



CHALMERS

Jämförelseanalys av traditionella metoder och komplettering med virtuella verktyg inom lokalplanläggning

Kandidatarbete PPUX03-17-13

PONTUS JOHANSSON
ANNA LIDMAN OLSSON
MAX LUNDSTRÖM
JULIA PERSSON GIOLITTI

Förord

Detta är ett kandidatarbete på institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling (PPU) på Chalmers Tekniska Högskola. Omfattningen av arbetet är 15 högskolepoäng och har utförts under vårterminen 2017. Medverkande parter i arbetet är Chalmers Tekniska Högskola samt GKN Aerospace Sweden AB. Projektet ingår i forskningsprojektet 3D-SILVER vars mål är att förbättra metoder och beslutsunderlag vid arbetsplatsutformning, både med avseende på layout och ergonomi. Projektet utfördes på förslag av Maja Barring och Daniel Nåfors och examinerades av Björn Johansson.

Vi vill tacka vår handledare Maja Barring som har ställt upp med stort engagemang och givit oss nya infallsvinklar under arbetets gång.

Vi vill även tack de anställda på GKN Aerospace Sweden AB, främst Torbjörn Hillerström som har hjälpt oss samt medverkat i vår intervju.

Sammanfattning

Dagens konsumtionssamhälle och den pågående globaliseringen skapar en allmänt högre efterfrågan, vilket har lett till att det ställs högre effektivitetskrav på industrin. För att bli mer kostnads- samt resurseffektiva tillämpar industrin bl.a. virtuella verktyg likt Computer-Aided Design (CAD) och Automod ett simuleringsprogram. Virtuella verktyg har minskat gapet mellan ritning och verklighet med t.ex. 3D-miljöer. Inom lokalplanläggning finns det möjlighet för virtuella verktyg att effektivisera produktionsprocessen samt anpassa efter förändrade förutsättningar. Den allmänt högre efterfrågan har blivit märkbar inom flygindustrin där det finns krav på bensinsnåla motorer för att minska kostnader samt miljöpåverkan. GKN Aerospace, ett världsledande företag inom flygindustrin, har utvecklat en bensinsnål motor och behöver bygga ut lokalerna för att tillgodose den ökade efterfrågan. GKN Aerospace har ingått i ett samband med Chalmers Tekniska Högskola för att bl.a. utforska hur lokalplanläggning kan utföras.

Projektet utfördes för att analysera hur virtuella verktyg kan användas eller utvecklas för att komplettera den traditionella metoden Förenklad Systematisk Lokalplanläggning (FSLP) samt framställa möjliga ritningar till GKN Aerospace för den aktuella produktionsytan. Forskning gällande FSLP respektive virtuella verktyg finns men direkta jämförelser av dessa finns inte brett tillgängligt. En jämförelseanalys utfördes för att fylla detta gap samt ge ett underlag för att uppnå projektets syfte.

En intervju utfördes med en anställd på GKN Aerospace för att utvinna fallspecifik information för projektet. Med hjälp från institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling (PPU) vid Chalmers Tekniska Högskola strävade projektet efter att planlägga fabrikslokalen på GKN Aerospace. Planlösningar utvecklades med den traditionella metoden FSLP samt med komplettering av virtuella verktyg. Detta utförande gjordes parallellt för de två metoderna så att den ena metoden inte skulle kunna påverka den andra. De två virtuella verktygen vilka undersöktes var Layout tool och FactoryFLOW. För att utföra jämförelseanalysen utformades fokusområden tillsammans med den anställda som intervjuats. Jämförelseanalysen baserades på dessa områdena vilka metoderna jämfördes inom, efter att de var genomförda.

Det konstaterades att det fanns både för- och nackdelar med metoderna. FSLP är en användbar metod som ger ett tillförlitligt resultat, men skissmomentet i metoden är tidskrävande. Layout tool gav inget tillförlitligt resultat eftersom programvaran inte är färdigutvecklad. FactoryFLOW utförde alla steg i FSLP och resulterade i en väl motiverad ritning med något felaktig skala. Resultatet från FactoryFLOW och FSLP kan användas som beslutsunderlag i produktionen. Efter genomförd analys och jämförelse konstaterades att virtuella verktyg kan komplettera ett eller flera moment för att tidseffektivisera lokalplanläggning, framförallt skissmomentet i FSLP. Utvecklingspotentialen vilken finns inom lokalplanläggning är stor där möjlig visualisering av layouter i en virtuell miljö kan effektivisera kommunikations- och beslutsprocessen vilket leder till att prospekteringstiden minskar och kan leda till reducerade kostnader.

Abstract

The current globalization, coupled with our society's consumption, has created a general increase of demand which has resulted in higher standards of effectivity within the industrial complex. To become more cost and resource effective the industry applies, amongst other tools, virtual tools such as Computer-Aided Design (CAD) and Automod which is a simulation software. Virtual tools have decreased the gap between design and reality by, for example, implementing 3D-environments. Within the area of factory planning it is possible for virtual tools to increase the production process effectivity as well as adapt to meet unforeseen changes. The general increase of demand has become noticeable within the aviation industry where fuel efficient motors have become desirable to decrease costs and environmental effects. GKN Aerospace, a leading company within the aviation industry, has developed a fuel-efficient motor and seeks to expand their production in order to meet the increased demand. GKN Aerospace has entered into a cooperation with Chalmers University of Technology to, amongst other goals, research how factory planning can be performed.

