstruktion och i sin tur dess inverkan på miljön.

### **3.4.5.3 Ekonomisk dimension**

Traditionellt användes Lean och hållbar konstruktion som två isolerade och oberoende strategier. Lean construction syftar till att förbättra ekonomiska mätvärden, hållbar konstruktion syftar till att förbättra miljömålen. Under det senaste decenniet har dock resultaten efter omfattande forsknings- och industripraxis visat att dessa två metoder är beroende av varandra, särskilt över det faktum att dessa delar samma grunder för att eliminera avfall (Nahmens, Mullens 2009). Potentiella byggkostnadsbesparingar som uppnås genom förbättrade byggnadsmetoder och produktivitet kan vara avgörande för att uppnå hållbara moduler i bostadsbyggandet, eftersom dessa besparingar kan användas för att kompensera den ursprungliga kostnaden för högpresterande byggnadsdelar. En del hävdar även att den viktigaste effekten av att använda Lean construction är för syftet hållbarhet, som påverkar den ekonomiska dimensionen positivt genom att eventuellt minska förskottskostnader, driftkostnader och resursbesparingar och förbättra prestandaförmågan (Bae, Kim 2007).

Lean construction efterliknar ett bredare Lean production-perspektiv genom att det fokuserar på materialflöden, en omvandling av material till komponenter och sammansättningen av dessa komponenter i färdiga system (Winch, Graham 2012). Det handlar i huvudsak om vad som händer på fabriken eller på byggarbetsplatsen och som sedan berörs inom denna tillverkningsteknik. En grundläggande egenskap hos volymtillverkningsföretag som analyseras i tidigare forskning inom Lean produktion är att konstruktionen i stor utsträckning är skild från tillverkning (Winch, Graham 2012).

Designen av en produkt och dess delsystem görs endast en gång för varje produktanslag, sedan tillverkas upprepade exempel på den produkten. Det mesta byggandet kvarstår i designa-en gång / producera-en gång, i motsats till designa-en gång / producera-många (Winch, Graham 2012). Vid tillverkning av större volymer avslutas designprojektet och designen, ofta tillsammans med en design för tillverkningssystemet, för att sedan överlämnas till en eller flera fabriker (Winch, Graham M. 2003).

## **3.5 Prefabricerat**

Med prefabricering menas att delkomponenter av konstruktionen tillverkas off-site till skillnad från traditionellt byggande där all konstruktion sker on-site. I byggnadsbranschen betraktas prefabricering som den första industrialiseringsnivån, som följs av mekanisering, automation, robotik och återgivning (Richard 2005). Tidigare studier har använt olika termer som är förknippade med prefabricerad konstruktion, däribland prefabricering, prefabricerad betongbyggnad (Kale, Arditi 2006), byggnad utanför byggnaden (Pan, Gibb et al. 2008), industribyggnad (Jonsson, Rudberg 2014, Meiling, Sandberg et al. 2014) och moderna metoder för konstruktion (Goodier, Gibb 2007) för att nämna några.

Prefabricerad konstruktion, som en modern konstruktionsteknik ersätter konventionell gjutkonstruktion, vilket har väckt stor uppmärksamhet från många länder under de senaste två decennierna (Li, Shen et al. 2014). Detta utbredda intresse kan förklaras till stor del av teknikens fördelar som reduktion av byggavfall förbättrad kvalitetskontroll, buller och dammreducering, högre standarder för hälsa och säkerhet, tids- och kostnadsbesparingar, minskad efterfrågan på arbetskraft och låg resursutarmning (Li, Shen et al. 2014)

Fördelarna med prefabricering innefattar minskat slöseri, kortare byggtid, förbättrad kvalitet från de färdiga produkterna på plats, minskning av de totala byggkostnaderna, förbättrad säkerhetsplats genom att tillhandahålla en renare och snyggare miljö och eliminera olyckor på platsen (Ho 2001, Hsieh 1997). Vidare kan fabrikstillverkningen minska avfall och uppmuntra återvinning av

byggavfall, vilket leder till miljöskydd och hållbarhet inom industrin. Trots detta är införandet av prefabricering främst begränsat till offentliga bostadsutvecklingar eftersom de följande faktorerna utgör de största hindren för privata bostadsprojekt (Poon, Yu et al. 2001).

- Den höga initiala byggkostnaden.
- Tidskrävande vid den inledande designutvecklingen.
- Begränsat platsutrymme för placering av prefabricerade byggnadsdelar.
- Brist på erfarenheter från entreprenörer.
- Brist på efterfrågan på prefabricerade komponenter.
- Läckageproblem.
- Den icke-standardiserade utformningen.

Tidigare studier visade att de viktigaste orsakerna till avfall under konstruktionsstadiet var förändringar i sista minuten på grund av kundens krav och konstruktionsändringar (Poon, Jaillon 2002);(Poon, Yu et al. 2004);(Osmani, M., Glass et al. 2006). En stor orsak till avfall under byggnadsfasen var också avskärningar i materialet. Prefabriceringstekniker innebär både tidiga beslut i designprocessen och betydande minskning av aktiviteter på plats. Lawton et al. uppskattade en minskning på 70% vid gjutning av betong genom att använda prefabricering samt en minskning på 70% i byggnadsarbeten på plats (Lawton, Moor et al. 2002).

Tam et al. visade med hjälp av fyra studier att användningen av prefabricering minska avfall som härstammar från formarbete i trä och betongarbeten med 74–87% respektive 51–60% (Tam, C. M., Tam et al. 2005). Byggarbetsplatserna definierade avfall som rester efter att levererat material har använts i det byggda arbetet samt överskottsmaterial. Sådana material kan dock återanvändas i andra projekt. En liknande studie visade att en minskning av avfall upp till 84,7% uppnåddes med prefabricering jämfört med konventionell konstruktion (Tam, V. W., Shen et al. 2007). På samma sätt bedömde denna studie endast fyra stora byggföretag och omfattade inte andra företag.

### **3.5.1 Omvärld**

Det finns emellertid svårigheter som pressar för att minska nivåerna av standardisering på produktnivå som helhet. I länder som Storbritannien är byggandet på bruna (urbana) och i motsats till grönområden styrt av politik; många av dessa är begränsade då det krävs höga nivåer av design för att göra det bästa av ytan. Vidare finns det tryck från de som hanterar designkvalitet för att minska repeterbarheten. Exempelvis ställer Commission for Architecture and the Built Environment's (CABE) krav att nybyggnationen ska vara specifik och bidra till det lokala samhället för att skapa en tillhörande känsla (Winch, Graham 2012).

I Sverige har ett flerbostadsbygge av moduler som heter Silviabo fått uppmärksamhet. Projektet görs i samband med Stiftelsen Silviahemmet, grundad av Drottning Silva, där de vill bygga ett hem för demenssjuka patienter till en rimlig kostnad (Linnros 2018). Boendet är placerat på Drottningholm men har mött en del motstånd från grannar. Projektet har ansetts påskyndat och det råder oklarheter kring bygglovet. En överklagan har skett där bland annat argumentet ”bostadshuset inte i tillräckliga delar bidrar till en god helhetsverkan.” använts mot bygget och idag är Silviabos framtid oklar (Linnros 2018).

I ett studentboende i Lund har en annan incident inträffat. Bygget kallat Pålsjöäng är ett flerbostadshus byggt av moduler som har fått beslutet att boendet måste stängas på grund av hälsorisk, i vissa fall har studenter fått evakuera omedelbart (Runol 2018). Miljönämnden skriver ”Det har genom miljöförvaltningens inspektioner i bostäderna tydligt framkommit att bristerna är av sådan omfattning och karaktär att de utgör en omedelbar risk för olägenhet för människors hälsa” (Runol 2018). Bristerna är i första hand kopplat till fukt och vattenskador men det var i samband med råttor som miljönämnden först kopplades in (Runol 2018). Tillverkning av modulerna sker i Kina och konstruktionen är i stål.

### 3.5.2 Industriellt byggande

Prefabricerad industriell husbyggnad skiljer sig från traditionellt bygge på flera sätt. En central aspekt av industrialiseringen är prefabricering av strukturella element, men förändringar i produkter och processer krävs också för att uppnå industriella byggnadsmetoder (Roy, Brown et al. 2003). För en kundorienterad process är det viktigt att systematiskt tänka på processen i sin helhet, inklusive struktur och organisation. I detta sammanhang är frågan om förmonterings- och standardiseringsnivå och de värdeskapande aktiviteterna bedrivs bäst för att maximera fördelarna i försörjningskedjan (Barlow, Childerhouse et al. 2003). Industriell konstruktion, med fokus på prefabricering, kan ses som en strukturell åtgärd för att eliminera aktiviteter på plats som kräver en ny utformning av försörjningskedjan. Strukturen och beteendet hos den totala processen förändras i form av en totalt längre process, behovet av mer detaljerad design, en längre korrigeringscykel och kravet på högre noggrannhet. En industrialiserad byggprocess tenderar att vara komplex och måste hanteras väl om de avsedda fördelarna ska uppnås. Om inte, är risken stor att avfall och icke-värdetillverkande aktiviteter ökar kraftigt på grund av dåligt kontrollerade design-, tillverknings- och platsprocesser, vilket således försvårar de förväntade fördelarna (Vrijhoef, Koskela 2000).

Definitionen av denna typ av byggande är bredare än definitionen av prefabrikation eftersom prefabricerat endast utgör en del av industriellt byggande. Andra delar som också är viktiga är systembyggande och samverkan med aktörer i värdekedjan.

Boverket (2008) föreslår följande definition på Industriellt bostadsbyggande:

”Industriellt bostadsbyggande innebär en välutvecklad byggprocess med en genomtänkt organisation för effektiv styrning, beredning och kontroll av ingående aktiviteter, flöden, resurser och resultat med användning av högförädlade komponenter med syfte att skapa maximalt värde för kunderna”.

Boverket anser att definitionen återspeglar komplexiteten i industriellt byggande och tydliggör de processrelaterade aspekterna samtidigt som det är betoning på planering och användning av utvecklade komponenter samt framhävs vikten av kundvärde (Boverket 2008).

Dessutom kompletteras definitionen med åtta delområden som utmärker industriellt byggande (Boverket 2008):

1. Planering och kontroll av processen
2. Utvecklade tekniska system
3. Förtillverkning av byggdelar
4. Långsiktiga relationer mellan aktörer
5. Logistik integrerat i byggprocessen
6. Kundfokus
7. Användning av informations- och kommunikationsteknik
8. Systematisk mätning och erfarenhetsåterföring



## 4. Empiri

### 4.1 Datainsamling till fallstudien

Genom att bygga vidare på befintlig forskning bidrar studien till den akademiska världen samt förankrar trovärdigheten i resultat och slutsatser. Ramverket bygger därför på ett flertal studier som lagt grunden till datainsamlingen.

Kurdve och Shahbazis metod utgör tre faser som i slutändan kartlägger och analyserar avfallet i den studerade miljön (Kurdve, Shahbazi et al. 2015). Några verktyg som används av Kurdve, Shahbazi et al. (2015) är Eco-mapping, flödesöversikt av material, intern logistik och plockanalys, varav alla de tidigare nämnda verktygen används i denna studie.

För att beröra fabriken mangagementsystem för avfall användes delar av metoden som är framarbetad av Shen et al., nämligen en processkarta för hur avfallshanteringen användes från studien (Shen, Tam et al. 2004). Detta för att visualisera hur fabriken avfall hanteras.

### 4.2 Metoder som används i studien

#### 4.2.1 Avfallsstatistik

Avfallsstatistiken är tagen från de fakturor som avfallsentreprenörer fakturerat fabriken. Det finns ett antal olika avfallsentreprenörer som fraktar bort avfall från fabriksområdet. Det är vikt i ton som är enheten i beräkningarna och därmed grundas alla procenttal på viktprocent.

#### 4.2.2 Materialanalys

Materialflödesanalys används eftersom det är viktigt att få koll på vad som köps in och vad som kasseras, samt hur mycket av vardera material som används. Logiskt sätt måste allt som kommer in i fabriken också lämna fabriken förutsatt att lagernivåerna är konstanta ur ett längre perspektiv.

Det ger Ekvation 1:

$$IN = UT \text{ Ekv. 1}$$

I fabriken finns det flera moment där material hanteras och slutligen lämnar fabriken. Det primära av dessa moment är tillverkning av husmodulerna. Det finns dock även andra, som reklamationer av ej användbara material och avfall. Två gånger per år anordnas även en auktion för anställda på företaget. På auktionen säljs material som inte längre används i modulerna samt testmaterial, intäkterna går tillbaka till företaget.

För att specificera de båda sidorna och anpassa dem till denna studie används Ekvation 2:

$$Inköp = Produkt + Avfall + Lager + Auktion + Reklamation \text{ Ekv. 2}$$

Eftersom studien sker under en längre period och personalen håller lagret konstant med inköp var eller varannan vecka antas termen Lager konstant och därav antas vara noll eftersom ingen ackumulation eller reduktion av material sker. Reklamationer sker sällan och i brist på data har denna term antagits till noll. Auktionstermen skiljer sig beroende på material och förändringar i modulkonstruktionen, därför har auktionsansvarig uppskattat siffror till vissa material som används i beräkningarna. Avfallsdata har samlats in från fakturor från avfallsentreprenörer samt deras hemsidor. Den återstående termen Produkt används som ett rimlighetstest, då konstruktionsansvariga har en uppfattning om vad modulen består av. Material-Produktion-Styrning (MPS) system användes när möjligt för att kontrollera att uträkningarna stämde. Dock har MPS ej testats än och användes endast till rimlighetsbedömning.

### **4.2.3 Gemensam enhet**

För att kunna jämföra med andra byggföretag används kg avfall per BTA. För beräkning av enheten behövs, förutom avfallet i vikt även den totala byggda arean. För att beräkna arean användes huvudtidsplanen som anger vilka lägenheter och hur många moduler som ska produceras.

### **4.2.4 Eco-mapping**

Eco-mapping innebär att kartlägga alla olika avfallskärl som används i fabriken. Denna studie begränsar sig till de avfallskärl som finns där tillverkning av moduler sker. Avfallskärl från kontoret, matsalar eller de stora avfallscontainrarna på fabriksgården är inte med i denna studie. Många kärl flyttas med arbetarna allteftersom de arbetar, därför är eco-mapping i denna studie en kartläggning hur det såg ut i de olika hallarna vecka 44 år 2018.

### **4.2.5 Processflöde och intern logistik**

För att bilda en uppfattning om hur fabriken är uppbyggd spenderas en del tid i tillverkningen. Med konversationer med personal bildades sedan en hypotes och en skiss ritades av fabriken uppbyggnad. Skissen dubbelkollades hos ansvarig person på respektive process och användes som utgångsläge för en processkarta. En mer detaljrik processkarta skapades sedan med de förädlingsmoment som varje process tillförde.

Den interna logistiken kartlades på liknande sätt som processflödet. Där golv, tak, vägg samt förtillverkning var de huskomponenter som beskrevs. Plywood, gips och trä var de material som lades fokus på eftersom de behöver kapas innan användning och därmed medförde extra steg i logistiken.

### **4.2.6 Managementanalys**

För att beskriva vilka steg som sker i avfallsprocessen används en illustrativ bild (visas i kapitel 5), som beskriver flödet. Beskrivningen startar när ett objekt väl är klassat som avfall, i materialanalysen ses det att det kan klassas som reklamation eller auktion istället för avfall.

Utöver beskrivningen görs en öppen intervju med fabrikschefen som ligger till grunden för hur fabriken hanterar och ser på avfall.

## **4.3 Dataluckor**

Det finns en handfull dataluckor som har lett till approximeringar som har gjorts för att kunna återge en sammanställning av avfallet.

### **4.3.1 Antaganden**

Eftersom företaget följer vilka lägenheter de levererar och inte exakt vilka moduler som levereras antas att alla 1:or har samma storlek. Antagandet gäller även för respektive 2:or 3:or och 4:or. Antag att gaveln för varje våningsplan är  $2,33 \text{ m}^2$ .

Olika typer av isolering skiljer sig åt i densitet, men isoleringen i fabriken skilde sig i vikt trots att de var av samma mått och typ. Enligt arbetare kan en bit isolering väga hälften av en annan bit från samma paket trots att de har samma mått. Detta beror på att de tryckts olika hårt. Därför antas densiteterna som återgavs av säljaren för isoleringen vara medeldensiteten.

Densiteten för panel antas vara densamma som för gran dvs.  $440 \text{ Kg/m}^3$ , enligt uppgifter från försäljare hos isoleringsföretaget. Densiteten för trä antas vara  $450 \text{ Kg/m}^3$  som återgavs av försäljare, samt att densiteten för plywood antas vara  $500 \text{ Kg/m}^3$  som återgavs av försäljare.

Eftersläp på avfallet blir en oundviklig faktor, vissa containrar töms ofta medan vissa töms en gång per år. Kalkylerna är inte beräknade på när avfallet uppstod utan när det hämtades av avfallsentreprenören. Det har därmed skett en viss förskjutning.

Det saknas vikt från en isoleringsfaktura, därför antas medelvikt som beräknas från de andra fakturorna. 4,6 ton approximerades vikten till vilket är väldigt snarlikt de andra fakturorna

Det fanns endast data för inköp av isolering mellan vecka 32 2017 till vecka 2 2018. Därför beräknades hur många moduler som producerades under denna period och sedan hur mycket inköp som köps in till varje modul. Sedan multipliceras hur mycket inköp som köps in per modul med antal moduler som producerades 2017.

Inköpsdata på gips angavs endast mellan 2017 Q4 och 2018 Q3, därför räknades detta om med samma sätt som isoleringen.

Inköp av isolering bortser från fem typer av isolering, enligt inköp bör de utgöra mindre än 1% av den totala inköpsmängden av isolering. Luckan beror på att isoleringen inte säljs i kvadratmeter som de andra isoleringarna utan istället i meter.

Det uppstod svårigheter att beräkna materialeffektiviteten för trä med den redovisade metoden. Materialbalansen gick inte ihop och det ansågs att inköpet av trä var väldigt lågt. En anledning kan vara att allt trä som kan hamna i fraktionen trä inte var medtaget in i inköpssiffrorna. Därför beräknades materialeffektiviteten genom beräkning av innehållet trä i modulerna. Träfraktionen är uppskattad till 1/3 pall vilket fick tas till hänsyn. Dessutom har auktionen antagits sälja 3% av det inköpta träet och reklamationer antagits till noll trots att det inte är fallet.



## 5. Fallstudie

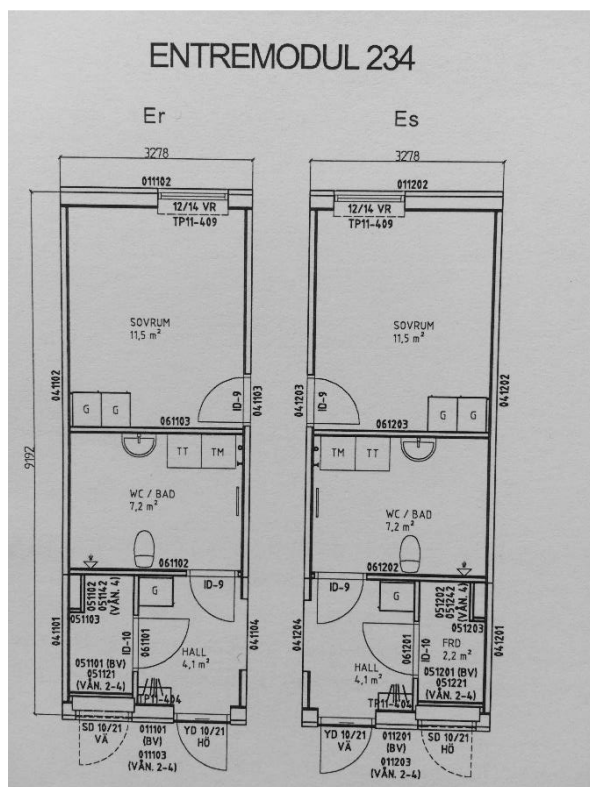
### 5.1 Fabriken

Fabriken bygger husmoduler vilka sedan monteras på byggarbetsplatsen. 250 personer är verksamma i fabriken som år 2017 genererade 1490 husmoduler. Alla moduler som produceras i fabriken är av modellen Flex. Flex består av ett begränsat antal variationer av moduler, sammanlagt är det 17 olika grundmoduler. Dock finns det flera variationer av dessa 17 grundmoduler, dessa moduler skiljer sig inte byggnadstekniskt åt mer än att till exempel ett fönster har flyttats en bit åt höger eller vänster. Sammanlagt är det ca 160 st olika moduler som byggs.

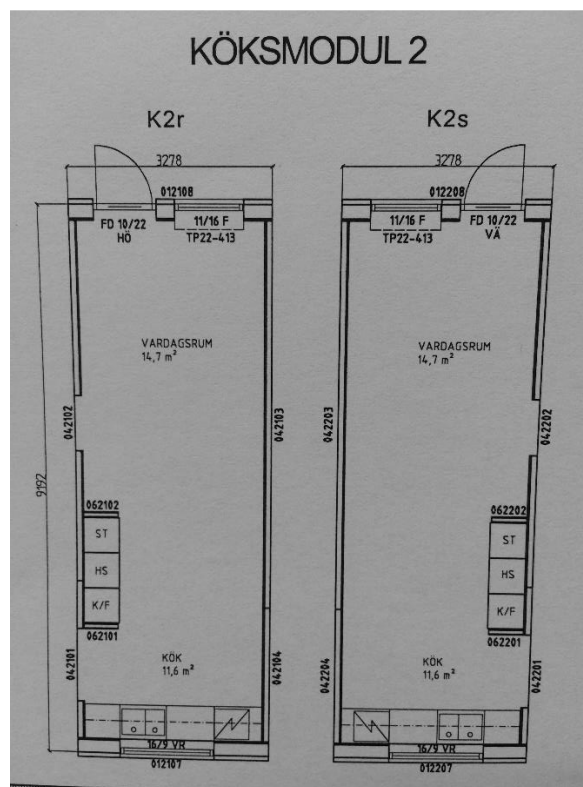
Figur 13 visar hur ritningen för en Entremodul ser ut, benämningen för dessa är Er och Es. Er står för Entre rätt och Es står för Entre Spegling, s och r återanvänds i varje modulbenämning i samma syfte.