The project was executed to analyse how virtual tools can be applied or developed to assist the traditional method Simplified Systematic Layout Planning (SSLP). Furthermore, the project aims to produce possible designs for GKN Aerospace for the processed production area. Research regarding SSLP and virtual tools is widely available, yet direct comparisons are sparse. A comparative analysis was performed to fill this gap as well as to fulfil the purpose of the project.

An interview was performed with an employee at GKN Aerospace to extract case relevant information for the project. With help from the institution for Product and Production Development (PPD) at Chalmers University of Technology the project aspired to plan the factory floor at GKN Aerospace. Designs were developed with the traditional method SSLP as well as with assistance from virtual tools. The execution of the two methods were conducted in parallel to avoid one method from affecting the other. The two virtual tools which were examined was Layout tool and FactoryFLOW. Focus areas were developed, to be able to execute the comparative analysis, with the interviewed employee. The comparative analysis was based on these focus areas where the methods were compared after their execution. There were advantages and disadvantage with the methods. SSLP is a useful method which produces a reliable result. However, the sketching stage is time consuming. Layout tool did not produce a reliable result since the software is not complete. FactoryFLOW executed all the step of a SSLP and resulted a well-motivated design with a slight offset in scale. The result from FactoryFLOW and SSLP can of assistance during decision making. After the comparative analysis was conducted it could be stated that virtual tools can assist SSLP in one or several steps to save time, primarily during the sketching stage, the potential for development for factory planning is ample. Visualization of designs in a virtual environment can increase the effectivity of communication and decision making, which in turn leads to a decreased time for prospecting and probable decreased costs.

Innehållsförteckning

1. INTRODUKTION	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Fallstudie	2
1.3 Syfte	2
1.4 Frågeställning	2
1.5 Mål	2
1.6 Avgränsningar	3
2. TEORETISK REFERENSRAM	4
2.1 Förenklad Systematisk Lokalplanläggning (FSLP)	4
2.2 Virtuella verktyg	9
2.2.1 Layout tool	10
2.2.2 FactoryFLOW	10
3. METOD	11
3.1 Förkunskap	12
3.2 Informationssökning	12
3.3 Datainsamling	13
3.3.1 Sekundärdata	13
3.3.2 Primärdata	14
4. GENOMFÖRANDE	16
4.1 Förenklad Systematisk Lokalplanläggning (FSLP)	16
4.1.1 Steg 1 - Sambandsschema	16
4.1.2 Steg 2 - Tabell av funktionskrav	19
4.1.3 Steg 3 - Sambandsdiagram	19
4.1.4 Steg 4 - Skissframtagning	20
4.1.5 Steg 5 - Värdering och poängsättning	24
4.1.6 Steg 6 - Ritning över vald planlösning	26
4.2 Virtuella verktyg	27
4.2.1. Layout tool	27
4.2.2 FactoryFLOW	28
4.3 Utformning av jämförelseanalys	33

5. RESULTAT	34
5.1 Intervju.....	34
5.2 FSLP	36
5.3 Virtuella verktyg.....	37
5.3.1 Layout tool	37
5.3.2 FactoryFLOW	37
5.4 Fokusområden	38
6. ANALYS AV RESULTAT	39
7. JÄMFÖRELSEANALYS	41
7.1 Tidsåtgång	41
7.2 Krav på förkunskap	42
7.3 Användarvänlighet.....	42
7.4 Användbarhet av resultat	43
7.5 Tillämpbarhet.....	43
7.6 Sammanfattande jämförelse	45
8. DISKUSSION	46
9. SLUTSATS OCH FRAMTIDA ARBETE	47
REFERENSER.....	48
APPENDIX	

1. INTRODUKTION

I kapitlet redogörs projektets bakgrund, intressenter och syfte. Frågeställningen till projektet presenteras samt de mål och avgränsningar vilka definierar projektet.

1.1 Bakgrund

Dagens konsumtionssamhälle och den pågående globaliseringen skapar en allmänt högre efterfrågan, vilket har lett till att det ställs högre effektivitetskrav på industrin. Utformningen av olika process- och layouttyper baseras främst på faktorerna produktionsvolym och produktvariation (Bellgran & Öhrström 1995). Detta höjer kraven på hur systematisk utformning av fabriker och dess lokalplanläggning utförs. De metoder och verktyg främst utvecklade av Richard Muther, för detaljerad layoutplanering, är enligt Johansson (2008) de mest framträdande inom layoutplanering av industrier. Metoderna utvecklades på 60-talet och har blivit traditionella metoder där arbetet utförs för hand med papper och penna. Dessa metoder tillämpas i flera utvecklingsprojekt, dock blir de slutgiltiga lösningarna vanligtvis snarlika kopior av föregående lösningar av både teknik och arbetsorganisationer (Johansson, 2008). Vilket styrks av följande citat: *"Man sneglar väldigt mycket bakåt om man gör något nytt"* (Bellgran & Säfsten 2005, sid.126).

I samband med att industrin strävar efter ökad effektivitet breder digitaliseringen ut sig, vilket medför nya digitala arbetssätt. Virtuella verktyg används i allt större utsträckning inom industrin. Nya teknologier likt virtual och augmented reality, skapad respektive förstärkt verklighet, kan enligt Doktorand Maja Barring (Föreläsning: *Lärande i virtuell miljö*, 2 december 2016) användas som effektiva inlärningsverktyg. De kan tillämpas exempelvis genom att flera montörer tränas samtidigt utan att störa det verkliga produktionsflödet. Augmented reality kan användas för att instruera montörerna vid montering vilket kan effektivisera produktionen och minimera risker för fel. Inom produktionsplanering har tillvägagångssätt för konstruktion och planering av fabrikslayouter med hjälp av kraftfulla datorprogram likt Computer-Aided Design (CAD), Automod etc. blivit en följd av digitalisering. Programmen möjliggör virtuella simuleringar av dels små komponenter samt hela produktionsflöden. Teknologikutvecklingen har lett till att produktionsutvecklingen blir mer kostnads- och resurseffektivt (Johansson 2008).

Digitaliseringen har minskat gapet från ritning till verklighet inom ett antal områden t.ex. med 3D-modellering i datorprogram. Inom lokalplanläggning är ett vanligt problem att mått och förutsättningar kan ändras under ett projekts gång. Detta medför oegentligheter mellan planering och verklighet. Problemen är något som eventuellt kan minimeras med hjälp av virtuella verktyg. Den virtuella miljön som skapas med hjälp av dessa verktyg ger användaren en bättre möjlighet att interagera med omgivningen. Möjligheten att minimera problemen har mynnat ut i forskning samt programutveckling av metoder. Layout tool är ett visualiseringsverktyg vilket har ursprung i forskningsprojektet 3D-SILVER vid Chalmers Tekniska Högskola. Programmet skall kunna kombinera en 3D-scanning av fabrikslokaler med CAD-modeller av maskiner och verktyg. Detta för att skapa en utrymmessnål och ergonomisk planlösning som avspeglar verkligheten, vilket eventuellt kan

minska gapet mellan planering och verklighet (Produktion 2030, 2017). En följaktligen intressant fråga, vilken ligger till grund för denna rapport, blir hur det går att komplettera eller ersätta de traditionella metoderna med hjälp av virtuella verktyg?

1.2 Fallstudie

GKN Aerospace Sweden AB, ett världsledande företag inom flygindustrin, har ingått i ett samarbete med Chalmers Tekniska Högskola i forskningsprojektet 3D-SILVER (Produktion2030, 2017). GKN Aerospace strävar ständigt efter att utveckla deras flygmotorer, därav prioriteras forskning och utveckling inom produktionen (GKN Aerospace Sweden AB, 2015). Samtidigt som globaliseringen ökar ställs hårdare krav på utsläpp och resursanvändning, inom framförallt flygindustrin, vilket har lett till högre efterfrågan på effektivare motorer (Engström, 2016). GKN Aerospace har därefter utvecklat bl.a. deras motorkomponent Turbine Exhaust Case (TEC). Den monteras i jetmotorer vars främsta uppgift är att ta upp lagerkrafter från turbinen i motorn samt att rätta ut och styra luftflödet från turbinen till förbränningskammaren. Denna produktutveckling har resulterat i effektivare motorer vilket har skapat en högre efterfrågan på GKN Aeroespaces motorer. De behöver därmed öka kapaciteten för att tillgodose den växande efterfrågan. Den nya produktionsytan kommer användas som underlag för detta projekt.

1.3 Syfte

Rapportens syfte är att framställa en jämförelsestudie mellan traditionella planläggningsmetoder och komplettering med virtuella verktyg. Resultatet analyseras för att utvärdera hur virtuella verktyg kan användas inom lokalplanläggning.

1.4 Frågeställning

Syftet konkretiseras av följande frågeställningar:

- Hur kan virtuella verktyg komplettera de traditionella metoderna för lokalplanläggning?
- Vad finns det för utvecklingspotential för lokalplanläggningsmetoder?

1.5 Mål

Målsättningen med projektet är att framställa en jämförelseanalys, vilket ger underlag för en diskussion om hur virtuella verktyg kan komplettera traditionella metoder, samt presentera en ritning för GKN Aerospace i slutet av projektet.

1.6 Avgränsningar

Projektet är en del av forskningsprojektet 3D-SILVER och begränsas till att använda den traditionella planläggningsmetoden Förenklad Systematisk Lokalplanläggning (FSLP). Metoden skall sedan kompletteras med virtuella verktyg som begränsas till Layout tool och FactoryFLOW, visualiseringsprogram för lokalplanläggning. Layout tool valdes efter förslag från forskningsprojektet 3D-SILVER. Handledare M. Barring föreslog FactoryFLOW för att komplettera undersökningen (personlig kommunikation, 24 mars 2017). Projektet kommer inte att utveckla nuvarande eller nya programvaror utan endast kommentera och diskutera teoretiskt vad som önskas av virtuella verktyg. Projektet utförs i samband med GKN Aerospace vilket medför att specifika mått, enheter som ska planläggas samt producerade komponenter inte kommer specificeras på grund av konkurrensfördelar. Dessa specifikationer är irrelevanta för att uppnå projektets syfte och påverkar därmed inte resultatet.