Figur 14 visar ritningen för Köksmodul 2, som benämns K2r och K2s. Köksmodulen kommer användas som en delkomponent i en lägenhet med två rum, därav tvåan i namnet.

I Bilaga 1 ser man benämningarna Gr och Gs, r och s har samma betydelse som innan men G betyder att det är en gavel. Det beror på att modulen inte kommer angränsa till något och därför måste vara mer isolerad mot väder och vind.

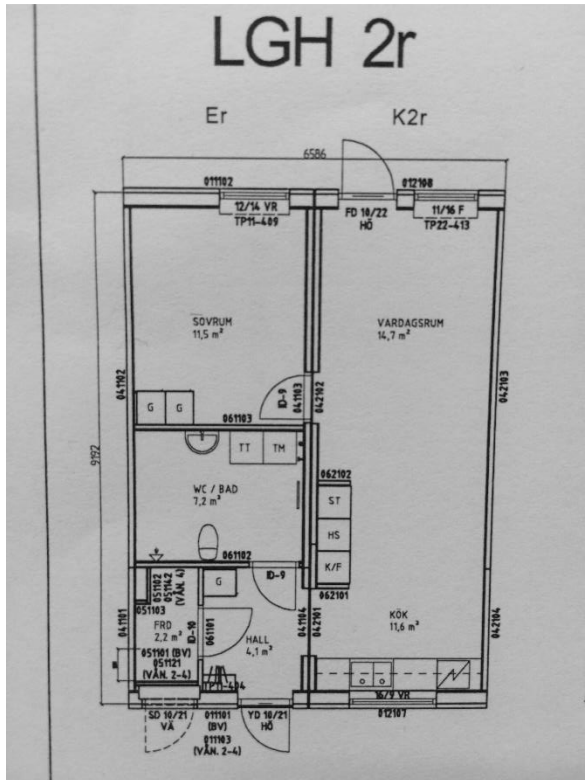


Figur 13. Entremodul Er och Es



Figur 14. Köksmodul K2r och K2s.

I Figur 15 illustreras hur två moduler kombineras och bildar en lägenhet. Bilden visar att Er och K2r har kopplats ihop och bildar numera en lägenhet med två rum med benämning LGH 2r. Dessa lägenheter fästs till andra lägenheter och skapar flerbostadshus.



Figur 15. Lägenhet av typen 2r, En Er och K2r sammansatta.

I fabriken produceras det mesta som behövs till byggarbetsplatsen, men i fabriken tillverkas inte trapphus, dessa produceras i en baltisk fabrik som också gör Flex modeller. Trapphuset levereras till fabriken för att sedan skickas med de resterande modulerna till byggarbetsplatsen. Det beräknas att 80–85% av arbetet görs i fabriken och det resterade på byggarbetsplatsen.

### 5.1.1 Området

Fabriksområdet består av två delområden som separeras av en järnväg, se Figur 16. De olika husen delas in i ”hallar” som sedan har namngetts med en siffra. Tillverkningen sker i hall 59, 14, 16, 17 och 22. Med undantag för hall 1 som det sker ytterst lite tillverkning jämfört med de övriga hallarna. De övriga hallarna är kallager och många av hallarna har endast tak, det förvaras mest färdiga moduler i hall 50 till 54 med undantag för material som ska till auktion. I hall 7 förvaras byggmaterial och det streckade området vid hall 7 tillhör inte fabriken utan en lokal energileverantör.



Figur 16. Fabriksområdet som delas av en järnväg.

Vid hall 7 ligger en förbränningsanläggning, se Figur 16 som ägs av ett lokalt energiföretag, anläggningen genererar fjärrvärme till närområdet. Värmeverket använder flis och bioolja som bränsle varav 98% flis och 2% bioolja. Även om förbränningsanläggningen bränner mestadels flis används inte träspillet från fabriken. Enligt arbetare i förbränningsanläggningen är det på grund av att det inte får förbrännas avfall i anläggningen.

De olika hallarna har olika sortsers tillverkning, hall 14 är den enda hall som har två våningar där tillverkning sker i båda. Den undre våningen av hall 14 sker specialtillverkning samt underhåll av maskiner, det finns även en matsal här. Montering av skåp och garderober sker på den övre våningen av hall 14, se Figur 17, det sker även förtillverkning av mer komplicerade komponenter som till exempel köksunderredan där en mängd rör behöver sitta, se Figur 18, det sker även målning av ytterväggar här.



Figur 17. Montering av garderob som sker under ergonomiska förutsättningar.



Figur 18. En del av golvet under köksbänken som är klart för montering.

Hall 16 och 59 har snarlik tillverkning men hall 16 producerar aningen mer. Båda hallarna producerar delkomponenterna vägg, innertak och golv, se Figur 19. Eftersom komponenterna som tillverkas i dessa hallar utgör en stor del av lägenheten är dessa hallar bland de mest bemannade



Figur 19. Delkomponenten golv som precis levererats till hall 17.

Hall 17 har många olika moment vilket gör att avfallet från hallen är väldigt varierande, det sker dock ingen tillverkning av delkomponenter i hallen, vilket gör att avfallet blir mindre. Det finns två hallar



som genererar ovanligt mycket avfall förhållande till dess produktion, det är hall 22 och hall 58. Dessa hallar har både skivsåg för träet och kap för gipset.

I hall 17 sker montage av vägg, golv och innertak, se Figur 20, även kakling, spackling, VVS, eldragning ochläggning av badrumsmatta sker här. Se Figur 21 för en ihopsatt modul där inredningsarbete görs. Hallen består av 4 spår varav hall 59 levererar till spår 1 och 2, hall 16 levererar till spår 3 och 4.



Figur 20. Inuti en köksmodul under konstruktion



Figur 21. Montering av vägg i början av hall 17.

Hall 22 bygger endast yttertak som monteras på byggarbetsplatsen, se Figur 22.



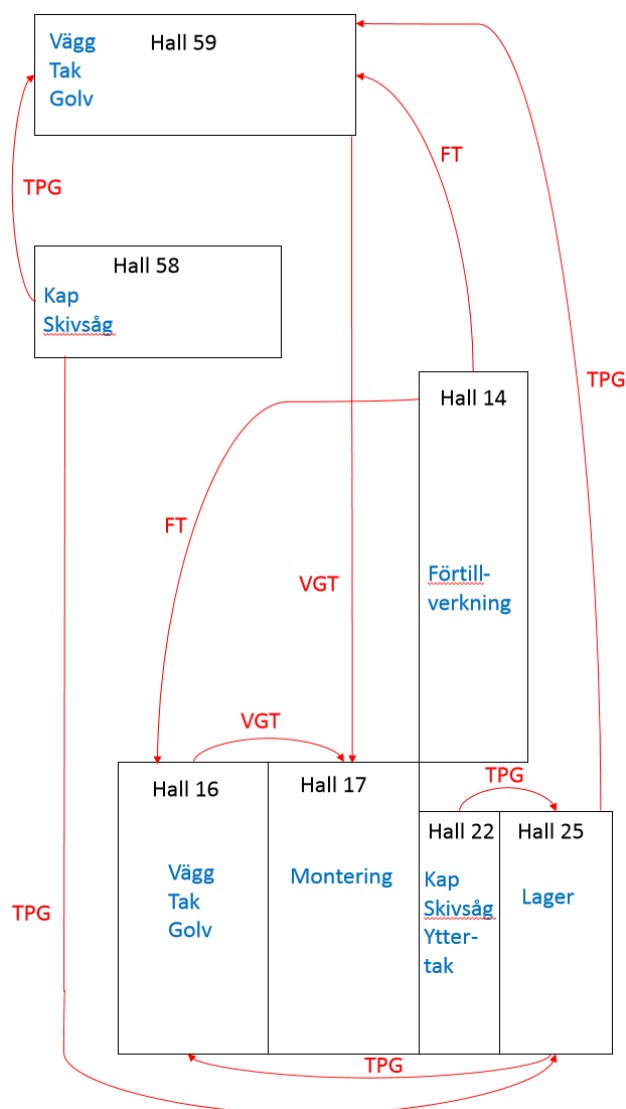
Figur 22. Yttertak i konstruktion i hall 22.

En annan viktig del är kapning och sågning av trä gips och plywood. Det kapas och sågas överallt i fabriken och i princip varje process innebär någon form av kapning. Det finns dock ett flertal stationer som endast sågar och kapar komponenter till andra byggstationer. När något kapas används kapmaskinen som kapar gips och plywood, till skillnad från sågning som bara sker på trä. Det finns kapmaskiner i hall 22, 58 och 14. Skivsågar finns det två av i hall 22 medan hall 58 och övre våningen i hall 14 endast har en var.

I hall 1 sker tillverkningen av brandavskiljandeväggar och gavelvingar som monteras på byggarbetsplats. Det sker även målning av ytterväggar.

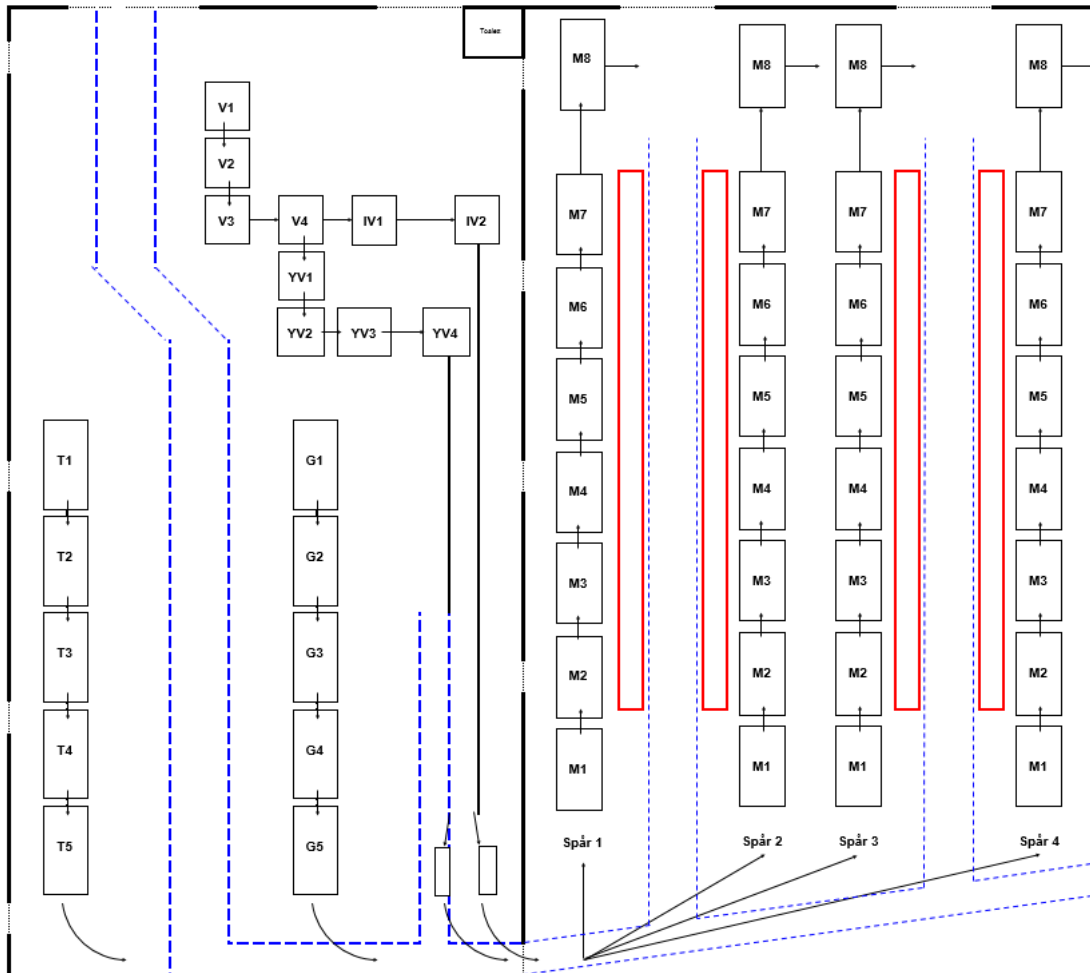
### 5.1.2 Logistik

I Figur 23 illustreras den huvudsakliga logistiken mellan hallarna. Den blå texten beskriver vad som sker i hallen och de röda pilarna, samt texten visar vilka komponenter som skickas mellan hallarna. TPG betyder Trä, Plywood och Gips, VGT betyder, Väg, Golv och Tak samt FT betyder förtillverkning.



Figur 23. Hur materialet, avfall exkluderat, färdas mellan hallarna.

Figur 24 visar hur hall 16 (vänster) och hall 17 (höger) har sitt produktionsflöde. Hall 59 och hall 16 har samma tillverkning och därför liknande arbetssätt och logistik. Dock fraktas delkomponenterna till hall 17 när de är färdiga. T1 står för tak position 1, sedan sker tillverkningen av innertaket i fem steg innan det skickas vidare till hall 17 för montering. V1 står för vägg position 1, YV1 står för yttervägg position 1, IV1 står för innervägg position 1 och M1 står för modul position 1.



Figur 24. De olika stationerna i hall 16 och 17.

### 5.1.3 Teamen

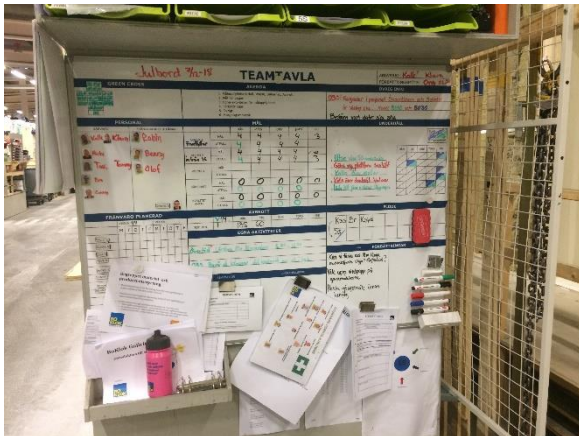
Fabriksarbetarna är indelade i team och varje team har en uppgift att sköta. I hall 16 och 59 är teamen större och indelade i vägg, golv och tak, och är över tio personer per team. I hall 17 är teamen mindre eftersom det är mindre moment som ska göras, i spackelteamet är det till exempel tre personer. Det är fler moment som ska utföras i hall 17 och därför blir det många team i hallen till skillnad från hall 16 och 59 som har tre team var.

I varje team finns det en teamleader, utöver teamleader finns flödesledare som är överst i hierarkin på fabriksgolvet. Det finns sammanlagt fem stycken flödesledare i fabriken vars uppgift är att modulerna levereras i tid och med rätt kvalitet.

### 5.1.4 Management

Arbetet börjar 06:30 för fabriksarbetarna, ett morgonmöte med var stationsteam startar dagen, teamleadern håller i mötet. Mötet sker vid tavlan, se Figur 25, och en genomgång sker om vad som är

planerat under dagen. Morgonmötet är något som nyligen införts och rutinen hålls inte speciellt bra än.



Figur 25. Teamtavla som finns för varje team.

Varje morgon kl 07.45 sker morgonmöte nr 2 som hålls av produktionschefen. En fast agenda är etablerad och flödesledare, produktionsberedare, inköp och KMA (Kvalitet, Material och Arbetsmiljö) är representerade. Mötets syfte är att rapportera in avvikelser som skedde under gårdagen och hur det ska lösas.

I fabriken sker ett ständigt arbete mot Lean. Vilket kan bland annat ses genom 5S tavlorna, se Figur 26.



Figur 26. 5S förbättringstavla i verkstaden.

### 5.1.5 Miljöarbete

Fabriken ägs endast av ett underliggande företag, till skillnad från koncernen som ägs av båda företagen. Därför genomsyrar det underliggande företags arbetssätt organisationen, det syns bland annat genom det miljöverktyg som företaget använder.

# Gröna kartan för byggnader

	<b>Beige</b> Följer lagar och normer	<b>Grönt 1</b>	<b>Grönt 2</b>	<b>Grönt 3</b>	<b>Mörkgrönt</b> Nära noll miljöpåverkan
<b>Energi</b> Obligatorisk	✓	<input type="checkbox"/> 15 % bättre årlig energibalans än BBR.	<input type="checkbox"/> 35 % bättre årlig energibalans än BBR. Egen energiproduktion får medräknas.	<input type="checkbox"/> 60 % bättre årlig energibalans än BBR. Egen energiproduktion och nyinvesterad energi får medräknas.	<input type="checkbox"/> Netto noll primärenergi.
<b>Klimat</b>	✓	<input type="checkbox"/> Klimatkalkyl beräknas och presenteras. Obligatorisk.	<input type="checkbox"/> 25 % CO <sub>2</sub> -minskning.	<input type="checkbox"/> 50 % CO <sub>2</sub> -minskning.	<input type="checkbox"/> Nära noll klimatpåverkan under projektets genomförande.
<b>Material</b>	✓	<input type="checkbox"/> Alla prioriterade materialgrupper har miljödeklaration i digital förteckning.	<input type="checkbox"/> Alla prioriterade materialgrupper är bedömda. 25 % klassas som hållbara material.	<input type="checkbox"/> Alla prioriterade materialgrupper är bedömda. 50 % klassas som hållbara material.	<input type="checkbox"/> Noll icke hållbara material.
	✓	<input type="checkbox"/> Max 20 % av antalet kemiska produkter innehåller farliga ämnen.	<input type="checkbox"/> Max 15 % av antalet kemiska produkter innehåller farliga ämnen.	<input type="checkbox"/> Max 10 % av antalet kemiska produkter innehåller farliga ämnen.	<input type="checkbox"/> Noll farliga ämnen i kemiska produkter.
	✓	<input type="checkbox"/> Max 10 vikts-% byggavfall till deponi.	<input type="checkbox"/> Max 5 vikts-% byggavfall till deponi.	<input type="checkbox"/> Max 2,5 vikts-% byggavfall till deponi.	<input type="checkbox"/> Noll byggavfall till deponi.
<b>Vatten</b>	✓	<input type="checkbox"/> 10 % mindre dricksvatten i drift än jämförelsevärde. Hållbar dagvattenhantering implementerad.	<input type="checkbox"/> 25 % mindre dricksvatten i drift än jämförelsevärde.	<input type="checkbox"/> 50 % mindre dricksvatten i drift än jämförelsevärde.	<input type="checkbox"/> Netto noll vatten.

Figur 27. Gröna kartan klassar byggnader internt inom företaget.

Det underliggande företaget arbetar med ”Gröna kartan”, ett projektgraderingsinstrument för byggnader, se Figur 27. Varje nytt bygge har fyra kategorier som bedöms med detta verktyg, Energi, Klimat, Material och Vatten. Målet är att gå från det ljusa området till det mörkgröna området som innebär att projektet har ”Nära noll” miljöpåverkan. Allt eftersom miljöarbetet fortskrider och förbättrar produktens miljöstandard. Inom denna studie belyses avfall, i företagets instrument finns motsvarigheten i material. Det finns tre underkategorier i material, ohållbara material, giftiga material och avfall.

Ett grundläggande steg i arbetet mot att minska mängderna avfall/spill som uppstår är att mäta de olika fraktionerna avfall. Avfallsminskningar som mäts i Gröna kartan anges i procent och statistik för varje projekt följs upp. Idag mäts inte det totala avfallet utan endast den viktprocent som går till deponi.

## 5.2 Fraktioner

Avfallet är indelat i olika grupper som är fördelade enligt sorteringen i fabriken. Närmast arbetsstationerna finns det mindre kärl som soptunnor eller andra plastlådor som avfall läggs i. När avfallet är samlat töms plastkärlen i små containrar som är placerade inomhus. När en mindre container är full töms den av en truck i en större container placerad utomhus. När den containern är full kommer avfallsentreprenörer och tömmer dem.

Trä används överallt i fabriken, vilket speglas i avfallet. Det är inte bara träavfall från modulerna som hamnar i denna fraktion utan även engångspall, plywood, board och brandpanel. Vilket betyder att både inköpsmaterial samt emballage samlas i containern, se Figur 28.



Figur 28. Fraktion trä med engångspall inuti.



Figur 29. Gipsskivor i avfallskärlet Gips.

Gips används i byggnationer för många anledningar, i modulerna används det bland annat för dess egenskap att tåla mycket höga temperaturer. Till skillnad från trä har det inte samma hållbarhet och används inte som stomme. Gips har tidigare haft samma fraktion som kakel, detta ändrades och separeras numera, även om avfallsentreprenören gärna har det i samma fraktion, se Figur 29.

Isoleringen som används är stenull och förekommer längs med hela tillverkningskedjan, dock mest i golv, vägg och tak. Isolering samlas i plastpåsar eller direkt i containrar, ett problem som uppstår är att containrarna och plastpåsar snabbt fylls upp på grund av volymen och den låga densiteten. Figur 30 visar en temporär lösning på detta. Två av dessa improviserade lösningar noterades under tre veckors period, båda på isoleringscontainrar.



Figur 30. En temporär tillbyggnad på en liten container för fraktionen Isolering.



Figur 31. Uppsamling av mjukplast.

Plast uppstår i form av emballage, plastpåsehällare för mjukplast förekommer ständigt i fabriken, se Figur 31. Mjukplasten pressas av speciella containrar på området, som sedan töms och återvinns av avfallsentreprenörer.

Wellpapp uppkommer mest i hall 14. Möbler som skåp och garderober levereras och monteras vilket genererar mer wellpapp än resten av fabriken sammanlagt. Wellpappen pressas i en speciell container strax utanför hall 14 och de mindre containrarna ställs ut för att tömmas, se Figur 32.



Figur 32. Wellpappscontainrar som väntar på att tömmas av truckarna.

Brännbart är en fraktion som används för de material som inte går in i de övriga fraktionerna, se Figur 33. Brännbart varierar mycket beroende på vart i fabriken kärlet befinner sig, vilket gör det svårt att säga exakt vad som finns i fraktionen. Det är vanligt att hårdplast från rör, spännband, skruvdragare och spikpistoler förkommer samt skyddsduk, pappersmuggar, papper och innehåll från grovdammsugare. För att undersöka exakt vad som befinner sig i fraktionen gjordes en analys av innehållet se Bilaga 3.



Figur 33. Fraktionen Brännbart som även är märkt som restprodukt.