Ytterligare avgränsningar är att projektet är tidsbegränsat, 20/1 - 12/5 2017. Projektet kommer inte heller analysera ekonomiska aspekter, eftersom projektets syfte ej är att undersöka lönsamheten utan endast möjligheten av att tillämpa virtuella verktyg inom lokalplanläggning.

2. TEORETISK REFERENS RAM

Kapitlet behandlar teorin vilken ligger till grund för de metoder som tillämpas i detta projekt. Vidare har det kategoriserats in i två delar med teoretiskt stöd som utgångspunkt för en Förenklad Systematisk Lokalplanläggning (FSLP) samt virtuella verktyg.

2.1 Förenklad Systematisk Lokalplanläggning (FSLP)

Tillverkande industrier behöver enligt Muther (1974) utformas på ett sådant sätt att de snabbt och effektivt kan anpassa tillverkningen efter marknadens behov. Eftersom dagens samhälle kräver kortare produktlivscykler, bredare produktsortiment och kortare ledtider krävs det att tillverkande företag är flexibla och erhåller en robust produktion (Christmansson & Rönnäng, 2003). Det kan understrykas med resonemanget att företagets ständiga förändring har blivit ett normaltillstånd enligt Christmansson & Rönnäng (2003). Därav har bl.a. utformning av en förbättrad och planerad planlösning en väsentlig betydelse, till följd av att produkten samt produktionsvolym tas i beaktning av systemkonstruktören (Bellgran & Öhrström, 1995). Enligt Bellgran & Säfsten (2005) saknas oftast en strukturerad och systematisk utformning av planlösningar vid utvecklingsprocessen. Processen ses vanligtvis inte som ett medel för att utforma den bästa lösningen utan som ett mål, och därav ökar riskerna för förlorad helhetssyn samt otillräckligt underbyggd kravspecifikation (Bellgran & Säfsten, 2005).

Genom att använda systematisk planering vid framtagning av layouter i ett tidigt skede i projektet samt med gediget förarbete skulle genomförandet både bli billigare och mer problemfritt (Ranham, 2004). Det kan därmed vara lämpligt att planera och placera maskiner, material, operatörer etc. på ett systematiskt sätt för att nå en effektiv produktion (Muther, 1974). Den vanligaste metoden för layoutplanering, vilken även har fått stor spridning i Sverige, är enligt Johansson (2008) Förenklad Systematisk Lokalplanläggning (FSLP). Det är en metod för att utforma en produktionsyta och introducerades av Richard Muther & John D. Wheeler år 1977. Metoden är främst till för mindre ytor och projekt, vilka inte kräver en Systematisk Lokalplanläggning (SLP) (Muther & Wheeler, 1977). Dessa metoder tillämpas i många utvecklingsprojekt dock används oftast erfarenhet i större grad vilket leder till subjektiva bedömningar vilket bidrar till att de nya lösningarna blir liknande kopior av de föregående lösningarna (Johansson, 2008).

FSLP består av sex huvudsteg som framställer ett flertal planlösningsförslag och sedan resulterar i den av dessa som bedöms vara mest optimal (Muther & Wheeler, 1977). Övergripande element för alla FSLP är utrymme, samband och sammankoppling. De sex stegen, vilket FSLP består av, omfattar och uppfyller dessa element och sammanfattas i tabell 1.

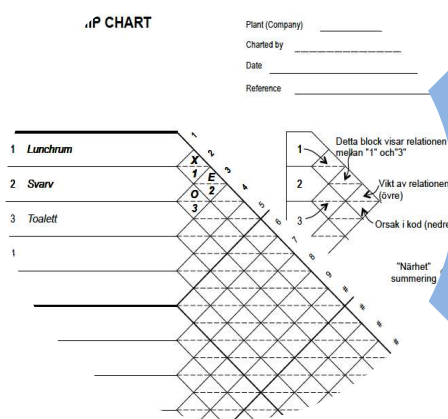
Tabell 1: Överblick av de sex stegen i FSLP med beskrivning av aktivitet och produkt.

Steg	Aktivitet	Produkt
1	Kartlägga samband	Sambandsschema
2	Fastställa funktionskrav	Tabell av funktionskrav
3	Skissera funktionernas samband	Sambandsdiagram
4	Rita alternativa huvudplaner	Tre eller fyra olika alternativ för planlösningen
5	Värdera de olika alternativen	Värderingsschema samt den bästa planlösningen
6	Detaljutforma den valda planlösningen	En ritning över den planlagda lokalen

Nedan följer en kortfattad sammanfattning av de sex stegen i en FSLP.