I Övrigt ingår alla specialmaterial. Det är ingen fraktion fabriken använder utan sådant som väger lite jämfört med de andra fraktionerna, se Figur 34 där mindre kärl står i en miljöstation. Allt i övrigt är sorterat förutom deponi. I Övrigt är även farligt avfall med för att få en uppskattning för den totala mängden avfall som fabriken genererar. Farligt avfall är färgavfall, aerosoler, färg, lack och limburkar samt elektronik för att nämna några. I kategorin Övrigt, utgör tre fraktioner ca 75% av vikten, fix och fog, kakel samt färgavfall, se Figur 35 för kakeltömning från en mindre container till en större.



Figur 34. Hantering av farligt/special avfall



Figur 35. Tömning av kakel från en mindre container..



Metall har mestadels två komponenter i sina kärl, metallband och metallhinkar, men det förekommer också spik och skruv samt fästen av olika slag. En metall fraktion visas i Figur 36. I avfallsstatistiken utgör metall inte en tillräckligt stor andel för att behandlas som en egen fraktion.



Figur 36. Den stora metalluppsamlingen som står utomhus.

### 5.2.1 Emballage

Emballage klassas som förpackningar eller pall som fraktas till fabriken. Ett problem som observeras snabbt i fabriken är att det uppkommer stora mängder. All plast som samlas in är mjukplast och det kommer enbart från emballage, detsamma gäller med wellpapp. En anledning till mängden wellpapp och plast är att leverantörens maskiner är helt automatiserade och förpackar varje komponent på samma sätt. Produkterna som levereras till fabriken har alltså samma mängd emballage som de som säljs till privatkund. Vid flera stationer slängs ouppackad spik från leverantören eftersom fabriken använder olika typer av egna spikpistoler. Något som sedan hamnar i metallåtervinningen.

I fraktionen trä slängs även engångspall i stora mängder samt plywood, brandpanel och board, något som gör statistiken en aning inkorrekt, se Figur 37 och Figur 38.



Figur 37. Den stora träcontainern utomhus.



Figur 38. Engångspall i träfraktionen.

Pallen gör det svårt att räkna ut materialeffektiviteten eftersom det inte går att avgöra hur mycket av avfallet som är pall och vad som är inköpt material. Dessutom säljs mycket trä på auktionen något som inte följs upp eller mäts.

Vissa leverantörer jobbar mycket med EU pall och det finns ett EU-pallsystem i bruk på fabriksområdet. Tyvärr är inte alla leverantörer lika duktiga och de ansvarige för tömningar av containrarna uppskattar att en tredjedel av allt trä som skickas iväg till återvinningscentralen är engångspall. Dock är denna siffra grovt approximerad och finns ingen data som styrker det. Tyvärr vet återvinningscentralen inte heller hur många delar som är pall, men om återvinningscentralen ser att det är mycket pall sorterar de ut dem för vidare användning. Resten av träet blir flis och säljs vidare.

### 5.2.2 På fabriksgolvet

Under de tre veckorna då fallstudien gjordes växlades många ord med de anställda. Det kan observeras att det finns en klyfta mellan arbetare och tjänstemän. Det fanns några punkter som vissa arbetare lyfte vid flertal tillfällen:

- Kvalitet på virket

Är kvalitén för virket för lågt slängs träbitarna till auktion eller till fraktionen trä. Eftersom trä är ett levande material är det svårare att säkerhetsställa att all köpt trä håller kvalitén. Det finns synpunkter hos vissa arbetare att kvalitén som köps in på virket är för dåligt. Arbetarna har arbetat med trä hela livet och har det som en yrkesstolthet. Eftersom det finns en skiljd syn på tillräcklig kvalitet hos virket, ställdes hypotesen att de arbetar som klagade på kvalitén slängde mer virke än de andra. Två stationer som producerar samma sak bads utföra en undersökning om hur mycket de slängde på en vecka för att undersöka om hypotesen stämde. Stationen utan arbetare som hade klagomål kasserade 0,4 m virke per enhet på just den stationen och stationen med arbetare som klagade kasserade 3,4 m per producerad enhet. Det skiljer 860 % mellan dessa stationer vilket bekräftar hypotesen.

- Lyssnar ej på arbetare  
Att tjänstemännen inte alltid lyssnar på arbetarna är nog något som förekommer i fler industrier. Det har varit problem att köpa in rätt mått av vissa material vilket har resulterat i att arbetare har fått anpassa sig efter inköp. Fabriken har dock nyligen tagit i bruk ett förslagssystem som gör att arbetare kan lyfta sina åsikter och sedan inom en rimlig tid få svar på deras förslag. Om förslaget nekas ska det medkomma en motivering till varför.
- Slänger för mycket  
Att fabriken slänger för mycket material är något som många arbetare har en konsensus om. Det är även många tjänstemän som har samma syn, fabrikschefen ser denna studie som ett startskott på ett mer ingående arbete mot minskat avfall för fabriken.

### 5.2.3 Avfall per BTA

Fabriken levererar moduler till arbetsplatsen som sedan monteras ihop. Som ses i Tabell 1 delas det totala bygget in i delmoment. För att räkna ut den totala byggda arean 2017 behöver alla projekt sammanställas och arean måste beräknas för alla. De olika husen har två moduler som har gavlar på långsidan, dessa beräknas vara 1,17 m<sup>2</sup> större än de övriga modulerna eftersom de behöver ha plats för extra isolering. I Tabell 1 har till exempel hus A 4 våningar och varje våning består av en 4:a, en 3:a, ett förråd, en trappuppgång och en till 4:a. För att beräkna arean i hus A sammanställs arean för alla moduler som ingick samt lades 2,33 m<sup>2</sup> till för varje våning för att få den totala arean. I den högra kolumnen i Tabell 1 står hur många moduler som varje delmoment består av. Detta gjordes för varje delmoment och varje projekt. Trappuppgångarna tillverkas i den baltiska fabriken och avfallet från tillverkningen är inte med i denna studien.

Tabell 1. Modellen för vilka lägenheter som ska byggas.

Projekt X	168
Hus A. 4x43fT4	40
Hus B. 4x43f2	32
Hus C. 3x2T23f24	39
Hus D. 4x43fT2	36
Hus E. 3x2T22	21

Vissa projekt överskred årsskiftet, då beräknas en procentsats på hur många dagar tillverkning skedde år 2017 i förhållande till den totala tillverkningen. Till exempel, den första jan 2017 avslutades tillverkningen av projekt A som varade i 10 dagar. Då beräknas att 1/10 av arean producerades 2017 och resten 2016.

Den totala byggda ytan blir 46420 m<sup>2</sup> för 2017, då räknas modulens totala längd från början till slut. Den totala levnadsytan blir 39385 m<sup>2</sup> för 2017, med detta menas den golvyta som inte är täckt med till exempel en garderob eller köksinredning, dvs. den yta som lägenheten anges vara för den boende. Den totala levnadsytan anses dock inte som en rättvis yta att beräkna avfall per BTA eftersom olika byggnader inredes olika mycket.

## 5.3 Data från fallstudie

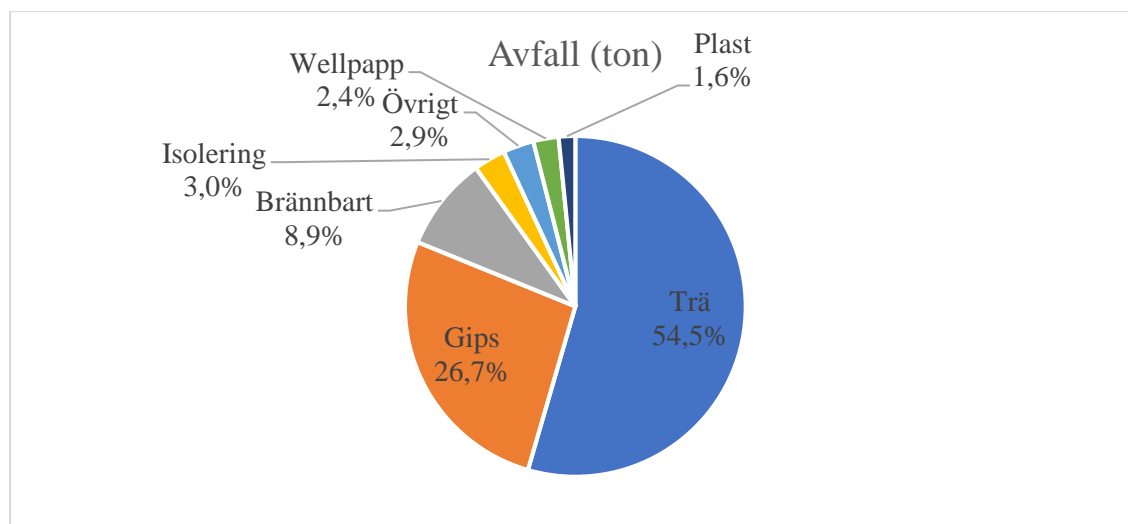
### 5.3.1 Avfallsstatistik för 2017

Tabell 2 visar hur mycket avfall som uppstod 2017, både i ton och kg per BTA.

Tabell 2. Avfallsstatistik i ton och Kg/BTA för 2017.

Fraktion	Avfall (ton)	Kg avfall/ BTA
Trä	668,27	14,4
Gips	326,94	7,0
Brännbart	109,44	2,4
Isolering	37,05	0,8
Övrigt	35,897	0,8
Wellpapp	29,4	0,6
Plast	19,3	0,4
<b>Summa</b>	<b>1226,30</b>	<b>26,4</b>

Kg avfall per BTA för 2017 blir:  $1226,3/46420 \cdot 1000 = 26,4 \text{ Kg/ m}^2$ . Genom att utföra ett cirkeldiagram från Tabell 2 kan förhållandet mellan fraktionerna synliggöras mer tydligt, se Figur 39.



Figur 39. Förhållandet mellan avfallsfraktionerna år 2017.

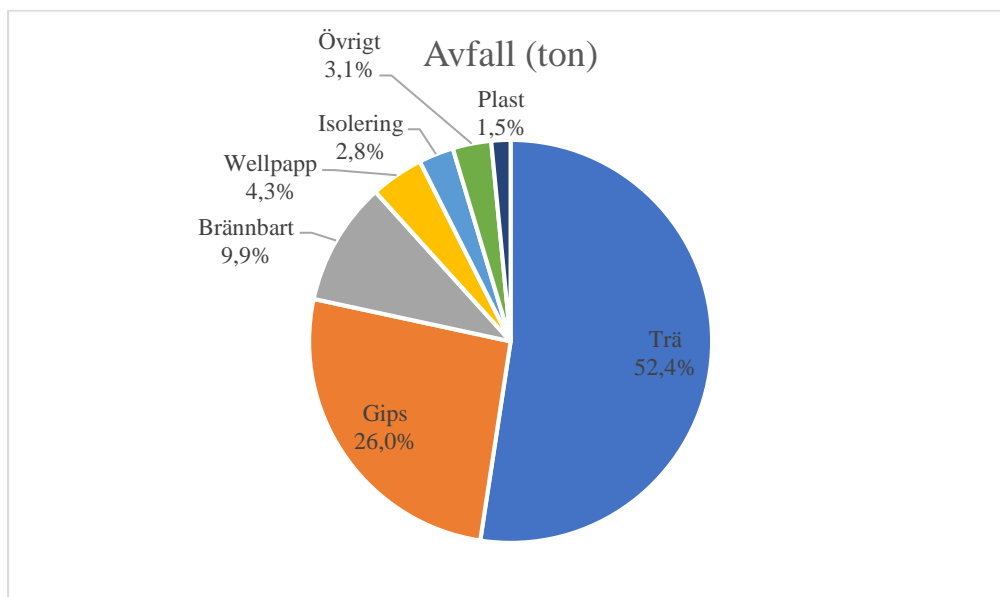
### 5.3.2 Avfallsstatistik för 2018

Tabell 3 visar hur mycket avfall som uppstod 2018, både i ton och kg per BTA.

Tabell 3. Avfallsstatistik i ton och Kg/BTA för år 2018.

Fraktion	Avfall (ton)	Kg avfall/ BTA
Trä	741,94	13,7
Gips	367,67	6,8
Brännbart	140,45	2,6
Wellpapp	60,28	1,1
Isolering	39,77	0,7
Övrigt	43,75	0,8
Plast	21,82	0,4
<b>Summa</b>	<b>1415,68</b>	<b>26,227</b>

Förhållanden mellan fraktionerna illustreras av Figur 40.



Figur 40. Förhållandet mellan avfallsfraktionerna för år 2018.

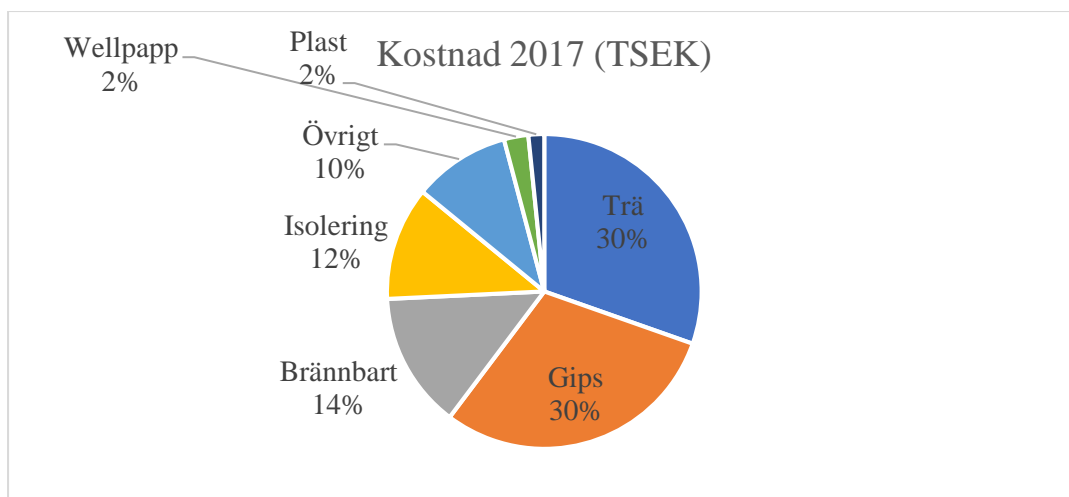
### 5.3.3 Kostnad

#### 5.3.3.1 Direkt kostnad för avfall år 2017 och 2018:

Tabell 4 visar den direkta kostnaden från avfallsentreprenörerna för transport och behandling av avfallet. Figur 41 visar hur kostnaden är procentuellt fördelad.

Tabell 4. Kostnaden för avfallsentreprenörerna under år 2017 och 2018.

Fraktion	Kostnad 2017 (TSEK)	Kostnad 2018 (TSEK)
Trä	189,5	222,6
Gips	186,3	170,6
Brännbart	87,1	124,8
Isolering	72,8	91,8
Övrigt	62,0	110,5
Wellpapp	15,6	33,3
Plast	10,1	16,4
<b>Summa</b>	<b>623,4</b>	<b>770,0</b>



Figur 41. Förhållandet mellan avfallskostnaderna för 2017.

### 5.3.3.2 Direktkostnad för spill 2017:

En annan faktor i kostnaden är det outnyttjade materialet som blir avfall. Det beräknas endast avfallet från 2017 eftersom data saknas för 2018. Kostnaden beräknas genom materialeffektiviteten och uppgår till dryga 3 miljoner kr, se Tabell 5.

Tabell 5. Kostnad för inköpsmaterial och spillet av det.

Inköp	Inköpskostnad (TSEK)	Kostnad för spill (TSEK)
Trä	45 520	2 475
Gips	2 250	273
Isolering	8 350	285
<b>Summa</b>	<b>56 120</b>	<b>3 035</b>

Totalt drygt 3,6 miljoner kr slängdes bort 2017.

### 5.3.3 Materialflöde

I Tabell 6 visas de råmaterial som det beställs mest utav. Det beställs mycket annat material som till exempel, kablar, skåp, garderober, stenskivor, vaskar, fönster, rör osv. men det materialet anses inte som råmaterial. Dessa material behandlas och modifieras i fabriken.

Ett nyckeltal för hur effektiv resursanvändningen är hos olika material är materialeffektiviteten. Den beräknas enligt Ekvation 3:

$$\text{Materialeffektivitet} = 1 - (\text{vikt av avfall})/(\text{vikt av inköp}) \text{ Ekv. 3}$$

Materialeffektiviteten beräknas för varje inköpsgrupp som data erhöles i.

Tabell 6. Inköpsmängd och materialeffektivitet av isolering, trä och gips.

Inköpstyp	Ton	Materialeffektivitet
Isolering	1084	96,6%
Gips	2684	87,8%
Trä	8194	94,6%

Tyvärr går det inte att mäta materialeffektiviteten för brandpanel, plywood eller trä separat eftersom det används samma avfallsfraktion för dem. För att beräkna materialeffektiviteten för trä sammanställs allt trä (brandpanel, plywood, board och trä) i samma beräkning. Sedan uppskattas att en tredjedel av fraktionen trä är pall och den tredjedelen exkluderas. Det är alltså 95% av träet som används i modulerna.

### 5.3.4 Eco mapping

Vid omärkt container tillfrågades personal vid närmaste station om vad de slängde i kärlet, om inte det var uppenbart. Förklaring till märkningen i Tabell 7 följer i Bilaga 2.

I Bilaga 2 avläses placeringen för kärnen, bilden som fås är att kärnen står placerade nära produktionslinan där avfallet uppstår. I fabriken kan det observeras att de mindre containrarna är placerade där utrymme finns, för att truckarna kan nå dem någorlunda lätt.

Som ses i bilaga 2 saknar avfallskärlens placering struktur och mönster. Undantaget är dock att avfallskärlen följer produktionslinan. Ofta är ett specifikt avfallskärl placerat där det specifika avfallens uppkomst är, men det är inte alltid kärlet är proportionerligt till mängden avfall som uppstår.

Sammanställningen för kärnen visas i Tabell 7.

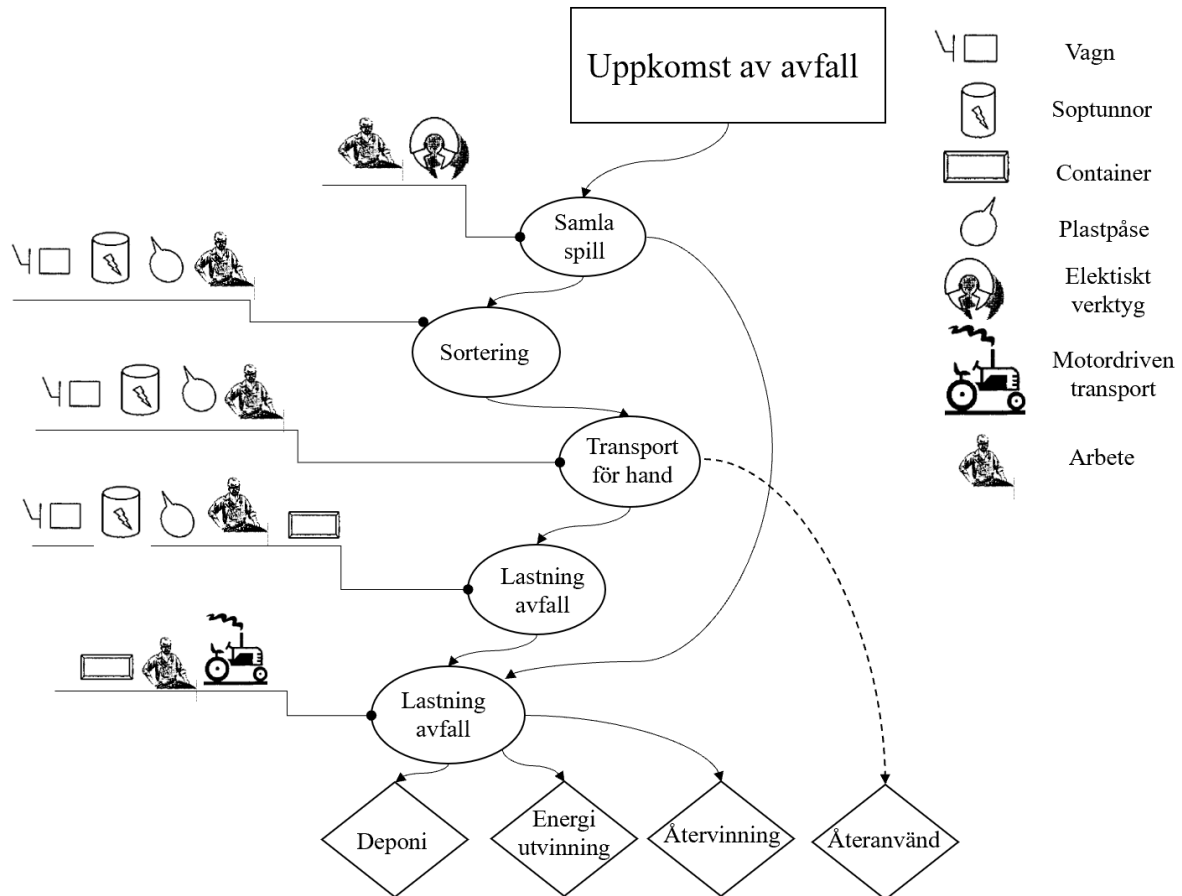
Tabell 7. Schema över vilka avfallskärl som finns i de olika hallarna.

Hall	M	T	G	P	B	I	W	SL	E	?	D	PA	ST	FFS	K	MS	Ö	Rött	Totalt
1	2	4	1	1														1	9
14	2	9	1	11	22	1	8	2	1	3									60
16	2	10	8	15	34	5	12			3	1	1	1					4	96
17	6	19	2	12	27	7	8			1			1	2	3	1			89
22	2	6	2	3	9		2			1									25
58		3	1	2	3		3												12
59	4		7	13	29	7	10									1	1	4	76
<b>Summa</b>	<b>18</b>	<b>51</b>	<b>22</b>	<b>57</b>	<b>124</b>	<b>20</b>	<b>43</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>350</b>

I sammanställningen är gröna och blå rutor inräknande, vilket ger det totala antalet avfallskärl, det inkluderar päsar, soptunnor och mindre containrar.

### 5.3.5 Avfallsmanagement

Fabrikens avfallsprocess illustreras med hjälp av Figur 42. När avfall uppkommit samlas det ihop av både maskin och människa beroende på vart avfallet uppstår. Samlas avfallet med större maskiner, i detta fallet stora dammsugare för gips och spån, transporteras det direkt till en uppsamlingsplats. Är det inte en stor maskin som samlar avfallet sorteras avfallet i någon fraktion av fabriksarbetare. Vid sorteringen kan arbetaren bestämma om det är en användbar bit som kan återanvändas senare, biten kan då hamna i ett sorts mellanlager vid stationen. Bestämmer arbetaren att biten är obrukbar slängs den i närmaste kärl. Kärlen, oftast soptunnor eller större plastpäsar, transporteras för hand för att tömmas i containrar. Containrarna töms sedan av truckar som observerar att containern är full. Containrarna körs till större containrar och töms där i, när en stor container är full kommer avfallsentreprenören och tömmer den. Beroende på innehåll deponeras, energi utvinnes eller återvinns det. Trä flisas och energi utvinnes, ibland när det är mycket pall sorteras pallen ut och används igen. Den brännbara fraktionen energi utvinns också. Gipset återvinns och blir nytt gips medan gipsdammet blandas med jord eller grus och blir nya täckmassor.



Figur 42. Avfallens väg i fabriken, från när det uppstår till när det tas hand om av avfallsentreprenör.

### 5.3.6 Framtid

Fabriken står inför stora förändringar, redan vecka 48 2018 genomgår fabriken en stor logistikförändring. Idag byggs det golv, tak och vägg i både hall 16 och 59, två parallella flöden levererar delkomponenter till hall 17 där de monteras ihop. Efter vecka 48 2018 övergår det till ett flöde. Det innebär att golv, tak eller vägg byggs i samma hall. Hela golvproduktionen kommer flyttas till hall 59 medan tak och vägg flyttas till hall 16.

#### 5.3.6.1 Material-Produktion och Styrningssystem

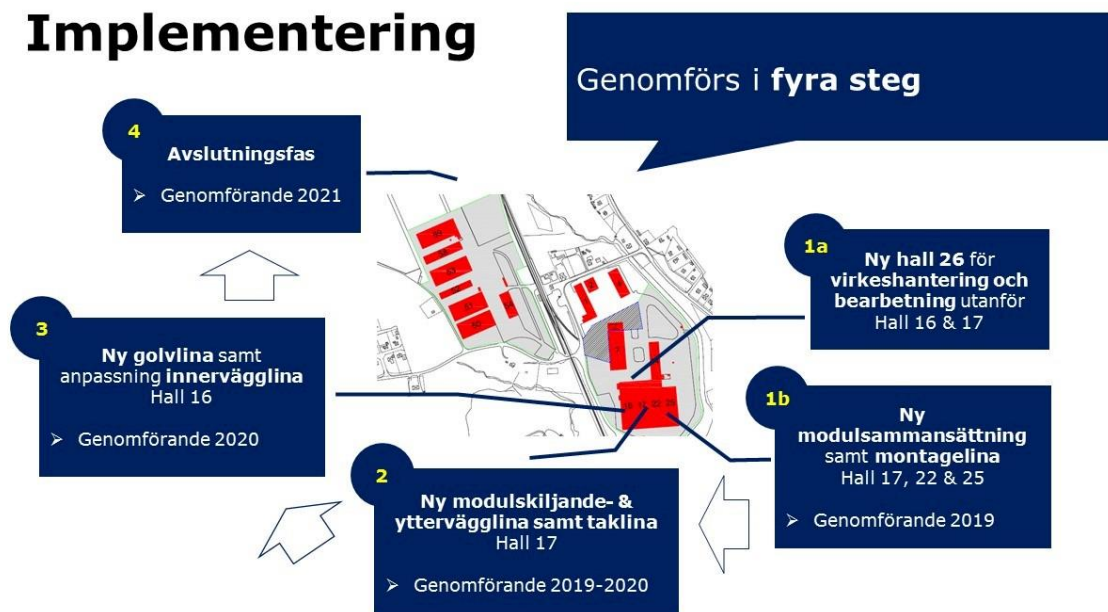
Vid årsskiftet 2018/2019 ska ett Material-Produktion-Styrning (MPS) system vara i bruk, något som fabriken tidigare inte haft. MPS systemet innehåller alla artiklar som köps in och alla artiklar som sätts in i modulerna. Därför är det lätt att följa vart allt material hamnar. En artikel som behöver kapas kommer följa en kasseringsprocent där systemet har ett medeltal på hur mycket som generellt slängs. Det finns även utrymme för biprodukter i systemet.

#### 5.3.6.2 2020

Utöver omstruktureringen vecka 48 2018 ska ett större projekt mot ett mer automatiserat arbetsätt genomföras och tar ett steg mot Lean, se Figur 43. Projektet förväntas leverera en 50 % ökning av produktiviteten, samt öka effektiviteten, automationen och arbetstillfällena.



# Implementering



Figur 43. Planen för fabriken utveckling under de kommande åren.  
Källa: Företagets intranät, taget 2018-11-15, finns även publicerat.

## 5.3.7 Baltiskt husmodulföretag

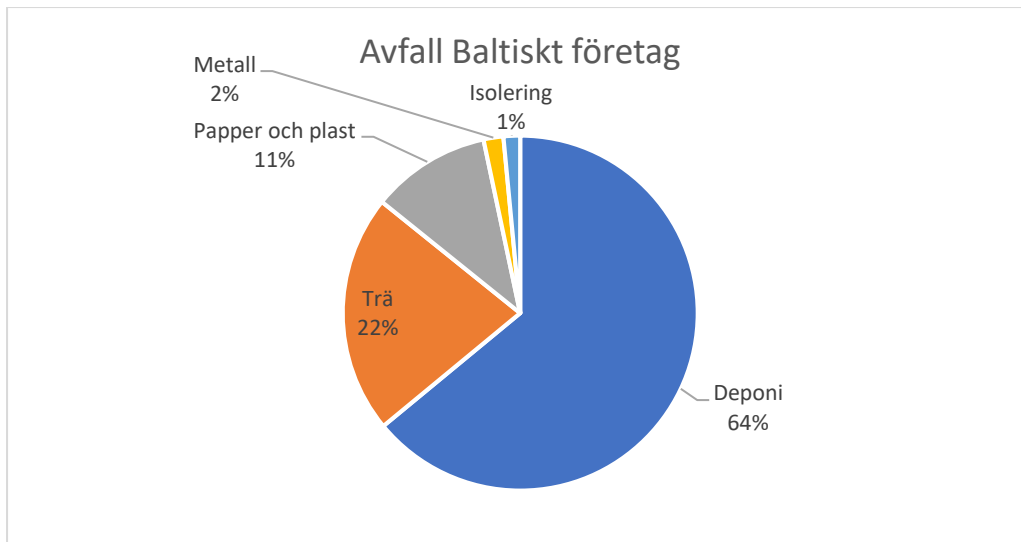
Det finns ett antal företag som producerar husmoduler av olika slag, bland annat ett företag lokaliserad i ett baltiskt länd. Företaget som fallstudien gjordes hos producerar husmoduler som kallas Flex, samma typ som studiens företag bygger. Det baltiska företaget har i några år levererat trapphus samt modulen Flex till studiens företag under det senaste året. Dock producerar det baltiska företaget flera olika typer av moduler då studiens företag inte är deras enda kund.

Eftersom företaget bygger liknade produkter och i vissa fall samma produkt innebär det att en inblick kan fås i hur liknande företag driver sin verksamhet. Företaget togs med i studien eftersom det går att jämföra fabriken med varandra. Det baltiska företaget har en fabrik som inte är mer än två år gammal. Dock levererar de inte lika många moduler av typen Flex som företaget för studien gör.

Vid besöket i den baltiska fabriken bestod majoritet av tiden av möten, men det var också en rundvandring på fabriksgolvet. Rundvandringen leddes av en Quality manager och en Lean manager. Processerna var mycket lika då båda företagen har en lina för respektive delkomponent och sedan flera linor för sammansättning av modulerna. Den baltiska fabriken hade kommit längre i arbetet mot Lean, framförallt med 5S, men även standardiseringen hade kommit ett steg längre. Det framgick av avfallet då det vid kapar och sågar i många fall var samma mått på majoriteten av bitarna.

Det går inte att jämföra avfallet rakt av eftersom de bygger andra produkter också. Det går att beräkna avfall per BTA för företaget, liksom alla byggföretag som mäter avfall, men eftersom de inte är villiga att dela med sig av alla siffror blir beräkningarna begränsade. Det går dock att räkna ut att de kasserar ungefär samma vikt av modulen som företaget för studien gör, dvs. var tionde modul. Därför görs antagandet att dess avfall per BTA bör vara likt studiens företag.

I Figur 44 ses förhållanden mellan fraktionerna hos det baltiska företaget.



Figur 44. Förhållandet mellan fraktionerna i den baltiska fabriken Q1-Q3 2018.

I fraktionen deponi består en betydande del av gips. Fabrikens quality manager uppskattade att hälften av avfallet i fabriken är gips. Något som fabriken har haft svårigheter att göra sig av med på något annat sätt. Den resterande delen av deponifractionen består av färghinkar, rör, duk, med mera. Fraktionen papper och plast bestod av wellpapp och mjukplast, dock separerades en viss typ av hårdplast i andra kärl som är inbakad i papper och plastfraktionen. I Trä fraktionen återfann bara rent trä. Metall togs bort för att sorteras i en egen fraktion och engångspallar sorterades för sig.

Den baltiska fabriken hade inte problem med träkvaliteten på samma sätt som fabriken i Småland hade. Det var inga problem med sprickor eller vridningar i träet utan hade istället större problem med fuktskador. Det förekom mögel och röta i några brädor, det framgick inte om det var leverantörens fel eller om fabriken själv hade utsatt brädorna för vatten.

Området hade även en flismaskin som flisade träet som genererades i fabriken. En fjärdedel av träet gick till företagets egna värmeanläggning där det förbränns, resterande såldes.

## 6. Analys

### 6.1 Analys av data

#### 6.1.1 Rättvisa enheter

Denna studie har mätt alla fraktioner och inköp i vikt, något som inte alltid är rättvist. Detta gäller framförallt isoleringen vars värde vanligen mäts i  $m^2$ ,  $m^3$  eller värmeledningsförmåga ( $W/(m^*K)$ ). Problematiken är att sammanställa de olika materialen till en gemensam enhet som sedan lätt kan följas upp och mätas. Hade det totala avfallet mätts i kubikmeter hade trä och isolering motsvarat för ungefär lika stora volymer, något som inte heller är en rättvis bedömning. Att mäta i vikt underlättar eftersom avfallsentreprenörerna alltid mäter i vikt vid ankomst till avfallsanläggningen.

Andra fraktioner som gips, trä och brännbart mäts fördelaktligen i vikt. Gips och trä eftersom dessa är svåra att mäta i någon annan enhet på grund av deras otymplighet, något som resulterar i mycket luft i fraktionerna. Brännbart är en salig blandning av material, därför är vikt lättast att mäta.

Industrin har ett vanesätt att mäta många av sina Key Performance Indicators (KPI) per produkt. Det ger många fördelar, eftersom enheten anpassar sig efter produktionstakten och det är lätt att jämföra mellan år och kvartal inom företaget. Det är dock svårare att jämföra sig med branschen eftersom produkten ofta skiljer sig åt gentemot sina konkurrenter. Genom att mäta per BTA, har byggindustrin ett sätt att utnyttja de fördelarna som att mäta per produkt ger, men även ha möjligheten att jämföra företaget med övriga i branschen. Byggindustrin skiljer sig en hel del åt, därför är det viktigt att jämföra med de som bygger liknande produkter. Byggentreprenörer som bygger kontor i betong bör inte jämföra sig med de som bygger bostadshus i trä, dock finns möjligheten om båda mäter per BTA. Vikt avfall per BTA är ett smidigt sätt att mäta avfallet eftersom det finns en direkt koppling mellan BTA och mängden avfall.

För att få en uppfattning om hur fabriken ligger till jämfört med övriga i byggbranschen, hämtas några värden från litteraturstudien, se Tabell 8.

Tabell 8. Sammanställning av enheterna kg avfall per BTA från litteraturstudien.

Företag	Dagsläge	Mål	Enhet
Fabriken i Småland	26	13	Kg avfall/BTA
JM AB	30	15 (2021), 5 (2035)	Kg avfall/BTA
Projekt A	40	-	Kg avfall/BTA
Projekt B	32	-	Kg avfall/BTA
Projekt C	19	-	Kg avfall/BTA
Projekt D	16	-	Kg avfall/BTA
Upphandlingsmyndigheten	25-30	20 (traditionellt)	Kg avfall/BTA
Mália & Brito et al. (2013)	10-39	-	Kg avfall/BTA

Dessa värden går dock inte att jämföra direkt. Både för Projekt A och B saknas det information om byggmaterial, dock är de traditionellt bygge. JM har ett medelvärde för alla sina byggen, vilket antagligen resulterar i en mängd olika byggtekniker. Upphandlingsmyndighetens medelvärde gäller oavsett byggteknik. Studien från Mália & Brito et al. (2013) är en prognos inom vilket spann som trähus bör hamna. Alla dessa siffror gäller färdiga projekt, något som inte fabriken egna siffror är. Siffran är framtagen från fabriken där avfallet från byggarbetsplatsen är inte medtaget. Därför bör företagets totala avfall per BTA för ett färdigt projekt vara högre än 26 Kg/BTA.

### 6.1.2 Kostnad

En annan vanlig enhet som används är svenska kronor och ofta är det kostnader som präglar avfallet, då det oftast kostar att få avfallet hanterat korrekt. Alla avfallskostnader från avfallsentreprenörerna år 2017 framgår i Tabell 4, där ses det att trä och gips dominerar kostnaden.

Vid jämförelse av Figur 39 och Figur 41 visas förhållandet mellan kostnaden och vikten av avfallet. Trots att träet står för ca 55% av vikten utgör det endast 30% av kostnaden. Detta beror på att träet är användbart efter att fabriken klassat det som avfall, bland annat för dess höga värmeutvinningsförmåga. Gips, plast och wellpapp utgör ungefär samma andel. Det som skiljer sig mest i vikt och kostnad är isolering, vilket är logiskt eftersom dess densitet är låg, det gör den otymplig att förvara effektivt. Avfallsentreprenören tar inte betalt för själva isoleringen, utan endast för transporten av containern. Övrigt är också en fraktion som det är stor skillnad på, det beror dels på att fraktionen innehåller många farliga ämnen, dessutom är kostnaderna för endast hyran av vissa containrar inkluderade i kostnaden för Övrigt.

Sammanlagt är kostnaden för att hantera och transportera bort avfallet från fabriken i Småland ca 620 000 kr. Detta är inte speciellt stora summor men ändå något som företaget hellre lagt på något annat.

Det är dock endast en del av hela sanningen, det finns dolda kostnader gömda i dessa avfallsmassor, bland annat värdet av allt outnyttjat material som kasseras, vilket kan avläsas i Tabell 5. Kostnaden för det outnyttjade värdet överstiger slutligen 3 miljoner kronor, där 80% av kostnaden är outnyttjat trä. Det finns även andra slöserier som inte är beräknade i kostnader, arbetstid som läggs på avfallshantering, till exempel tömning av kärl, städning och administration, men även mer svårberäknade varianter av Toyotas definition av slöserier.

Sammanlagt uppnår kostnaderna till 3,6 miljoner kronor, vilket i dagsläget är pengar som inte medför någon kundnytta. Det finns alltså en del pengar att hämta från avfallet.

### 6.1.3 Koldioxid i avfall

Det går även att studera avfallet från en klimatsynpunkt, det finns många aspekter när det kommer till miljö, därför kommer det att begränsas till växthusgaser. Rent viktligt har rapporten redan berört avfallssynvinkel men ett av de största miljöproblemen har lämnats åt sidan, nämligen växthuseffekten.

För att göra en inblick i hur mycket koldioxidekvivalenter (CO<sub>2</sub>-ekv.) som avfallet från den småländska fabriken genererar har CO<sub>2</sub>-ekv. används. Omvandlingsfaktorerna är tagna från moderbolagets miljörapportering, förutom för brännbart där ett värde för plastavfall använts. Siffrorna som redovisas i Tabell 9 visar hur mycket koldioxid som genereras när avfallet återvinns, energi utvinns eller deponeras. Det gav upphov till att 760 ton CO<sub>2</sub>-ekv. släpptes ut år 2017, se Tabell 9.

Tabell 9. Koldioxidutsläpp som uppstår av avfallet på fabriken.  
Källa: Miljörapporteringen från moderbolaget

Fraktion	Ton CO <sub>2</sub> -ekv. /ton material	Ton CO <sub>2</sub> -ekv. 2017
Trä	0,59	394
Isolering	1,28	47
Gips	0,39	128
Brännbart	1,74	190
Totalt	-	760

Det är dock inte en helt rättvis beräkning, det beror på att träet som bidrar till en majoritet av utsläppen, beräknas eldas. Vid förbränning av trä uppkommer mer CO<sub>2</sub>-ekv. än vid förbränning av

många material som fyller samma syfte, till exempel kol eller naturgas. Beräkningen tar inte hänsyn till att träet är en del av den naturliga kolcykeln och därmed inte tillför kol till kretsloppet, det vill säga att trä räknas som förnybart. Det gör inte kol eller naturgas som tillför koldioxid till den naturliga kolcykeln och därmed räknas som ett icke-förnybart bränsle.

Cirka 90 % av vikten från avfallet har beräknats i koldioxidekvivalenter. Den resterande vikten beräknas ha lite påverkan för resultatet, Wellpapp och Plast återvinns och övriga delas in i många olika kategorier vilket gör det svårare att ge en gemensam bild för kategorin, därför utesluts de sista 10% av vikten från beräkningen. Den största osäkerheten ligger dock i träet, det beror på att det finns många olika typer av trä och emissionsvärdet är taget från barrträd. Verkligheten är annorlunda eftersom fabriken inte bara har barrträd i fraktionen, utan trälaminat och annat behandlat trä ger upphov till mer utsläpp än vanligt barrträd.

Ingen livscykelanalys har genomförts och det är endast beräknat på hur mycket utsläpp som materialen genererar. Det är alltså inte beräknat på om materialen ersätter ett annat bränsle och därav ger upphov till en minskad miljöpåverkan. Beräkningen innefattar inte heller de transporter som gjorts för varje materials livscykel.

#### **6.1.4 Modifikation av systemgräns**

Studiens systemgräns är dragen vid fabriksområdet, detta betyder att allt avfall som uppkommer inom fabriksgränsen är studerat. Allt avfall som uppstår utanför fabriken är inte berört i studien. Fabriken är endast en faktor till avfallet som uppstår hos företaget, en annan faktor är byggarbetsplatsen. Vid beräkningar från företaget visas det att 55% av avfallet uppstår i fabriken och 45% vid byggarbetsplatsen. Det leder till att företaget sammanlagt genererar 48 kg avfall per BTA. Det går inte att säga att det är hela produktens avfallsbelastning, hela värdekedjan är inte beräknad utan endast företagets del. Materialet som företaget köper in genererar avfall samt att rivningen av bostaden också genererar avfall. Vid beräkning av bostadens vikt fördelat på BTA, framgår det att bostaden väger ca 260 kg per BTA. Vid årsskiftet 2018/2019 har ännu ingen bostad från företaget rivits, därför är det svårt att veta vad som kommer hända med bostaden efter den har rivits. Om allt klassas som avfall kommer det innebära att det totala avfallet från bostaden uppgår till drygt 310 kg per BTA, exkluderat underleverantörernas avfall.

## **6.2 Småländska fabriken**

### **6.2.1 Jämförelse 2017 och 2018**

Tabell 10 visar hur förändringen mellan 2017 och 2018 ser ut. Vid jämförelse av det totala avfallet beräknas det öka med 15 % men eftersom produktionen också ökat med 15 % blir det knappt någon förändring i vikt per BTA. För att kunna jämföra rättvist mellan åren, läggs fokus på vikt/BTA, eftersom den procentsatsen inkluderar en produktionsökning, något som vikt inte tar hänsyn till. Det som sticker ut mest är wellpapp som ökat med 76 % men brännbart har också ökat med 10 %. De största fraktionerna är trä och gips som står för ca 75% av avfallsvikten. Dessa minskat med 5 och 3 % vardera. Eftersom det är trä och gips som är störst har den uppskattade förändringen mellan åren förblivit oförändrad trots wellpapps stora ökning.

Tabell 10. Ändringen av avfall procentuellt från 2017 till 2018.

Förhållande 18/17	Vikt	Vikt/BTA
Trä	11%	-5%
Gips	12%	-3%
Brännbart	28%	10%
Wellpapp	105%	76%
Isolering	7%	-8%
Övrigt	22%	5%
Plast	13%	-3%
<b>Summa</b>	<b>15%</b>	<b>-1%</b>

### 6.2.2 Avfall kopplat till processer

Avfall uppkommer vid flera ställen längs med produktionslinan. Tyvärr förs det inte data på vart avfallet uppkommer i fabriken, kärlen töms när de är fulla, i en gemensam container för alla hallar. Det betyder att avfallsentreprenörerna inte kan förse fabriken med data om vilka processer som genererar mer avfall än andra. De olika hallarna skiljer sig en del åt i den mängd delkomponenter de tillverkar, därför skiljer sig både mängden avfall och avfallets innehåll från hall till hall.

I Tabell 7 kan det ses sammanställningen av antalet kärl som tyvärr inte säger mycket om vilken produktion som sker i hallen, utan snarare hur mycket produktion som sker. Hall 17 har mest träkärl men det är inte mest träavfall. En tredjedel av avfallskärlen är i fraktionen brännbart, något som inte återspeglas i mängden brännbart avfall. Det går därför inte att konstatera att antalet kärl är kopplat till mängden avfall.

Det går inte heller att spekulera kring avfallets procentuella uppdelning med hjälp av Tabell 7. Det som kan utläsas är andelen omärkta kärl samt de kärl som innehöll något annat än sin märkning. Det är dock ingen stor andel som är felaktig, ca 2-3 %, dock bör den andelen kunna sjunka till noll relativt lätt.

### 6.2.3 Sortering

Idag är fraktionen brännbart 9,5 % av det totala avfallet, vilket är en ökning från 2017. Idag används fraktionen som en ”övrigt” fraktion. Allt möjligt kasseras i kärlen, även saker som har andra fraktioner som till exempel gips, se Bilaga 3. Det kan bero på att brännbartkärnen är väldigt vanliga och därför oftast står närmast till hands. Det är alltså lättare att slänga trä i brännbartkärlet som står närmre än att gå en bit extra till träkärlet, speciellt när arbetstempot är högt. En fördel med standardiserat arbete är att samma avfall uppstår oftast på samma ställe. Det skapar möjlighet en att dela upp brännbart fraktionen i flera fraktioner. Ett vanligt förekommande föremål i brännbart är hårdplast. Finns det möjlighet för avfallsentreprenörerna att återvinna hårdplast, kan det vara gynnsamt från både en ekonomisk och ekologisk dimension.