Steg 1 – Kartlägga samband:

Identifiera de ingående funktionerna för den byggnad som skall planläggas t.ex. diverse maskiner, fikarum, truckgångar och kontor. FSLP kan maximalt hantera 20 enheter, ifall antalet överstiger detta skall en Systematisk Lokalplanering (SLP) utföras (Muther & Wheeler, 1977). Kartläggning av sambanden kan därefter utföras genom att fylla i ett sambandschema vilket förklaras i figur 1. Dokumentets syfte är att vara enkelt att använda och överskådligt för alla relationer mellan enheterna (Muther & Wheeler, 1977). För fullständigt sambandschema se bilaga 1.



Viktigt att tänka på vid skapande av sambandsschemat är att inkludera alla enheter som har relation till varandra då detta är grunden för den fortsatta layoutplaneringen.

När man fyller i detta schema är det viktigt att tänka på följande:

- Definiera orsaken till närhetskravet t.ex. materialflöde och samma personal.
- Anteckna under arbetets gång, det blir lättare att motivera värderingarna.

Figur 1: Hänvisningar för Steg 1.

Steg 2 – Fastställa funktionskrav:

Definiera enheternas areor och specificera vilket utrymme som behövs, exempel på detta kan ses i figur 2. De är dessutom en del av den grundläggande informationen vilken är viktig för det fortsatta arbetet med FSLP. Finns inte utrymmet specificerat kan det vara svårt att skapa en korrekt planlösning och i värsta fall krävs en efterjustering vilket oftast är dyrt och tidskrävande (Muther & Wheeler, 1977). I detta steg anges det även om ett behov finns för service eller särskild utrustning t.ex. vattenledningar och ventilation. För fullständig tabell av funktionskrav se bilaga 2.

MRÅDE & EGENSKAPS BLAD

Aktivitet		Area		Max. Uppburen last		VVS		Komf.	
Namn	Area m ²								
Totalt:	54,00	Skriv in enhet och nödvändig mängd under varje							
Lunchrum	40	-					V		
Svarv	6	-							
Toalett	8	-					K		

När tabellen för funktionkraven skapas är det viktigt att definiera arean för var enhet. Här specificeras även om det finns särskilda behov av service eller utrustning.

Kom ihåg:

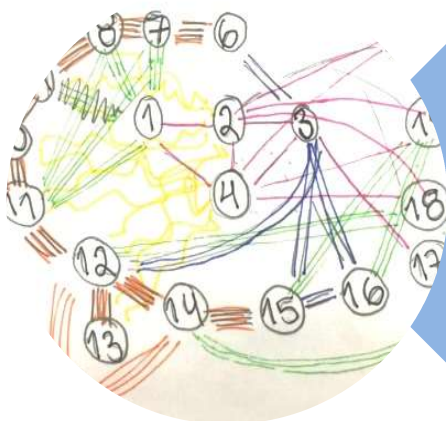
- Modifiera de egenskaper som specificeras och värdesätts till projektet.

Figur 2: Hänvisningar för Steg 2.

Steg 3 – Skissera funktionernas samband:

Utförandet av Steg 3 är en kombination av Steg 1-2 där de olika enheterna kopplas samman visuellt till ett grundläggande mönster för en layout, exempel kan ses i figur 3. Det görs genom att skapa ett sambandsdiagram där målet är att enkelt komma så nära en idealisk uppställning av enheterna som möjligt (Muther & Wheeler, 1977).

De värderingar som utfördes i sambandsschemat från Steg 1 används för att bygga upp ett sambandsdiagram. Diagrammet ger en god överblick av det som gjordes i schemat men ger även en indikation på var enheterna skall placeras i förhållande till varandra i planlösningen (Muther & Wheeler, 1977).



Enheterna kopplas samman för att skapa ett grundläggande mönster för layouten. Bra att tänka på är att börja med de viktigaste sambanden och därefter bearbeta placeringen av enheterna under tiden resterande samband förs in.

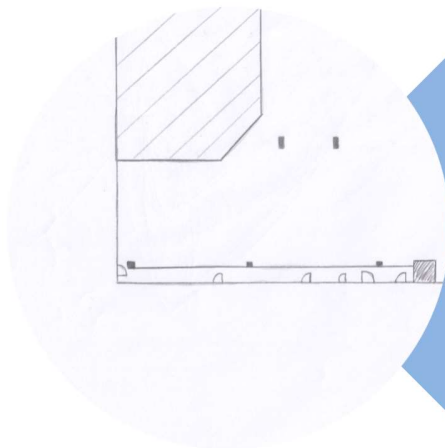
Observera:

- Sambandsdiagrammet kan skapas flera gånger med olika utgångspunkter.
- Färglägg gärna för att tydliggöra sambanden.

Figur 3: Hänvisningar för Steg 3.

Steg 4 – Rita alternativa huvudplaner:

En planskiss skapas som en form av huvudplan vilken kombinerar ytor och samband, se figur 4 för ytterligare hänvisningar. Utgångspunkten för skissen är sambandsdiagrammet. Alla enheter ritas upp i skalenlig storlek i det utrymme som planläggs och därefter omarbetas skissen för att uppnå en så ideal planlösning som möjligt (Muther & Wheeler, 1977). Detta skall enligt Muther & Wheeler (1977) göras flera gånger och resultera i tre eller fyra olika alternativ.