I den baltiska fabriken sorterades hårdplast ut från de övriga fraktionerna. De har en avfallsentreprenör som hanterar och återvinner hårdplast. Vilket gör det mer ekonomiskt samt ekologiskt gynnsamt.

Engångspallen i fraktionen trä medför svårigheter med att uppskatta den exakta vikten av jungfruträ som verkligen slängs. Om det läggs tid på att sortera en full stor container hade ett nyckeltal funnits på hur mycket pall som faktiskt förekommer i fraktionen. Det kan vara av intresse att separera pall från trä, det beror dels på att materialeffektiviteten blir lättare att beräkna. Dock bör fabriken trycka på de underleverantörer som levererar på engångspall att gå över till EU-pall och ingå i det existerande retursystem som redan är i bruk.

#### **6.2.4 Lean**

Fabrikens arbete med Lean är en pågående process som ständigt utvecklas. Det märks att fabriken har försökt standardisera och uppmuntrar fabriksarbetare att komma med förslag för att förbättra arbetsplatsen. Dessutom bygger affärsmodellen på ett pullsystem, vilket byggbranschen ofta gör. Det finns även taktschema att följa och MPS systemet kommer bidra till att varje detalj spåras i systemet. Vidare återkopplas dessa moment till Lean-huset där fabriken arbetar med standardiserat arbete, vilket ger möjligheter för Kaizen och Heijunka. Fabriken har idag ett arbetssätt som inkluderar Lean-husets golv, även om förbättringsmöjligheter finns, är det en stadig grund att arbeta på. Pelaren Just-in-Time finns också inbäddad i fabriken arbetssätt, och är något som fabriken ständigt försöker förbättra, bland annat genom MPS systemet. Den andra pelaren, Jidoka, har dessvärre fallit mellan stolarna. Det sker ett standardiserat arbete med att upptäcka defekter och sedan åtgärda dem. Det påverkar dock inte alltid taktscemat och defekter kan följa med i flera stationer för att åtgärdas flera stationer ifrån där det egentligen ska göras. Jidoka innefattar även separation av maskin och människa. Tanken med filosofin är ett automatiserat flöde som själv ska upptäcka defekter. Fabriken i Småland består idag av idag 90 % människor och 10% maskiner, något som annars brukar vara tvärtom i ett automatiserat flöde. Dessutom är det sällan som maskiner och människor är separerade och idag är det få moment som avskiljer de båda. Taket av Lean-huset finns det inga problem med, där finns en klar bild om vad målen är, men inte alltid hur de ska nå dit.

### **6.3 Liknelser och skillnader mellan fabriker**

Vid jämförelse av Figur 39 och Figur 44 kan det ses att avfallet från respektive fabrik skiljer sig betydligt åt. Fraktionen deponi uppkommer till 64%, vilket är mestadels gips. Det förekommer lite olika fraktioner mellan fabrikena men mängden isolering är densamma. Trä är mestadels lik förutom att träpall inte sorteras i fraktionen. Dock antas det att pallen förekommer i fraktionen trä eftersom pallen flisas med träet ändå. Det går att dra liknelser mellan wellpapp, plast och brännbart som utgör ca 16 % av avfallet och deponi, exkl. gips samt papper och plast, som utgör ca 25% av avfallet. Dessa delar har ungefär samma innehåll.

Utöver avfallet har den baltiska fabriken ett arbetssätt närmre Lean filosofin och har, trots bygget av olika modultyper, kunnat standardisera sitt vardagliga arbete. Det märktes att fabriken tänkt igenom var de placerat varje station och hela fabriksgolvet var under samma tak. Det skedde mer aktivitet på mindre yta. Fabriken var till ytan mindre och många stationer utförde arbetet på mindre plats än fabriken i Småland. Den begränsade platsen gav kortare avstånd mellan stationerna och mindre utrymme för lager.

Den baltiska fabriken har inte jobbat aktivt mot att minska avfallet, något som framgick när Lean managern sade att han fick utökat ansvar som waste manager en vecka innan besöket skedde, en titel som tidigare inte funnits och antagligen skapades i samband med besöket. Dock har de arbetat med att försöka hitta ett företag som kan återvinna gips, något som de ännu inte har lyckats med.

### **6.4 Kategorisering**

För att kunna belysa problematiken med avfallet och minska dess uppkomst behöver avfallet kopplas till anledningen till att avfallet uppstår. Avfallet uppkommer ofta på många olika ställen men av samma anledning. Därför kategoriseras uppkomstkällorna för att kunna behandlas var för sig, dock berör en del uppkomstkällor av avfall flera kategorier.

#### **6.4.1 Inköp**

Via inköp beställs allt som behövs för att bygga modulerna. De inköp som det sker mest av är trä, gips och isolering. Vad det köps in för material till fabriken påverkar i högsta grad det dagliga arbete som

sker i fabriken. Det måste levereras rätt material i rätt tid för att fabriken ska kunna fortgå som vanligt. Det leder till en fråga, vad är rätt material? Det är svårt att svara på den frågan eftersom det ingår oerhört många olika komponenter i en husmodul.

En essentiell parameter är kvalitet. I fabriken kasseras material men det sorteras också en del till auktion på grund av kvalitetsbrister. Enligt fabriken kostade kvalitetsbrister fabriken 1,67 miljoner kr år 2017. Eftersom att minimera avfallet är ett mål med studien kan slutledningsförmågan leda till argumentet, köp bästa kvalitén för att minimera avfallet. Tyvärr håller inte det argumentet i praktiken på grund av två anledningar. Nummer ett, företaget kan oftast inte bekosta den bästa kvalitén och fortfarande ha konkurrenskraftiga priser. Nummer två, ökad kvalitet på trä behöver inte innebära mindre avfall. Detta beror på att utrustningen är anpassad efter en viss hårdhetsgrad hos materialet. Eftersom bättre kvalitet ofta ökar hårdhetsgraden i träet kan materialet bli för hårt för skivsågar och annan kaputrustning. Det kan resultera i att sågarna sågar snett, vilket kan öka avfallet. Kvaliteten behöver egentligen bara vara tillräcklig för materialets specifika syfte. Eftersom det finns många komponenter i ett hus, varav de fyller olika funktioner och syften, bör deras krav på kvalitet variera därefter.

En annan parameter som är viktig är dimensionen för materialet. Det är önskvärt att minimera inköp och fortfarande producera samma mängd produkt. Här skiljer sig materialet sig och kan delas in i två kategorier, delbart och icke delbart. Till exempel kan trä sågas snabbt och effektivt på längden men kräver oftast betydligt mer arbete på bredden eller höjden. Diskbänkar är tillskillnad från trä icke-delbara eftersom de kommer färdiga till fabriken och behöver bara monteras. Det är viktigt att rätt dimension köps in för att minimera sågning och kapning.

Det finns fler parametrar till exempel pris, leveranstid, utsläpp och handpåläggningstid med mera. Många av dessa parametrar är kopplade till varandra, direkt eller indirekt. Dock belyses kvalitet och delbarhet eftersom dessa har en stark koppling till avfallet. Båda kan optimeras för att ta tillvara på material som idag slängs.

En annan faktor som kategoriseras inom inköp är auktionen som sker på fabriken. Det som säljs på auktionen klassas inte som avfall, dock innebär det materialineffektivitet och är enligt Lean filosofin en form av spill. Auktionen är en bra tanke som syftar till att sälja det material som ersatts av annat material. Idag hamnar även material med kvalitetsbrister, skadade föremål och testmaterial på auktionen. Auktionen existerar för att förhindra att det klassas som avfall och därmed ser avfallsstatistiken bättre ut samtidigt som fabriken slipper betala för att bli av med det. Auktionen kan dock innebära en suboptimering. Direkt undviks avfall men indirekt kan vetskapen om att materialet inte slängs, utan hamnar istället på auktionen generera att mer material skickas till auktionen.

## **6.4.2 Design**

Produktens design kan ha stor inverkan på hur mycket avfall som genereras eftersom det styr vad som ska sågas/kapas. Tidigare nämndes delbara och icke delbara material, det är något som behöver tas i beaktande vid design av modulerna. Icke-delbara material kommer inte ge upphov till direkt avfall men kan dock orsaka indirekt avfall till exempel vid montering. Delbara material ger i princip alltid upphov till avfall genom sågning eller kapning, allt från små spån till större oanvändbara kantbitar.

Enligt (PIZARRO 2016) finns det fem parametrar för hur design påverkar avfallet. Design för livslängd, end-of-life, ersättning av jungfrumaterial, paketering och avfallssortering. Eftersom avfall som uppstår i fabriken är av intresse är det två parametrar som är relevanta, design för ersättning av jungfrumaterial och design för avfallssortering. Den förstnämnda innebär att avfall förhindras att uppstå medan design för avfallssortering fokuserar på när avfallet redan uppstått. Vid design av modulerna finns det många saker att ta hänsyn till, bygglagar samt brandlagar måste följas, krav på levnadsmiljön, estetik och många andra faktorer. Eftersom det är många faktorer kan optimeringen av material komma i skymundan. Genom att anpassa modulen efter standardmått kan avfall undvikas,



dock kan det vara svårt eftersom många andra faktorer spelar roll. Ett samarbete mellan tjänstemän som köper in materialet, arbetare i fabriken och designteamet i ett tidigt skede kan belönas rikligt vid senare skeden där arbete och avfall annars skulle uppkomma. Att undvika uppkomsten av avfall bör vara en faktor som tas till beaktan på ritbordet. Framförallt eftersom det inte är alltför tidskrävande men ändå kostnadseffektivt.

### **6.4.3 Tillverkning**

Misstag i industrier sker jämt, det är av stor vikt att fånga upp dessa misstag och åtgärda dem samtidigt som att förhindra att de sker igen. Fabriken arbetar flitigt med kvalitetssäkring, varje morgonmöte tas det upp om något gått fel, vem som har ansvar för att bokföra det och vad som ska göras åt det. Innan modulen ska plastas in för att skickas till lagret genomförs en besiktning av modulen. Att upptäcka felaktigheter i slutet av linan innebär att extra arbete har lagts på en oanvändbar produkt. Ofta innebär det också att mer arbete krävs för att sedan åtgärda felet, vilket också ofta resulterar i mer avfall.

Att minimera riskerna för skadat material under transport är av stor vikt. Att ha extra transportsteg och många lager kan därmed medföra en onödig risk som att saker tappas, glöms bort eller förvaras felaktigt.

### **6.4.4 Management**

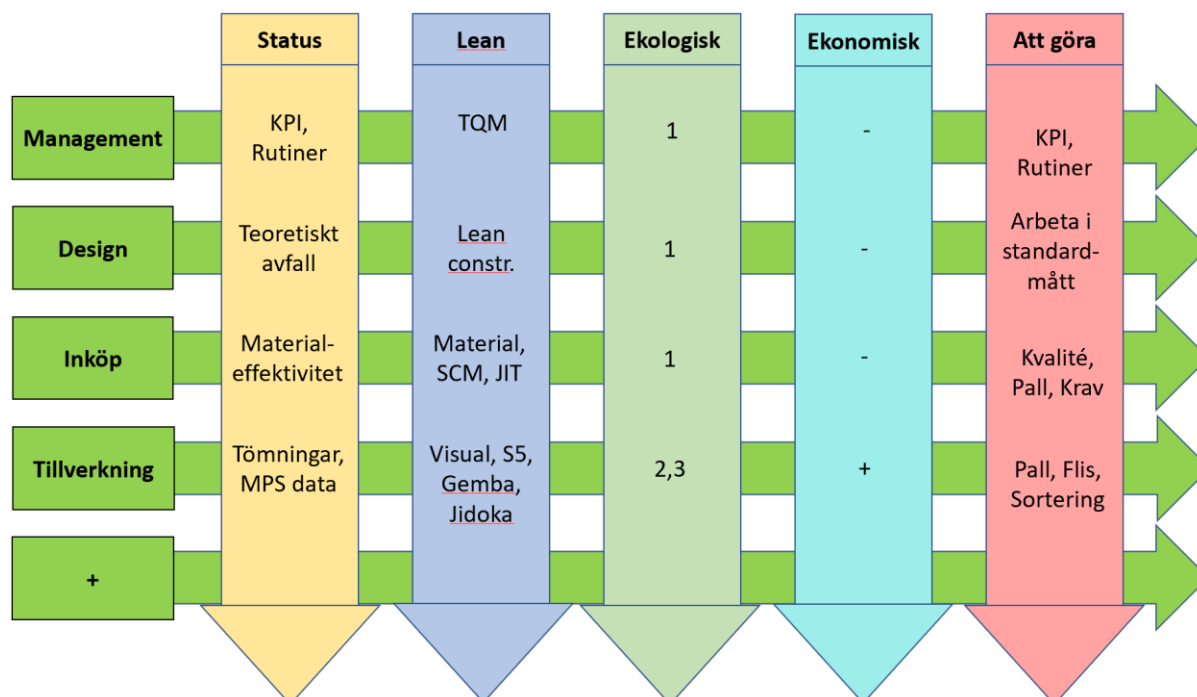
Under fallstudien framgick det att avfallshanteringen är som en svart box. Fabriken vet hur mycket produkt som produceras och hur mycket avfall som uppstår men inte vart avfallet uppstår. Det sker ingen uppföljning om vad som köps in eller vad som säljs på auktion. Vilket gör det svårt att se hela flödet. Arbetarna i fabriken vet varför och vad de slänger, men det är inte något som följs eller dokumenteras. Det sker inte heller någon uppföljning på vart avfall uppstår och vilka steg som genererar mest avfall. Det finns inga riktlinjer om hur avfallshanteringen ska gå till, arbetare bestämmer själva standarden på vad som klassas som avfall och vad som ska gå till auktionen eller om det ska läggas på mellanlager. Arbetare ser gärna att materialet tas tillvara på och upprättar i vissa fall egna mellanlager. Som nämndes tidigare finns det även delade meningar på virkeskvalitén, något som antyder att det inte finns en standard som ska följas.

Lyckligtvis implementeras ett MPS system vid årsskiftet 2018/2019 som kommer reda ut många av dessa dataluckor. Dock kvarstår problemet med bristen på riktlinjer i fabriken.

## **6.5 Ramverk**

Under studiens gång har underlag för ett ramverk skapats. Syftet med studien menar på att ett ramverk ska utvecklas och det är formuleringarna i syftet som ligger till grunden för hur ramverket är uppbyggt. I syftets första rad finner man att ramverket ska tillämpa en analys av processer. Därför har studien undersökt och delat in vart avfallet uppstår för att sedan kunna dela avfallskällorna i processer. Processerna har kunnat kategoriserats och har en likhet med Portersvärdekedja, vilket var anledningen till varför modellen har lagt en grund för kategorierna. För att mäta avfallet, som syftet indikerar på, behövs en nulägesrapporteringen. Det återfinns i ramverket eftersom det behövs korrekt data för att kunna göra rättvisa analyser och förbättringsförslag. Men för att kunna driva igenom avfallsarbetet på ett korrekt sätt behövs olika verktyg som kan användas. De presenteras också i ramverket och förmedlar hur arbetet kan genomföras. För att ha ett långsiktigt perspektiv har de den ekonomiska och ekologiska aspekterna utgjort en bedömningsgrund i ramverket, det är för att kunna ge en god översikt och en korrekt bedömning om avfallet minskar och om det är värt bördan. Under fallstudien har ett antal förslag på åtgärder hur avfallet kan minimeras dykt upp, bland annat genom de verktyg som presenterats. Dessa åtgärder kan ses som början på ett arbete mot minskat avfall, samtidigt som ramverket används för att kunna driva dessa förslag igenom. Eftersom Lean strävar mot kontinuerlig förbättring menar ramverket till att arbetet alltid fortsätter. De verktyg som används

menar till att generera mer förslag och uppföljningar som sedan ska drivas igenom och i sin tur de uppkomst till fler förslag.



Figur 45. Ett ramverk över presenterade kategorier, dess status och de verktyg som kan användas. Sedan sker en bedömning av två skolor, en ekologisk och en ekonomisk för de åtgärder som presenteras.

Ramverket, som kan ses i Figur 45, bygger på kategorierna presenterade i avsnitt 6.4. Tanken är att varje kategori behandlas för sig. I den första kolumnen sker en nulägeskontroll som visar statusen för problemet. Den kolumnen är till för ett eller flera måttetal som mäter framsteg för de som görs inom avfallshanteringen. Den andra kolumnen, Lean, är de verktyg som används inom företaget idag men det finns även verktyg i kolumnen som företaget inte använder idag. Den tredje och fjärde kolumnen visar bedömningar på en ekologisk samt en ekonomisk skala. Kolumnen Avfallstrappa är en bedömning på om avfallet rör sig upp eller ner i avfallshierarkin. Siffrorna står för steg i avfallstrappan, där 1 är första steget och 5 är sista, dvs. står det en etta finns potential till första steget i avfallstrappan. Kolumnen Ekonomi visar om det kommer generera pengar för företaget eller om det kostar, det visas genom ett plus- respektive minustecken. Sista kolumnen Att göra, är vad som kan göras för att minska avfallet.

Den nedersta kategorin är tom samt att raderna är visade som pilar för att visa att det går att lägga till fler kategorier om sådana finnes. Alla kategorier är demonstrerade som pilar för att visa att arbetet mot avfallsminskningen behöver fortsätta efter att åtgärderna är avklarade. Eftersom fabriken befinner sig i en tidig fas i sitt avfallsarbete kommer verktyg som används identifiera möjligheter för förbättring. Att ta tillvara på möjligheterna är ett krav för att ramverket ska fortsätta fungera.

Idag saknar företaget en del av de måttetal som krävs för att effektivt kunna se om framsteg görs. Därför återfinns samma text i både status och åtgärd för en del kategorier. I några kategorier kommer det att krävas arbete för att kunna implementera de verktyg som hjälper kategorierna nå sina mål.

## 7. Diskussion

Eftersom företaget bygger husmoduler industriellt bör deras avfall per BTA vara lägre än de företag som bygger traditionellt byggda flerbostadshus. Som det kan utläsas ur Tabell 8, kan man inte se skillnad på hur mycket avfall som genereras mellan de olika företagen. Företagets avfall på 26 Kg/BTA hamnar inom spannet från upphandlingsmyndigheten för vad byggföretag vanligtvis genererar. Detta är trots det industriella byggande som bedrivs. Traditionell byggteknik har som rekommendation att ligga under 20 Kg/BTA enligt upphandlingsmyndigheten men industriell byggteknik förväntas vara bättre. Procentuellt ligger byggföretag idag 25–50% över rekommendationerna. Företagets fabrik ligger redan 30% över det rekommenderade 20 Kg/BTA men eftersom företaget bygger industriellt förväntas företaget ligga lägre än det. Det betyder att fabriken ligger minst 30% över en rimlig nivå att sträva efter.

### 7.1 Inköp

Inköp ligger till grund till mycket av det spill som uppkommer i fabriken. Oftast genom skadat material eller inköp av bristande kvalitet. För att kunna minska avfallet bör det ställas mer krav på leverantörerna. Vid ett standardiserat bygge är det viktigt att alla bitar från samma förpackning är mer eller mindre identiska. Det säkerhetsställer kvalitén och möjliggör den standardisering som företaget strävar efter. En anledning till att material försvinner från produktionen är på grund av bristande kvalitet. Ett krav som kan ställas på leverantörerna är att få den kvalitén som man betalar för. Det kan ske via en ankomstkontroll av materialet, där varje leverans inspekteras. Alternativt att de arbetarna som först hanterar materialet har en bedömningsstandard och rutiner att utgå från. Oavsett lösning bör det finnas rutiner och standarder för vad som levereras till fabriksområdet. Nyckeltal finnas som förhandlas fram med leverantören, dessa nyckeltal visar vilken mängd felaktigheter ett paket får innehålla innan en reklamation sker.

Oavsett om det som levereras är det som man betalar för behöver det göras en materialoptimering. Det innebär att undersöka om det är mer lönsamt att betala för lägre kvalitet och slänga mer eller att betala för högre kvalitet och slänga mindre. Ur ett avfallsperspektiv är det av intresse att minimera avfallet och därmed öka kvalitén, men som nämndes tidigare är det även en fråga om maskinerna kan hantera ett hårdare/mjukare material. Företaget behöver även avgöra om beslutet ligger i linje med deras värdegrunder.

Vid inköp av nya maskiner bör även en extra tanke läggas i riktning mot avfallet. Maskiner införskaffas ofta för att hålla ett tiotal år. Det är därför viktigt att maskinerna ska kunna hantera framtida utmaningar, som att inte begränsa framtida produktioner och optimeringar genom att införskaffa en maskin som inte är flexibel. Det är också viktigt att inköpet är genomtänkt ur en avfallshanteringssynpunkt, till exempel finns en gipskap i fabriken, den producerar gipsdamm som restprodukt som sedan endast kan samlas i en plastsäck. Eftersom det inte får förekomma plast i gipsåtervinningen skulle vanligtvis avfallet slängas i deponi. Lyckligtvis töms säcken manuellt av arbetare, dock bör ingen göra detta eftersom gipsdamm är ofantligt jobbat arbete med ur arbetsmiljösynpunkt. Det är viktigt att tänka genom hela processen vid införskaffande av maskiner, inte bara på investeringskostnaden/återbetalningstiden och höjning av produktionshastighet.

### 7.2 Design

Det finns stora möjligheter att förbättra resursanvändningen när MPS systemet är i bruk. Genom att få in all data om hur stora delar som sågats/kapats kan material som vanligtvis ska kastas hitta användningsområden på andra ställen. Alltså att ersätta jungfrumaterial med redan förbrukat material.

Eftersom det är standardiserat arbete uppstår det liknande bitar varje gång och därmed kan det sättas i rutin att spara vissa bitar.

I dagsläget finns det redan färdiga moduler som produceras och både fabriken i Småland och den baltiska tillverkar typen Flex. Att optimera ritningarna efter materialet kräver ändringar och modifikationer på fler platser än fabriken, till exempel byggarbetsplatsen. Det gör att ändra ritningarna för att passa materialet bättre är svårare än vid projekteringsstadiet. Dock bör det ses över vid större ändringar av modultypen. Ofta har arbetarna idéer som bör tas tillvara på eftersom det är de som arbetar med materialet dagligen.