Viktigt att tänka på när layouter skisseras är att få plats med alla enheter och även gång- och truckvägar. Försök tänka bort redan gjorda layouter för att få större variation på planlösningarna.

Figur 4: Hänvisningar för Steg 4.

Steg 5 – Värdera de olika alternativen:

Poängsätt de framtagna skisserna för att därefter besluta vilken som är den mest optimala av de framtagna alternativen med hänsyn till diverse faktorer. Dessa faktorer är således de första som bör specificeras i detta steg. Genom denna metod utvinns det ett så objektivt och opartiskt beslut som möjligt enligt Muther & Wheeler (1977). För att göra det på ett strukturerat sätt används ett värderingsschema, se figur 5 för exempel. För fullständigt värderingsschema se bilaga 3.

Värderingskarta			
Absolut perfekt (4p)	O	Ordinär lösning (1p)	
Effektiv lösning (3p)	U	Utan betydelse (0p)	
Intressant lösning (2p)	X	Önskvärd (-5p)	

Beskrivning av altern.			
1. Layout 1			
2. Layout 2			
3. Layout 3			
4.			

FAKTOR	Vikt	1	2
1 Tillgänglighet för service	5	E 15	U 0
2 Arbetsledning	6	I 12	I 12
Materialhantering	10	U 0	A

När värderingskartan skapas är det viktigt att definiera faktorerna med hänsyn till kraven eller önskemålen på planlösningen. De måste också viktas med avseende på vilken betydelse de har för planlösningen.

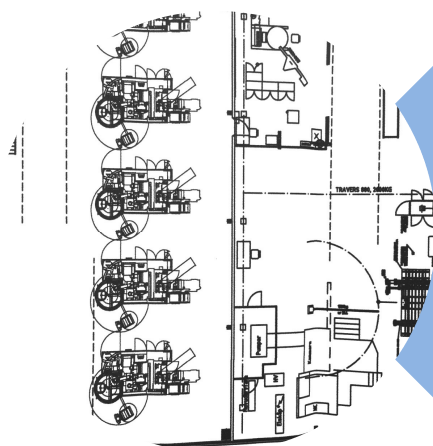
Viktigt i detta steg är följande:

- Utvärdera resultatet, verkar det rimligt eller har någon beräkning blivit fel?
- Motivera beslutet av planlösning.

Figur 5: Hänvisningar för Steg 5.

Steg 6 – Detaljutforma den valda planlösningen:

Slutligen skapas en ritning av den planlösning som valdes i föregående steg. Här tydliggörs alla beteckningar för att utomstående skall kunna förstå ritningen, se figur 6 för exempel. Alla detaljer förs in, t.ex. rörinstallation, maskiner och särskild utrustning. Kontroll av gångar, dörrar och utrymme för underhåll och service görs för att verifiera att utformningen är funktionsduglig. FSLP är därefter genomförd och har resulterat i en ritning över den nu planlagda lokalen (Muther & Wheeler, 1977).



I det sista steget är det viktigt att andra skall förstå ritningen. Glöm inte alla detaljer som t.ex. rörinstallation, maskiner och särskild utrustning.

Undvik:

- Förkortningar och symboler som inte är förklarade på ritningen.

Figur 6: Hänvisningar för Steg 6.

2.2 Virtuella verktyg

Virtual Reality (VR) definieras som en sammansättning av en interaktiv datorsimulering, feedback och återkoppling från användarens interaktion av Mihelj, Novak och Begus (2014). För att arbeta i, och med, en virtuell miljö används virtuella verktyg som t.ex. simuleringsprogram, VR-glasögon och Cave Automatic Virtual Environment (CAVE). Virtuella verktyg har underlättat verksamheten inom flertalet områden liksom utbildning, produktionsutveckling, produktionsflöde etc. en sammanställning kan ses i tabell 2.

Tabell 2: Redogörelse av praktiska exempel, den teknologi och tillämpning som använts samt vad det har resulterat i.

Område	Teknologi & Tillämpning	Resultat
<i>Utbildning</i>	<i>Simulatorer</i> - Elever som utbildas för att vara operatörer i t.ex. en skogsavverkningssmaskin får öva i en simulator.	Umeåföretaget Oryx, som tillverkar simulatorer, syftar till att dessa simulatorer ger pedagogiska vinster, en säkrare arbetsmiljö samt minskade utsläpp i jämförelse med ifall eleven skulle läras upp i en verklig maskin (Hansson, M. 2010).
<i>Produktutveckling</i>	<i>CAD</i> - Företag kan utföra design och test på produkter i en mjukvara istället för att tillverka prototyper.	Enligt Haresh Khemani (2008) finns det fem fördelar med CAD. Ökad produktivitet hos designern, förbättrad kvalitet på designen, förbättrad kommunikation, dokumentation av designen samt skapande av databas för tillverkning.
<i>Produktionsflöde</i>	<i>Simulationer</i> - Företag kan tillämpa programvara för att simulera deras produktionsflöden.	Swerea (2016), som erbjuder produktionsflödesanalyser, menar att simulationer av produktionsflöden kan hjälpa företaget att finna variationer som påverkar flaskhalsar, ledtid och kapacitet.
<i>Konstruktion</i>	<i>Virtual reality</i> - Byggindustrin planerar att tillämpa virtual reality för att ta fram möjliga byggnationer.	Sveriges byggindustrier (2017) nämner att virtual reality tillför ett ytterligare kostsamt steg i designen. Den finns där för att underlätta kommunikation samt har möjligheten att tillämpas med andra teknologier för att underlätta byggnationer.

Inom området layoutplanering kan virtuella verktyg vara till stor fördel. Exempelvis menar Becker, Salvatore & Zirpoli (2005) att genom tillämpning av virtuella verktyg i ett tidigt skede inom layoutplaneringen kan stora kostnader förhindras vid misstag och misskommunikation när nya produktionssystem tas fram. Vid ombyggnadsprojekt kan de planerade layouterna verifieras vilket minskar tid för planering, diskussioner samt risken för kostsamma designfel (Lindskog, Berglund, Vallhagen & Johansson 2016). Det finns även andra fördelar med att använda virtuella verktyg inom framförallt layoutplanering. Detta eftersom att virtuella verktyg skapar en bättre möjlighet att visualisera främst i en 3D-miljö. Visualiseringen skulle vara gynnsam för en ökad

förståelse och en smidigare kommunikationsprocess mellan olika parter vilket kan minska missförstånd (Lindskog, Berglund, Vallhagen, Berlin, & Johansson, 2012). Vidare menar Lindskog et al. (2012) att tekniken för punktmolnsscanning kan skapa en realistisk 3D-miljö med hög noggrannhet och detaljrikedom, vilket skapar stora fördelar gentemot en 2D-ritning. Punktmolnsmodeller har stora möjligheter att bidra till realistiska avbildningar av lokaler. Dock finns det fortfarande stora luckor att täcka och problem som skall lösas innan det blir möjligt med standardiserade arbetsmetoder, som är nödvändigt vid ombyggnadsprojekt, främst på grund av outvecklade simuleringsverktyg (Lindskog et al., 2012).

2.2.1 Layout tool

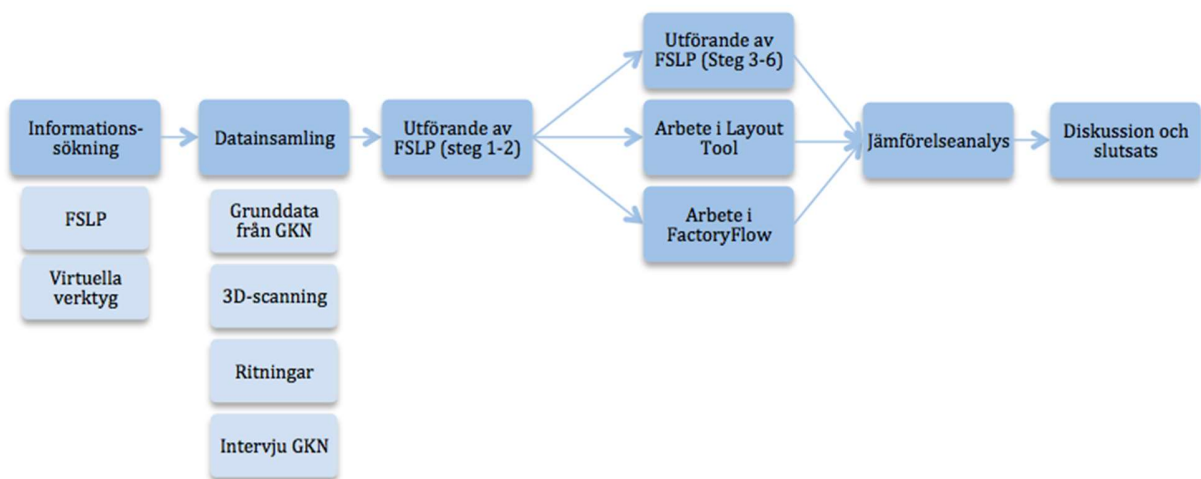
Layout tool är en programvara vilken har tagits fram av forskningsprojektet 3D-SILVER. Programvaran, som inte finns tillgänglig på den kommersiella marknaden, är ett simuleringsprogram som kopplar ergonomi med avancerad matematisk modellering för att kunna analysera och skapa en bättre arbetsmiljö (Produktion2030, 2017). Idag finns det inga kommersiella programvaror som kan kombinera punktmolnsscanning av fabrikslokaler i kombination med CAD-modeller av maskiner för att kunna optimera layouten i en realistisk 3D-miljö (Produktion2030, 2017). Målet är att utveckla en ny funktionalitet som integrerar dessa lösningar och ge industrin möjligheten att använda tekniken bättre, samt ha en ledande roll inom utveckling av lösningar som integrerar punktmolnsscanning med tekniska lösningar vid lokalplanläggning, ergonomiska analyser samt arbetsplatsdesign (Produktion2030, 2017).