### 7.3 Management

Idag finns det mål för att minska avfallet, dock ingen handlingsplan hur det ska ske. Det har resulterat i att det inte arbetas aktivt med målet. Problemet ligger antagligen i att fabriken har haft stort fokus på att öka produktionen, vilket har gjort att avfallshanteringen hamnat i skymundan. Idag är viljan stor, både hos arbetare och tjänstemän, att minska avfallet, dock har det inte skett några större förändringar. Det kan bero på att fabriken inte riktigt vet i vilken ände de ska börja. Samtidigt sker det stora förändringar i produktionen vid årsskiftet 2018/2019 när MPS systemet ska implementeras, något som kan ses som en början på en kartläggning av avfallet. Fabriken ser MPS systemet som stor förändring i hela deras verksamhet och ser även systemet som en milstolpe för deras avfallsarbete.

Det är viktigt att börja mäta data om man sedan vill göra förbättringar, men det är förutsatt att alla mäter samma sak. MPS systemet kommer ställa krav på att alla arbetare rapporterar på samma sätt. Det kommer att behövas tydliga rutiner för hur det ska ske. I samband med detta bör det även presenteras riktlinjer för hur spill ska hanteras, samt vad som ska klassas som avfall och vad som ska gå till auktion.

Det är också vettigt att analysera den data som systemet samlar in. Det bör ske återkommande analyser om hur mycket de olika processerna producerar samt vilket och hur mycket avfall som uppkommer. Det gör att materialeffektivitet kan beräknas, samt att avfall per BTA går att räkna ut för var process. När man sedan vill göra större åtgärder mot avfallsmängden kan de placeras på rätt ställen.

Gröna Kartan har en kategori som är material, den kategorin berör hållbara material, farliga material och avfall till deponi. Det finns inget i deras bedömningssystem om hur mycket avfall som får produceras. Med dagens kriterier kan det till och med gynnsamt att producera mer avfall eftersom andelen deponi sjunker när det övriga avfallet ökar. En faktor till att fabriken avfall ligger i samma spann som traditionellt byggda bostäder kan vara för att företaget inte ha avfall som krav i Gröna Kartan, vilket gör att avfallet hamnar i skymundan. En anledning till varför avfall inte är med i Gröna Kartan kan vara att det skulle innebära mer intressenter i byggskedet. Företagets avdelning Hållbar affärsutveckling arbetar ständigt med att få byggprojekt till den mörkgröna delen. Att inkludera avfall skulle innebära att det ligger i avdelningens intresse att minimera avfallet. Förebygga uppkomsten av avfall innebär oftast att modifiera kärnprocessen och att ha ännu en avdelning som har synpunkter i den processen hade komplicerat det vardagliga arbetet ytterligare.

Ett sätt att visa avfallsfrågans betydelse för de fabriksanställda är att göra en Gemba gång. Det skickar signaler att management prioriterar frågan och att de är villiga att göra förändringar. Sedan kan personerna som har mer inflytande att påverka, se problemet med egna ögon och kan komma med egna förslag till lösningar.

Om auktionen är en suboptimering eller inte kan diskuteras, dock bör det finnas riktlinjer på vad som ska hamna där. Att skapa en process för vilket material som kommer hamna där och dokumentera varför det hamnar där är gynnsamt för att kunna följa material i fabriken och därmed undersöka hur

mycket material som går till spillo i auktionen. Arbetarna tar idag själva beslut om material ska skickas dit, något som skapar rum för egna tolkningar. För att minska variationen om vad som kan hamna till auktionen bör det finnas någon ansvarig som gör en sista bedömning, det kan vara gruppledare, flödesledare eller truckförare. Dessutom finns det möjlighet att auktionen bidrar till att MPS systemet får ökad avfallsprocent om aspekten om auktion medtas i systemet.

## 7.4 Tillverkning

Det finns flera outnyttjade ekonomiska potentialer i avfallshanteringen till exempel i att separera engångspall från vanligt trä.

Den första är att fraktionen trä som innehåller rent virke beblandas med pall och annat trä som innehåller andra material, oftast metall. Eftersom fraktionen trä är en blandning av material klassas det idag som avfall, något som inte får brännas i värmekraftverket på området. Om det går att separera rent trä från trä med annat material i sig hade man kunnat flisa det rena träet. Detta kan uppnås med de stora skivsågarna och större sågstationerna genom att ha en fraktion som endast får innehålla rent trä. Om man nu får en fraktion av rent trä hade det kunnat klassas om från avfall till biprodukt. Utan att dra in allt för mycket juridik, är enda kravet för att klassificera om träet till biprodukt som kunnat väckt tveksamheter är om flisningen av träet är "ämnet eller föremålet ska kunna användas direkt utan någon annan bearbetning än normal industriell praxis" (*Miljöbalken*. 1998). Alltså, är flisningen av trä normal industriell praxis för ett byggföretag som bygger med trä? Om svaret är ja innebär det att flisning av träet hade kunnat säljas till det lokala energibolaget för att sedan eldas och förse närområdet med fjärrvärme.

Detta alternativet skulle innebära att fabriken införskaffar en flismaskin som kan hålla jämna steg med det träspill som genereras. Dock kan det vara motsägelsefullt att införskaffa en flismaskin eftersom den ekonomiska kalkylen endast håller om det genereras en viss mängd rent träspill. Alltså kan en suboptimering ske genom att köpa flismaskinen då inköpsmaterialet kostar mer än vad de säljer träspillet för, träet klassas som biprodukt och det finns mindre ekonomiskt incitament att öka materialeffektiviteten. Det kan vara bättre ekonomiskt att minska träspillet från första början och därmed höja materialeffektiviteten för träet.

Det finns andra alternativ för fraktionen rent trä. Det finns företag som köper sågverksbiprodukter (liknar fraktionen rent trä) vilket skulle innebära att istället för att betala för att hantera en viss mängd trä kan fabriken få betalt istället.

Den andra outnyttjade potentialen är pall. Idag slängs engångspallar men om det särskiljs från fraktionen trä och hanteras för sig, finns det företag som köper engångspallar. Vilket skulle innebära att istället för att betala för hanteringen får de betalt.

En annan potential är de material som hamnar på auktionen. Återigen finns det företag som arbetar med att köpa sådant material som säljs på auktionen. Vilket skulle ge företaget en inkomst istället för att pengarna idag doneras.

Det finns även pengar att hämta genom sortering av det brännbara avfallet. Hårdplast är ett exempel, den baltiska fabriken har en egen fraktion för detta, likväl bör fabriken i Småland också ha det. Det finns nog fler outnyttjade fraktioner som kan sorteras ut från brännbart.

## 7.5 Miljönytta

Det finns många sätt att förbättra fabriken miljöbelastning, men eftersom studiens fokus har varit avfall beaktas återigen avfallet. Förutom den absoluta vikten av avfallet, genereras också CO<sub>2</sub>-ekv. från avfallet och genom att minska den totala vikten, minskas även växthusgaserna. Det går att minska

utsläppen genom att sortera fraktionerna i större utsträckning. Material som idag energiutvinns förflyttas uppåt i avfallstrappan och därmed ger både minskade resurser och utsläpp. Genom sortering av engångspallar förflyttas en del från energiutvinning till återanvändning, sedan kan sortering av hårdplast förflytta en del av den brännbara fraktionen till återvinning.

## 7.6 Lean

Fabriken i studien anser att Lean är vägen framåt. Dock har en av hörnstenarna i filosofin, Jidoka, inte drivits med samma entusiasm, vilket har begränsat möjligheterna till en Lean produktion. En förklaring kan vara produkten som produceras; att skapa en modul innebär att många olika moment ska ske under en kort period. Förvisso sker det i många industrier, men byggindustrin har som vana att arbeta med handverktyg, vilket gör att maskiner och människor blandas. Det gör att i princip varje station har ett eller flera moment där handverktyg används.

Det kan även finnas ekonomiska skäl till varför just Jidoka inte har implementerats. Att binda upp kapital i maskiner kan innebära en risk då de fasta kostnaderna ökar vilket minskar flexibiliteten. Det var ett antal aktörer inom modulbygget som gick i konkurs, en anledning anses vara den höga kostnaden som standardiserade maskiner medförde. Dessa aktörer hade ett mer standardiserat arbete och mer av Lean filosofin, trots detta, och kanske på grund av detta, försvann de från marknaden. Något som kan ha avskräckt andra att investera i just maskiner som binder upp kapital.

En annan viktig aspekt är att förstå att fabriksarbetarna är de som bidrar till kundnyttan. De andra delarna av fabriken bistår med tjänster till arbetarna eftersom de inte själva bidrar till att förädla produkten till kundens nytta. Arbetarna borde kunna ställa krav på de olika tjänsterna som de behöver för att kunna driva sitt vardagliga arbete. Utan en sådan funktion försvinner en stor del av förbättringsåtgärderna redan innan de upptäckts, endast på grund av att det inte finns något intresse för dem.

## 7.7 Ramverk

Ramverket som presenteras i Figur 45 är baserat på de kategorier som identifierades. Det finns dock en möjlighet att vinkla ramverket till en mer åtgärdsbaserad metod. Till hjälp för detta behövs Tabell 11 som hjälper en komma ihåg de verktyg och mätetal som används för de olika kategorierna.

Tabell 11. Hjälptabell till ramverket som innehåller verktyg och mätetal.

Porter Värdekedja	Företagsfilosofi	Mätetal
Management	TQM	KPI, Rutiner
Design	Lean Construction	Vad kapas teoretiskt? % / kg / m
Inköp	Material, SCM, JIT	Materialeffektivitet
Tillverkning	Visual, 5S, Gemba, Jidoka	Tömningar, alt. MPS system

En åtgärdsbaserad modell presenteras i Figur 46. Den visar vem, hur och när men också uppföljningen av åtgärden som är medtagen för att kunna veta hur åtgärden förändrar avfallet. I de tre sista kolumnerna visas ekologisk, ekonomisk och social aspekt. Till skillnad från Figur 45 har det tillkommit en social aspekt. Detta eftersom den sociala aspekten kan innebära om en åtgärd genomförs eller inte. Den ekologiska och ekonomiska aspekten bedöms på samma sätt som det

tidigare ramverket presenterade. Den sociala aspekten innefattar arbetsmiljö i Figur 46 men går att utöka till flera synvinklar, den bedöms med plus och minus.

Åtgärd	Vem	Hur	Uppföljning	När	Ekologisk	Ekonomisk	Social
Projekt Pall	Inköp, Tillverkning	SCM, 5S	Avfallsstatistik, Alt. sålda pall	Början av Mars	1,2	+	+/-
Sortering	Tillverkning	SCM	Fraktion hårdplast	Q2	3	+	-
Flis	Management, Tillverkning	TQM, 5S, Gemba	Avfallsstatistik, 2019, Q1 Såld flis		1,3	+/-	-
Kvalité	Inköp, Tillverkning	SCM, 5S, Visual	Avfallsstatistik, Material-effektivitet	Efter Exjobb	1	+/-	+

Figur 46. Åtgärdsbaserat ramverk, en variant av det tidigare presenterade ramverket.

Idén är att tankar som man genom sin vardagliga verksamhet uppmärksammat, ska kunna placeras i modellen och sedan bestämma vilka som är involverade, vilka verktyg som används, hur det mäts och när det ska genomföras. Sedan genomförs en primär uppskattning om hur åtgärden bidrar till de tre aspekterna.

Som exempel, ta åtgärd för Flis som management och tillverkning kommer ansvara och jobba för att implementera. För att kunna uppnå det önskade resultatet används verktygen TQM, 5S och Gemba. För att följa om införskaffandet av en flismaskin minskar avfallet i fabriken avläses avfallsstatistik alt. mängden flis som säljs. Den ekologiska aspekten är skiljer sig, i detta fallet. Avfallet uppstår fortfarande men fabriken minskar ändå sitt officiella avfall, beroende på om man kollar ur ett livscykelperspektiv eller enbart fabriken är det steg 1 eller steg 3 på avfallstrappan. Den ekonomiska aspekten kan både vara positiv och negativ, det krävs en investeringskalkyl för inköpet med ett varierande flispris. Den sociala aspekten blir antagligen negativ eftersom det införs ett nytt riskmoment, samt att det låter och antagligen kräver extra arbete för att få flismaskinen att fungera effektivt.

Ramverket syftar till att använda inom företag som har tillverkning av prefabricerade husmoduler. Modellen kan även användas i andra sammanhang där ekologiska och ekonomiska aspekter vägs in, dock anses ramverket endast kunna behandla en miljö och en social aspekt samtidigt. Detta eftersom det inte är ett effektivt verktyg att väga olika synvinklar inom samma aspekt.

## 7.8 Publicitet

Om man ur ett större perspektiv kollar på hur denna byggnadsteknik bemöts av samhället, finns det både positiva och negativa reaktioner. Det positiva är att tekniken ger möjlighet till att skapa en mindre miljöpåverkan men också att det går snabbare att bygga på byggarbetsplatsen. Ofta förekommer det störande moment från byggarbetsplatser som framförallt under tidiga morgnar stör grannskapet. Stora maskiner åker fram och tillbaka på arbetsplatsen och närliggande vägar samt att

platsen ofta belyses under natten för att förhindra olika typer av brott. Genom att minska arbetstiden på byggarbetsplatsen, minskas de störande momenten och grannskapet exponeras en kortare tid.

Det finns även negativa åsikter om modulbygget. Vissa arkitekter menar att husen inte bidrar till områdets kultur och inte är anpassningsbart till det specifika läget. Det skapar problem med bygglovet och i Silviabos fall används argumentet ”bostadshuset inte i tillräckliga delar bidrar till en god helhetsverkan.”. I detta fallet var det klagomål från grannar som inte tyckte boendet passade in på Drottningholm. Silviabo är ett specialfall där bygglov påskyndades men tyvärr kan det skapa dålig publicitet, framförallt om bygget måste rivas. Även kvalitetsbrister som Pålsjöäng-projektet bidrar till en negativ bild för hela industrin, något som kan skada ekonomiskt i längden.

Publicitet är en faktor som kan avgöra det industriella byggets framtid. Om industriellt byggda hus får ett dåligt rykte kan det minska efterfrågan på varan. Till skillnad från traditionellt bygge har industriella byggen en fabrik som bidrar till ökandet av fasta kostnader som binder upp kapital, en minskning på efterfrågan kan innebära att fabrikens kostnader överstiger intäkterna och därav blir olönsam.



## 8. Slutsats

Slutligen för att sammanfatta, ramverket delar in olika avfallskällor i kategorier varje kategori har analyserats för att hitta potential för att minska avfallet. Ramverket visar att åtgärder vid fabriksgolvet sällan minimerar avfallet, oftast förflyttas avfallet till avfallstrappans steg återanvändning eller återvinning. För varje kategori behöves ett måttetal för att kunna bedöma om åtgärder mot att minska avfallet hjälper eller förvärrar situationen. Ett antal verktyg för hur arbetet kan genomföras presenteras samt kan åtgärderna bedömas ur ekologisk, ekonomisk men också social aspekt.

För att sammanställa om studien uppfyllt sitt mål följer en kortfattad slutsats för varje fråga i frågeställningen. För att syftet ska

1. Vilken mängd samt vilka typer av avfall dagens tillverkning av nybyggnationer ger upphov till?

Beroende på vilket material som nybyggnationen använder, varierar avfallet både i typ och i mängd. Betongbyggnader ger upphov till mer avfall än trähus, samt att nybyggnationer genererar mindre avfall än renoveringar och rivningar. Avfallsmängden varierar även beroende på vilken byggteknik som används. Prefabricerade element minskar ofta det totala avfallet medan traditionellt byggande ofta ger mer upphov till avfall. Bolag i Sverige genererar i snitt 25-30 Kg/BTA, men enligt upphandlingsmyndighetens rekommendationer bör traditionellt byggande ligga under 20 Kg/BTA och industriellt byggande under 10 Kg/BTA. Fyra byggprojekt som lyftes i litteraturstudien genererar 16, 19, 32 respektive 40 kg avfall/BTA.

2. Vilken mängd samt vilket avfall bildas i tillverkningsanläggning i Småland?

Den industriellt byggande fabriken som studien berörde ger upphov till 26 kg avfall/BTA vilket är 55% av det totala avfallet som genereras vid byggena. Den genomsnittliga summan för företaget blir därför ca 48 kg avfall/BTA. Fabrikens avfall består till cirka 52% trä inkl. pall, 26% gips, 10% brännbart, 4% wellpapp, 3% isolering, 3% övrigt och 2% plast.

Avfallet är direkt kopplat till mängden bruttoarea. Avfallet ökade 16% från 2017 till 2018 vilket också den totalt producerade bruttoarean gjorde. Den största procentuella ökningen relativt till bruttoarean av avfallet mellan 2017 och 2018 var wellpapp, dock ökade alla fraktioner förutom gips och trä.

Den totala kostnaden beräknas till 3,6 miljoner kr varav majoriteten av kostnaden är kopplat till träavfall, varav 0,62 miljoner kr är avfallskostnader och de resterande är förlorad potential i materialet.

3. Vilka befintliga/etablerade modeller och verktyg för mätning och förbättring av spill/avfall finns idag?

Den mest välkända modellen att minimera avfall med är Lean, men även avfallstrappan kan användas till detta syfte. Det finns ett flertal tekniker som är applicerade till att mäta och hantera avfall. Vid val av enhet bör den anges i en enhet som kan jämföras med resterande bransch, i studiens fall kg avfall per bruttoarea. De olika mätteknikerna till exempel materialeffektiviteten kan ge en klar bild om det sker slöseri av material på fabriksgolvet, medans ecomapping, plockanalyser och en avfallsmanagementanalys kan ge en bild om hur slöseriet sker.

Under studiens gång fanns det ingen metod där de olika mätteknikerna har legat som underlag för ett pågående förbättringsarbete. Vilket det presenterade ramverket menar till att göra.

4. Vad bör fabriken göra för att minimera sitt avfall?

Genom att arbeta med inköp, management, design och tillverkning kan fabriken minska sitt avfall. De två första betonas extra eftersom de har störst förbättringsmöjligheter. Ett mer ingående arbete mot

Lean är ett systematiskt sätt att minska avfall och andra sorters spill. Idag saknas en grundpelare från Lean-huset i fabriken, Jidoka, vilket hade kunnat ge möjligheter till en bättre avfallshantering. Dessutom bör företaget sätta press på materialleverantörerna, engångspall förekommer i stora mängder något som bör minimeras. Deras produkter ska standardiseras mer, idag skiljer både trä och isolering mycket i kvalitet när de anländer till fabriken.

Ett sätt att angripa dessa punkter och kategorier är genom det ramverk som har presenterats, se Figur 45. Det inkluderar kategorierna inköp, management, design och tillverkning för att beröra de funna avfallskällorna.

Den småländska fabriken har under åren präglats av stark tillväxt vilket har lett till att avfallshanteringen hamnat i skymundan. Det första steget är att mäta hur mycket som slängs och vad, vilket idag görs. Det bör mätas i en branschgemensam enhet som jämför hur väl/illa avfallshanteringen är. Två måttetal är av extra vikt, Avfall per BTA och materialeffektiviteten. Den förstnämnda för att kunna jämföra med andra liknande företag och när en förbättring görs kan den följas upp och åtgärden kan bedömas korrekt. Den sistnämnda för att kunna följa upp hur kostnaden minskar.

Idag sorteras pall och trä i samma fraktion, för att kunna utgöra vad som inte är emballage bör engångspallen sorteras för sig själv. Dessutom finns det möjlighet att sälja engångspall vidare till andra företag. Det bör undersökas om träet kan flisas och säljas på plats, om inte bör det sorteras i en högre grad vilket gör att rent virke kan säljas för sig och board samt plywood kan fraktas bort med avfallsentreprenör.

Som en åtgärd bör fabriken bjuda in en avfallsentreprenör som kan urskilja vad som kan sorteras bättre och där igenom kunna få reducerat pris samtidigt som avfallet kan röra sig uppåt på avfallstrappan.

## Bidrag till vetenskapen

Denna studie skapar en bild hur avfall kan hanteras och minskas inom fabriken för husmodulbyggnationer. Genom att utföra en fallstudie har fabriksmiljön studerats på nära håll och kartlagdes noga. Studien har resulterat i ett ramverk vars syfte är att kunna guida arbetet för minskat avfall på ett strukturerat arbetssätt. Ramverket är utformat efter fallstudiens företag men kan appliceras på andra tillverkningsindustrier som har mål att minska avfallet. Inspiration till ramverket är hämtad från Porters värdekedja, Triple Bottom Line och Avfallstrappan. Genom att belysa de två/tre hållbarhetsaspekterna kan användaren av ramverket kontrollera att en viss åtgärd blir hållbar. Ramverket är till för att kunna driva igenom åtgärder som redan är uppmärksammade genom arbetet av kontinuerlig förbättring i Lean, av detta skäl anses ramverket fungera bäst i en industri som arbetar med Lean dagligen. Studien är tänkt som ett startskott för en fortsatt förbättrad avfallsminimering och ramverket ger en stadig grund att starta sitt arbete på. Under den tid studien genomförts på har det funnit bristfällg data på hur en komplett kartläggning av avfallet kan ske, vilket denna studie bidrar till. Utöver ramverket har en litteraturstudie utförts som bidrar till ökad förståelse i byggavfallets komplexitet, ett ämne som blir allt mer aktuellt när byggföretag applicerar fabrikstillverkning och prefabricering.

### Vidare studier:

Studien ses som ett startskott på minimeringen av fabriken avfall, vilket betyder att det finns många aspekter som går att studera på en djupare nivå. En observation som gjordes i litteraturstudien är att det är svårt att få relevant och uppdaterad data angående avfallsmängder. Det behövs mer data för att kunna genomföra mer generaliserbara slutsatser och databristen hindrar detta i dagsläget.

Studien är begränsad till fabriken och berör endast avfallet utanför fabriken i kapitlet modifikation av systemgränser. Det är intressant att studera vad som händer utanför fabriken eftersom nästan lika mycket avfall uppstår där. Modulbygget och prefabricering förflyttar avfallet till andra platser än byggarbetsplatsen, att undersöka hur avfallets mängd och fraktioner inom dessa områden hade skapat en komplett bild om modulbyggets avfall.