2.2.2 FactoryFLOW

FactoryFLOW är en kommersiell programvara från Siemens AB som är ett plug-in till programmet Autodesk. Det är en grafisk programvara som möjliggör en optimering av fabrikers produktivitet baserat på materialflödet och kostnader utifrån information om produktionsflödet (Siemens, 2011). Genom att använda FactoryFLOW kommer det, enligt Siemens (2017), leda till smartare beslut vilket skapar effektiva fabrikslayouter med reducerade avstånd, minskade lagernivåer samt förbättrad kommunikation. Följaktligen reduceras tillverkningskostnaderna och produktiviteten ökar (Siemens, 2017).

3. METOD

För att uppnå projektets mål och syfte studerades först hur en komplett FSLP genomförs. Därefter samlades data in genom intervju samt erhållen sekundärdata från GKN Aerospace, vilken bestod av mätning av fabrikslokal via punktmolnsscanning och ritningar. Den insamlade datan användes därefter för att utföra FSLP. Projektet analyserade även hur väl det virtuella verktyget Layout tool, från forskningsprojektet 3D-SILVER, samt FactoryFLOW fungerar. Programmen som användes var virtuella verktyg för att planera och optimera fabrikslayouter. Resultatet från FSLP, Layout tool och FactoryFLOW kommer därefter jämföras och analyseras för att studera möjligheten att komplettera, eller ersätta, FSLP med virtuella verktyg. Processen för projektet finns presenterad i figur 7.



Figur 7: Processen för projektet presenterad i kronologisk ordning från vänster till höger.

Arbetet inleddes, likt figur 7 visar, med en informationssökning och därefter en datainsamling. Dessa var kritiska för att få en bred grund för projektet. Utförandet av Steg 1-2 i FSLP krävdes för det fortsatta arbetet med FSLP samt för de båda virtuella verktygen. De två stegen innehöll definitioner av enheter och samband vilka behövde vara samma för de virtuella verktygen eftersom det annars t.ex. inte blir samma areor och enheter i planläggningarna. Genom att utföra de första stadierna tillsammans minskades risken för att subjektiva bedömningar från den utförande parten skulle kunna skapa skillnader i resultaten. FSLP Steg 3-6 gjordes parallellt med utförandet av de virtuella verktygen genom att dela upp projektgruppen. De två utförande grupperna bestod båda av en part som inte besatt tidigare kunskap om FSLP samt en part som besatt tidigare kunskap. Anledningen till att metoderna utfördes parallellt snarare än i efterföljande ordning är för att inte påverkas av en tidigare framtagna layout från FSLP när arbetet med de virtuella verktygen påbörjades. Projektet baserades på två virtuella verktyg, Layout tool samt FactoryFLOW. Layout tool valdes att testas på begäran av forskningsprojektet 3D-SILVER medan FactoryFLOW är en pro-

gramvara vilken framkom under projektets gång. Dessa virtuella verktyg kan eventuellt utföra stegen i FSLP mer tids- och kostnadseffektivt än en människa. Därför undersöktes dessa verktygs lämplighet att komplettera metoden i projektet.

Efter att metoderna var utförda skapades jämförelseanalysen där de två metoderna jämfördes inom olika områden. En klassisk jämförelseanalys utmärks av att objekt A och objekt B är två liknande objekt, vilka granskas likvärdigt, men har kritiska skillnader eller förvånansvärda likheter (Walk, 1998). En jämförelseanalys är att ställa två objekt mot varandra och utröna likheterna samt olikheterna däremellan. FSLP och komplettering av virtuella verktyg är två liknande metoder inom lokalplanläggning med tydliga skillnader, därmed lämpas en jämförelseanalys för utvärdering av dessa metoder. En jämförelseanalys av de två lokalplanläggningsmetoderna, traditionell samt med komplettering av virtuellt verktyg, bidrar till att uppnå projektets syfte samt besvara frågeställningen. Slutligen diskuterades resultaten samt jämförelseanalysen och slutsatser drogs utifrån frågeställningarna.

3.1 Förkunskap

I början av projektet redogjordes de förkunskaper kandidatarbetets deltagare besitter. Redogörelsen utfördes för att förstå hur arbetet skulle delas upp för att utföras på ett effektivt sätt. Av de fyra studenter som utgör kandidatgruppen besitter tre av dem kompetenser inom maskinteknik medan den fjärde deltagaren har kompetenser från industriell ekonomi. Två av studenterna har även kunskaper inom virtuell produktion sedan tidigare genom kursen PPU055 - Virtuell produktion. Det var en valbar kurs som gavs ut av institutionen produkt- och produktionsutveckling vilket medför att dessa deltagare sedan innan är bekanta med bl.a. FSLP. Denna typ av gruppindelning menar Gustaf Lindblad (Föreläsning: Gruppdynamiska perspektiv, 22 februari 2017) är fördelaktig när den utgörs av personer med olika erfarenhet och kunskap vilket ger ett bättre resultat än en grupp som består av personer med snarlika kompetenser.

3.2 Informationssökning

En informationssökning