En annan möjlighet som bör studeras är Material-Produktion-Styrnings systemet som tagits i bruk. Att göra en studie på de möjligheterna som uppstår i samband med implementeringen av systemet kan optimera fabriken avfallshantering.

Det finns också alternativ att studera träet i fabriken mer ingående. Det gjordes en småskalig undersökning på verkets kvalitet, att beröra det mer ingående kan både minska avfallet men också spara fabriken pengar.

### Vidare läsning:

Brunilde Verrier, Bertrand Rose, Emmanuel Caillaud, 2016, *Lean and Green strategy: the Lean and Green House and maturity deployment model*, Journal of Cleaner Production, Volume 116, Pages 150-156, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615018466>



## Referenser

*Plan och Bygglagen*. 2010.

*Miljöbalken*. 1998.

AL SMADI, S., 2009. Kaizen strategy and the drive for competitiveness: Challenges and opportunities. *Competitiveness Review: An International Business Journal incorporating Journal of Global Competitiveness*, **19**, pp. 203-211.

ALARAJ, M. and ANDREASSON, E., 2012. Information och stöd till vuxna med gliom och deras anhöriga.

AVFALL SVERIGE, 2018. *Svensk Avfallshantering 2018*.

BAE, J. and KIM, Y., 2007. Sustainable value on construction project and application of lean construction methods. *Proceedings of IGLC-15*, , pp. 16-22.

BALLARD, G. and HOWELL, G., 1998. What kind of production is construction, *Proc. 6 th Annual Conf. Int'l. Group for Lean Construction* 1998, pp. 13-15.

BARLOW, J., CHILDERHOUSE, P., GANN, D., HONG-MINH, S., NAIM, M. and OZAKI, R., 2003. Choice and delivery in housebuilding: lessons from Japan for UK housebuilders. *Building Research & Information*, **31**(2), pp. 134-145.

BERGMAN, B. and KLEFSJÖ, B., 2012. *Kvalitet från behov till användning*. Lund : Studentlitteratur 2012 (Danmark); 5., uppdaterade och utök. uppl.

BERGMILLER, G.G. and MCCRIGHT, P.R., 2009. Parallel models for lean and green operations, *Proceedings of the 2009 industrial engineering research conference 2009*, University of South Florida and Zero Waste Operations Research and Consulting, pp. 1138-1143.

BLOMQVIST, E. and LEDJE, A., 2017. *Hållbar avfallshantering vid nybyggnation : En jämförelse mellan olika avfallssorteringsmetoder*, Uppsala Universitet.

BOSSINK, B.A.G. and BROUWERS, H.J.H., 1996. Construction Waste: Quantification and Source Evaluation. *Journal of Construction Engineering and Management*, **122**(1), pp. 55-60.

BOVERKET, 2008. *Industriellt bostadsbyggande - Koncept och processer*. Karlskrona: Boverket.

BOZARTH, C.C. and HANDFIELD, R.B., 2016. *Introduction to operations and supply chain management*. Harlow : Pearson, 2016]; Fourth edition, global edition.

CAMPBELL, D.T. and STANLEY, J.C., 1963. *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Boston : Rand McNally, cop. 1963.

CHEN, Z., LI, H. and WONG, C.T.C., 2002. *An application of bar-code system for reducing construction wastes.*

COVENTRY, S., SHORTER, B. and KINGSLEY, M., 2001. *Demonstrating waste minimisation benefits in construction.* C536 edn. London: CIRIA.

DENTZ, J. and BLANFORD, M., 2007. Lean factories cut costs, boost production. *Automated Builder*, .

DEPOY, E. and GITLIN, L.N., 1999. *Forskning : en introduktion.* Lund : Studentlitteratur, 1999 ; (Lund : Studentlitteratur).

ELKINGTON, J., 1994. Towards the Sustainable Corporation: Win-Win-Win Business Strategies for Sustainable Development. *California Management Review*, **36**(2), pp. 90-100.

EMMANUEL, R., 2004. *Estimating the environmental suitability of wall materials: preliminary results from Sri Lanka.*

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2008. *EPA GREEN BUILDING STRATEGY.* EPA.

EU, 2008. *EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV om avfall och om upphävande av vissa direktiv.*

FREDRIKSSON, G. and HÖGLUND, E., 2012. *Att minska byggavfallet-En metod för att förebygga avfall vid byggande.* Stockholm: .

FREESE, I., 2011. *Byggavfallshantering i praktiken - En uppföljning av 2010 års avfallshantering i produktionsverksamheten,* Lunds Universitet.

GAMAGE, I., OSMANI, M. and GLASS, J., 2009. An investigation into the impact of procurement systems on waste generation: The contractors' perspective. *Proceedings of the Association of Researchers in Construction Management (ARCOM), Nottingham, UK*, , pp. 103-104.

GOODIER, C. and GIBB, A., 2007. Future opportunities for offsite in the UK. *Construction Management and Economics*, **25**(6), pp. 585-595.

GUBRIUM, J., 1991. Recognizing and analysing local cultures. *Experiencing Fieldwork: An inside view of qualitative research*, , pp. 131-142.

GUTHRIE, P.M., 1998. *Managing materials and components on site.* Construction Industry Research and Information Association.

HO, O., 2001. Construction waste management—a contractor's perspective. *The Hong Kong Institute of Builders*, , pp. 8-11.

HOLME, I.M., SOLVANG, B.K. and NILSSON, B., 1991. *Forskningsmetodik : om kvalitativa och kvantitativa metoder.* Lund : Studentlitteratur, 1991 ; (Lund : Studentlitteratur).

HÖST, M., REGNELL, B. and RUNESON, P., 2006. *Att genomföra examensarbete*. Lund: Studentlitteratur.

HÖST, M., REGNELL, B. and RUNESON, P., 2006. *Att genomföra examensarbete*. Studentlitteratur AB.

HSIEH, T., 1997. The economic implications of subcontracting practice on building prefabrication. *Automation in Construction*, **6**(3), pp. 163-174.

IKUMA, L.H., NAHMENS, I. and JAMES, J., 2011. Use of Safety and Lean Integrated Kaizen to Improve Performance in Modular Homebuilding. *Journal of Construction Engineering and Management*, **137**(7), pp. 551-560.

INNES, S., 2004. Developing tools for designing out waste pre-site and on-site, *Proceedings of Minimising Construction Waste Conference: Developing Resource Efficiency and Waste Minimisation in Design and Construction 2004*, New Civil Engineer London, UK.

JEFFREY K. LIKER and JAMES M. MORGAN, 2006. The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*, **20**(2), pp. 5-20.

JM AB, 2018. *Årsredovisning 2017*.

JONSSON, H. and RUDBERG, M., 2014. Classification of production systems for industrialized building: a production strategy perspective. *Construction Management and Economics*, **32**(1-2), pp. 53-69.

KALE, S. and ARDITI, D., 2006. Diffusion of ISO 9000 certification in the precast concrete industry. *Construction Management and Economics*, **24**(5), pp. 485-495.

KHONDKER, H.H., 2015. From "The Silent Spring" to the Globalization of the Environmental Movement. *Journal of International & Global Studies*, **6**(2), pp. 25-37.

KOSKELA, L., 2000. An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction. *VTT Publications*, .

KOSKELA, L., 1992. *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford University Stanford.

KURDVE, M., SHAHBAZI, S., WENDIN, M., BENGTSSON, C. and WIKTORSSON, M., 2015. Waste flow mapping to improve sustainability of waste management: a case study approach. *Journal of Cleaner Production*, **98**, pp. 304-315.

LAWTON, T., MOOR, P., COX, K. and CLARK, J., 2002. -The Gammon Skanska Construction System. *Advances in Building Technology*. Elsevier, pp. 1073-1080.

LI, Z., SHEN, G.Q. and XUE, X., 2014. *Critical review of the research on the management of prefabricated construction*.

LIKER, J.K., 2004. *The Toyota way. [Elektronisk resurs] : 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New York : McGraw-Hill, c2004.

- LIKER, J.K., ERKELIUS, L. and HALLBERG, J., 2009. *The Toyota way : lean för världsklass*. Malmö : Liber, 2009 (Sverige] : Elanders); 1. uppl.
- LINDHE, N., 1996. Effektivare materialanvändning på byggarbetsplatsen. *En studie av*, .
- LINNROS, E., 2018, -02-21. HUR TOLKAR JURIDIKEN BYGGLOVSÄRENDET?. *Mälaröarnas nyheter*.
- MÁLIA, M., DE BRITO, J., PINHEIRO, M.D. and BRAVO, M., 2013. Construction and demolition waste indicators. *Waste Manag Res*, **31**(3), pp. 241-255.
- MASAAKI, I., 1997. Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-cost approach to management. *Kaizen Institute*, .
- MEILING, J.H., SANDBERG, M. and JOHNSON, H., 2014. A study of a plan-do-check-act method used in less industrialized activities: two cases from industrialized housebuilding. *Construction Management and Economics*, **32**(1-2), pp. 109-125.
- NAHMENS, I., 2007. Mass customization strategies and their relationship to lean production in the homebuilding industry.
- NAHMENS, I. and MULLENS, M., 2009. The impact of product choice on lean homebuilding. *Construction Innovation*, **9**(1), pp. 84-100.
- NATURVÅRDSVERKET, 2018a. *Avfall i Sverige 2016*.
- NATURVÅRDSVERKET, Sep 10, 2018b-last update, Etappmålen. Available: <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallat/Sveriges-miljomal/Etappmal/> [Dec 07, 2018].
- NATURVÅRDSVERKET, 2018c. *Miljömålen*.
- NATURVÅRDSVERKET, 2017-last update, Definition av avfall. Available: <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Avfall/Begrepp-och-definitioner/> [-01-07, 2019].
- NATURVÅRDSVERKET, 2015. *Tillsammans vinner vi på ett giftfritt och resurseffektivt samhälle*.
- OSMANI, M., GLASS, J. and PRICE, A., 2006. Architect and contractor attitudes to waste minimisation. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Waste and Resource Management*, **159**(2), pp. 65-72.
- OSMANI, M., 2011. *Chapter 15 - Construction Waste*. Boston: Academic Press.
- OSMANI, M., GLASS, J. and PRICE, A.D., 2008. Architects' perspectives on construction waste reduction by design. *Waste Management*, **28**(7), pp. 1147-1158.
- PAN, W., GIBB, A.G. and DAINTY, A.R., 2008. Leading UK housebuilders' utilization of offsite construction methods. *Building Research & Information*, **36**(1), pp. 56-67.



PINTO, T.P. and AGOPYAN, V., 1994. Construction Waste as Raw Materials for Low - Cost Construction Products, 1994.

PIZARRO, O., 2016. DESIGNING OUT WASTE.

POON, C.S. and JAILLON, L., 2002. *A guide for minimizing construction and demolition waste at the design stage*. Hong Kong: Dept. of Civil and Structural Engineering, The Hong Kong Polytechnic University.

POON, C.S., YU, A.T.W. and NG, L.H., 2001. On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong. *Resources, conservation and recycling*, **32**(2), pp. 157-172.

POON, C.S., YU, A.T.W. and JAILLON, L., 2004. Reducing building waste at construction sites in Hong Kong. *Construction Management and Economics*, **22**(5), pp. 461-470.

RE:SOURCE, 2018. *Verktøy för att minska avfall vid nybyggnation*. Malmö: .

REGERINGEN, Jun 15, 2018-last update, Handlingsplan agenda 2030. Available: <https://www.regeringen.se/rapporter/2018/06/handlingsplan-agenda-2030/> [Dec 07, 2018].

RICHARD, R., 2005. Industrialised building systems: reproduction before automation and robotics. *Automation in Construction*, **14**(4), pp. 442-451.

ROY, R., BROWN, J. and GAZE, C., 2003. Re-engineering the construction process in the speculative house-building sector. *Construction Management & Economics*, **21**(2), pp. 137-146.

RUNOL, M., 2018, -11-14. Tvåhundra studenter måste flytta från obeboeligt boende. *Sydsvenskan*.

SALEM, O. and ZIMMER, E., 2005. Application of lean manufacturing principles to construction. *Lean Construction Journal*, **2**(2), pp. 51-54.

SAURIN, T.A., FORMOSO, C.T. and CAMBRAIA, F.B., 2006. Towards a common language between Lean production and safety management. *Proceedings IGLC-14*, .

SHEN, L.Y., TAM, V.W., TAM, C.M. and DREW, D., 2004. Mapping approach for examining waste management on construction sites. *Journal of Construction Engineering and Management*, **130**(4), pp. 472-481.

SLAPER, T. and HALL, T., 2011. The Triple Bottom Line: What Is It and How Does It Work? **86**(1),.

SOLÍS-GUZMÁN, J., MARRERO, M., MONTES-DELGADO, M.V. and RAMÍREZ-DE-ARELLANO, A., 2009. *A Spanish model for quantification and management of construction waste*.

SUÁREZ-BARRAZA, M.F., RAMIS-PUJOL, J. and KERBACHE, L., 2011. Thoughts on kaizen and its evolution. *International Journal of Lean Six Sigma*, **2**(4), pp. 288-308.

SUGIMORI, Y., KUSUNOKI, K., CHO, F. and UCHIKAWA, S., 1977. Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, **15**(6), pp. 553-564.

SVERIGES MILJÖMÅL, mar 20, 2018-last update, Generationsmålet. Available: <http://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/generationsmalet/> [Dec 07, 2018].

SVERIGES MILJÖMÅL, 1991-last update, Sveriges miljömål. Available: <http://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/> [Dec 07, 2018].

SYSAV, 2018-last update, Materialåtervinning. Available: <https://www.sysav.se/skola/lararrummet/Avfallstrappan/Materialatervinning/> [-01-07, 2019].

TAM, C.M., TAM, V.W., CHAN, J.K. and NG, W.C., 2005. Use of prefabrication to minimize construction waste-a case study approach. *International Journal of Construction Management*, **5**(1), pp. 91-101.

TAM, V.W., SHEN, L.Y. and TAM, C.M., 2007. Assessing the levels of material wastage affected by sub-contracting relationships and projects types with their correlations. *Building and Environment*, **42**(3), pp. 1471-1477.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), 2003-last update, Lean manufacturing and environment. Available: <https://www.epa.gov/lean/lean-manufacturing-and-environment> [-10-10, 2018].

UPPHANDLINGSMYNDIGHETEN, 2012-last update, Avfallsmängder [-01-07, 2019].

VRIJHOEF, R. and KOSKELA, L., 2000. The four roles of supply chain management in construction. *European journal of purchasing & supply management*, **6**(3-4), pp. 169-178.

WINCH, G., 2012. *Managing construction projects. [elektronisk resurs] : an information processing approach*. Chichester, U.K. ; : Wiley, 2012.

WINCH, G.M., 2003. How innovative is construction? Comparing aggregated data on construction innovation and other sectors—a case of apples and pears. *Construction Management and Economics*, **21**(6), pp. 651-654.

WOMACK, J.P. and JONES, D.T., 1996. *Lean Thinking Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated*. New York: Simon & Shuter.

WOMACK, J., 2010. *Gemba walks*. Lean Enterprise Institute.

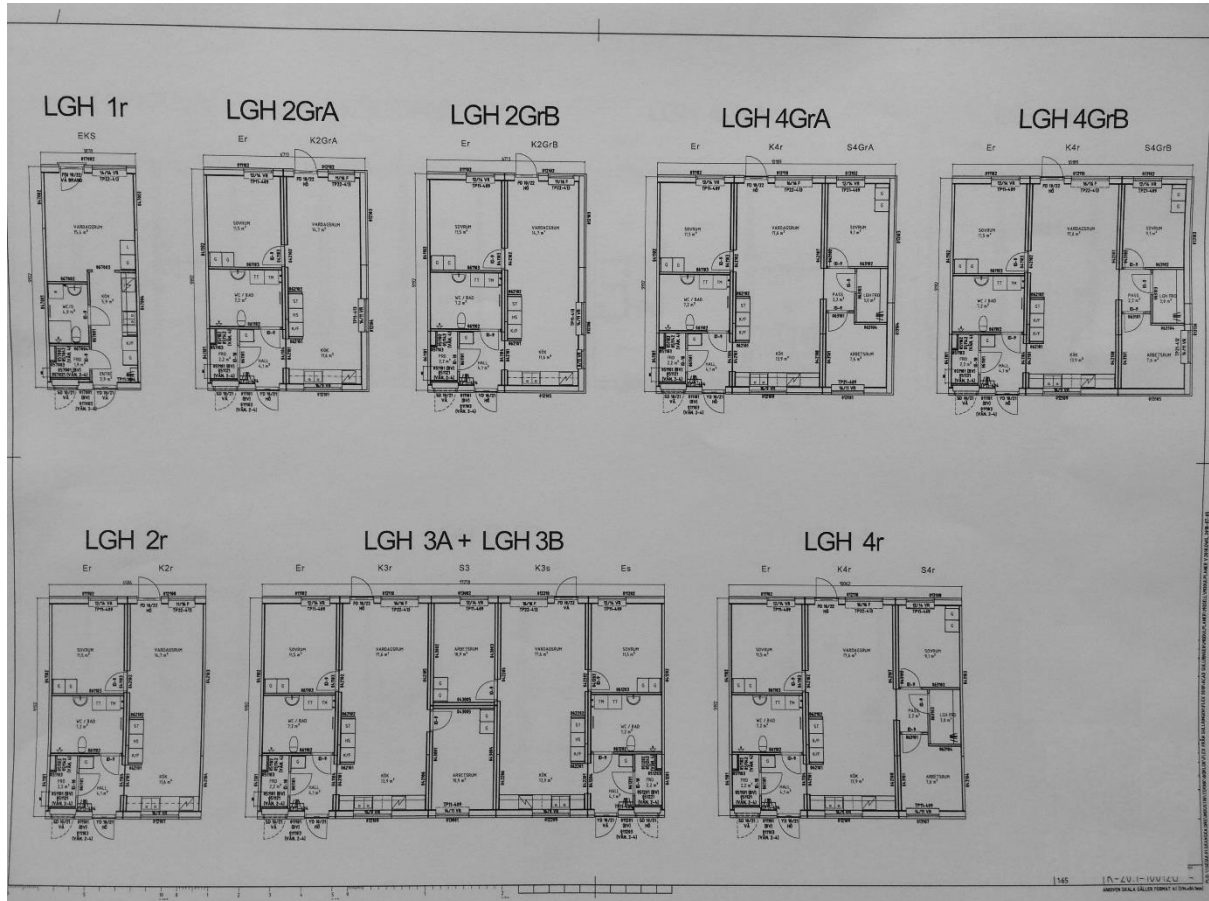
WONG, A., 1999. Total quality management in the construction industry in Hong Kong: A supply chain management perspective. *Total Quality Management*, **10**, pp. 199-208.

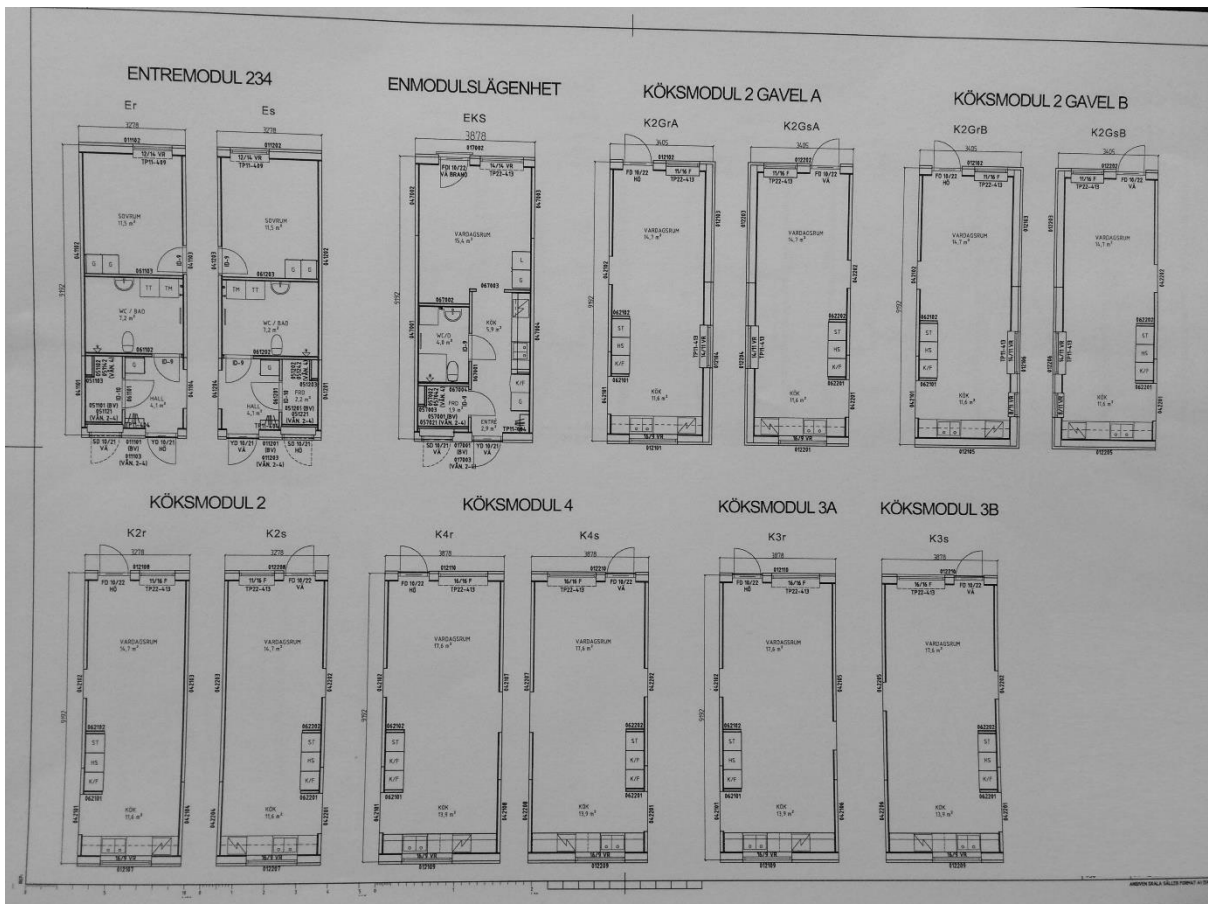
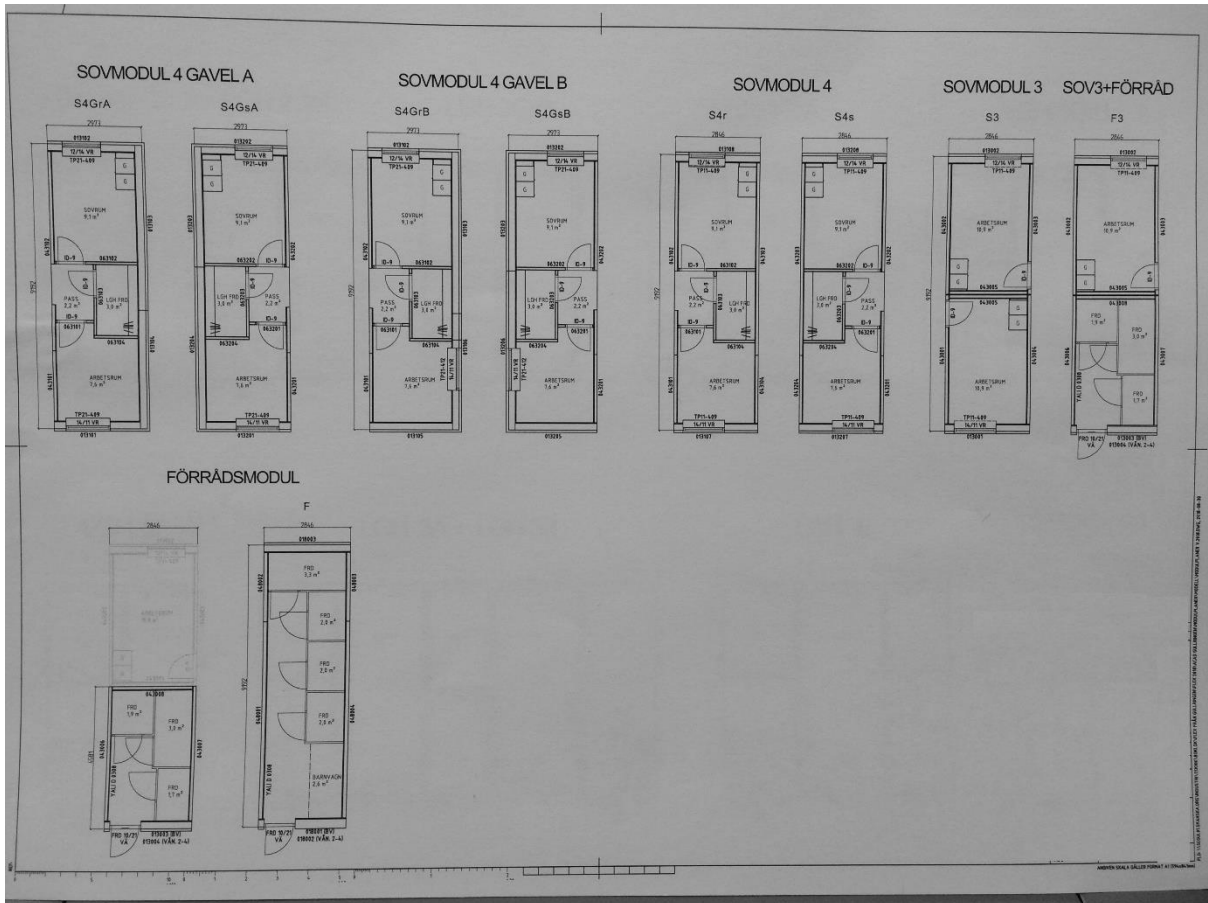
WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT., 1987. *Our common future*. Oxford; New York: Oxford University Press.

# Bilagor:

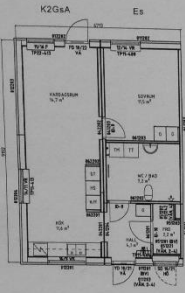
## Bilaga 1

Ritningar på moduler och lägenheter

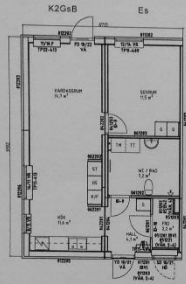




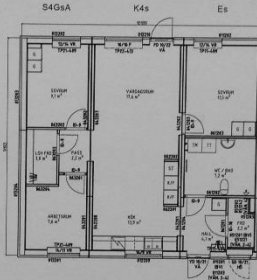
LGH 2GsA



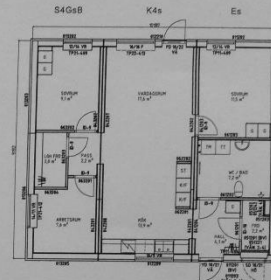
LGH 2GsB



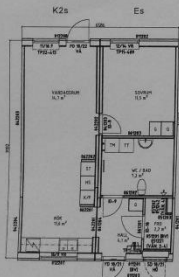
LGH 4GsA



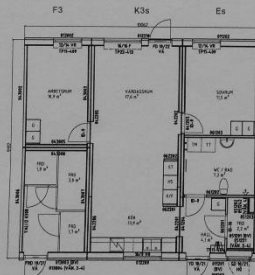
LGH 4GsB



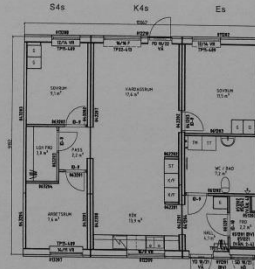
LGH 2s



LGH F+3B



LGH 4s



## Bilaga 2:

### Eco mapping

P = Plast

B = Brännbart

G = Gips

I = Isolering

T = Trä

W = Wellpapp

M = Metall

? = Ej märkt

D = Deponi

ST = Sten

FFS = Fog, Fix och Spackel

SL = Sladd

E = Elektronik

S = Slipdamm

Ö = Övrigt

BU = Burkar (dryck)

PA = Papper

**T** = Trä med annat än trä i containern

? T = Omärkt men med trä i

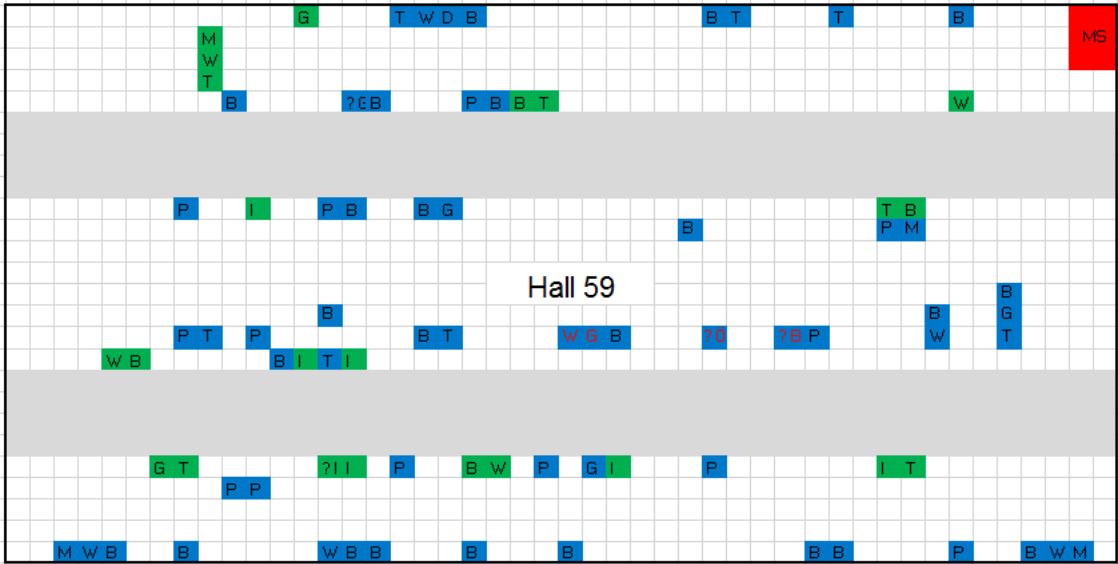
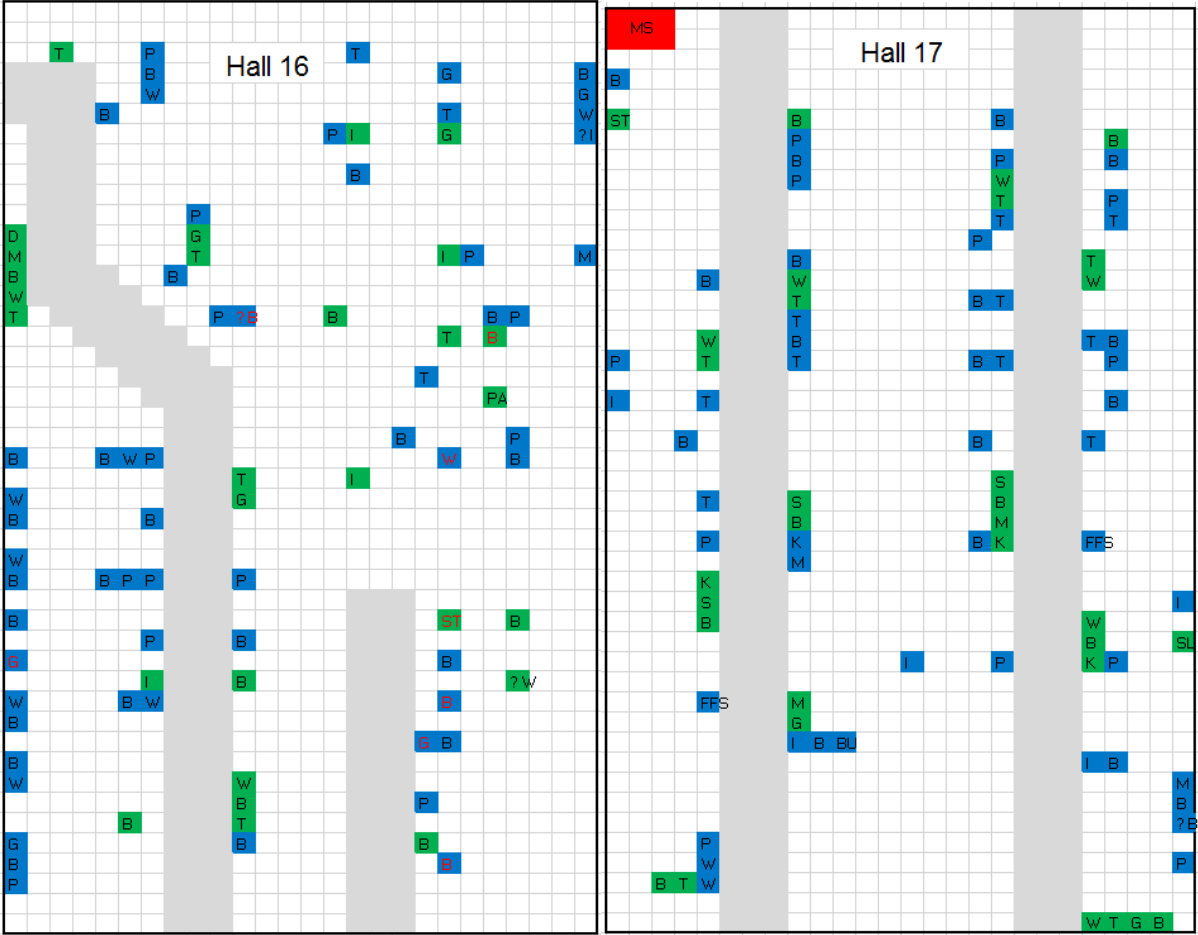
? **T** = Omärkt ska vara trä men finns annat i

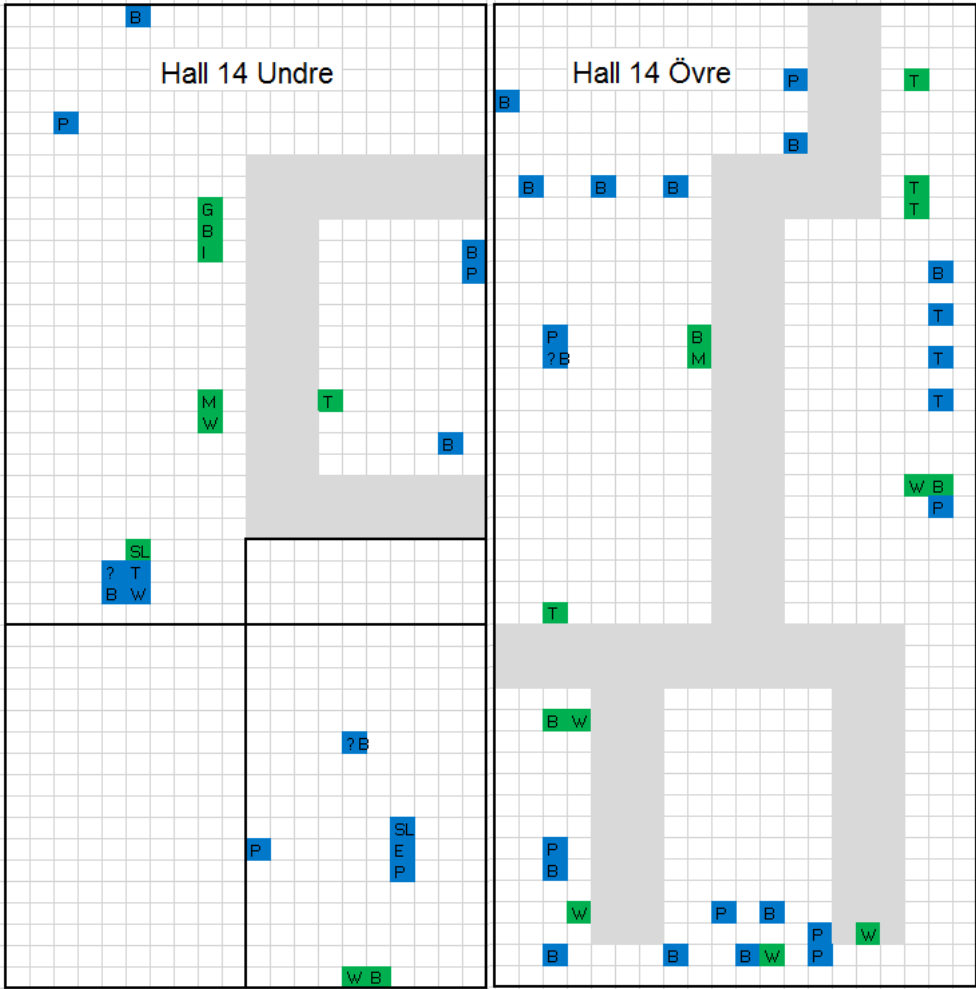
**MS** = Miljöstation

**■** = Mindre kärl, soptunna

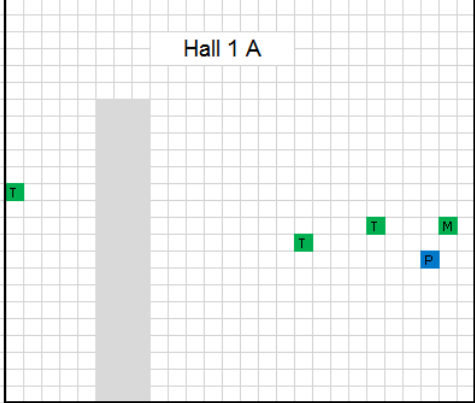
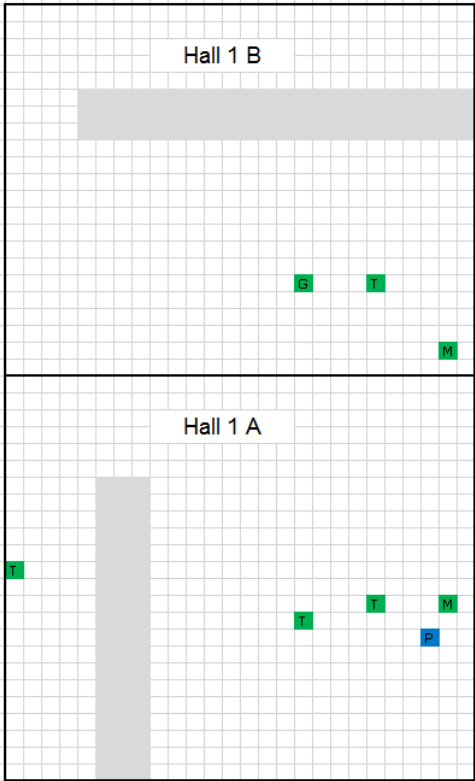
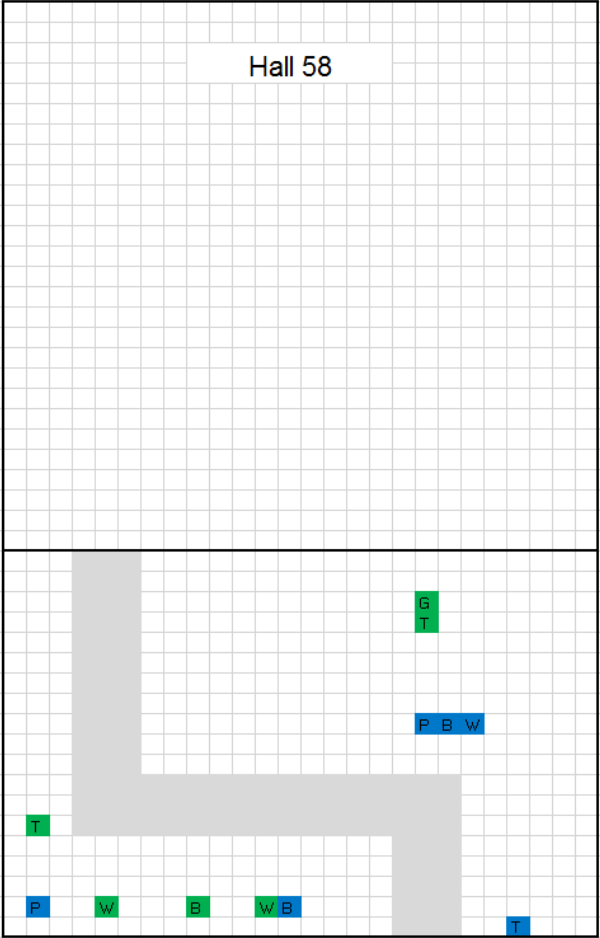
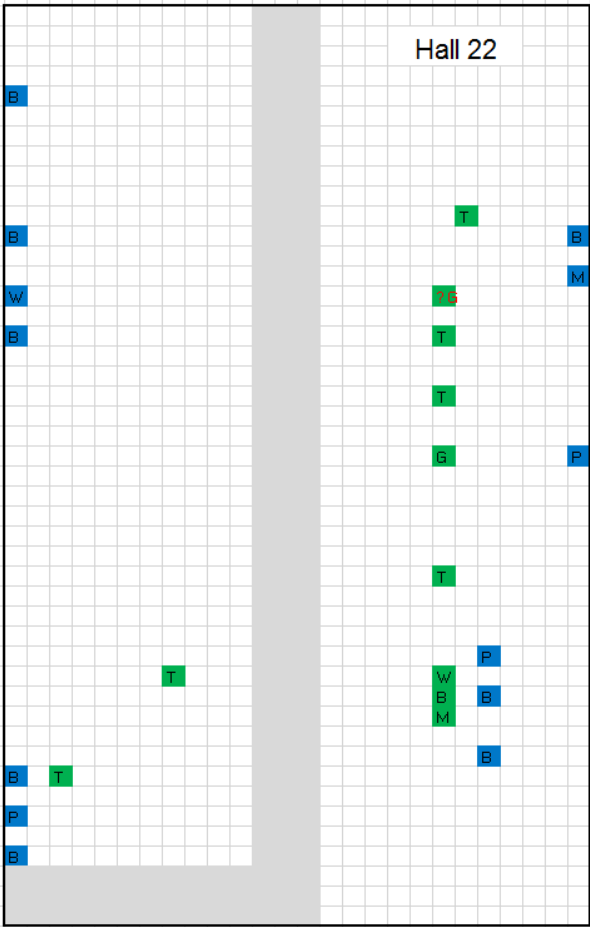
**■** = Container

Under vecka 44 2018 finns avfallskärlen och containrarna placerade på följande platser:









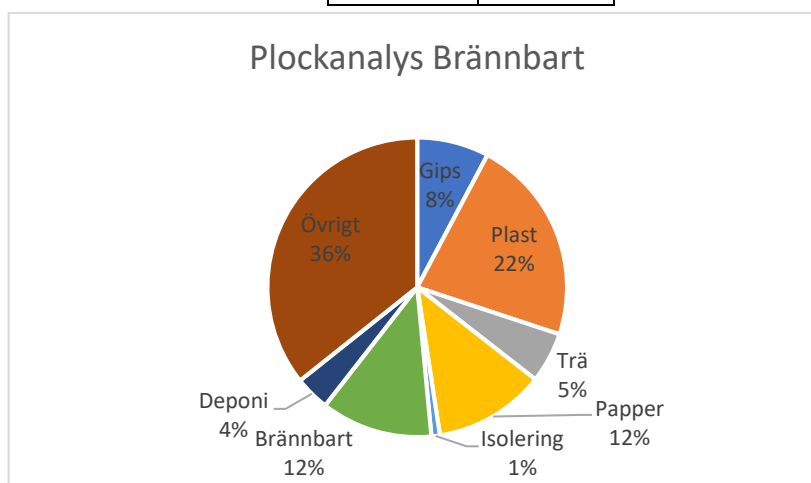
### Bilaga 3:

Plockanalys Brännbart

Brännbart (Kg)	
Gips	3,83
Board	1,85
Plast	0,87
Tyghandskar	0,68
Torkpapper	0,13
Isolering	0,45
Spikhållare plast	1,23
Kaffemugg papp	0,26
Plast band	1,36
Duk	4,58
Trä	2,69
Små plaströr	2,96
Stora plaströr	4,57
Papp rör	5,42
A4 papper	0,12
Kläder	0,68
Övrigt bråte	17,59
<b>Summa</b>	<b>49,27</b>

Indelat i kategorier:

Material	Kg
Gips	3,83
Plast	10,99
Trä	2,69
Papper	5,93
Isolering	0,45
Brännbart	5,94
Deponi	1,85
Övrigt	17,59
<b>Summa</b>	<b>49,27</b>



Övrigt/Övrigt bråte från tabellerna ses nedan:

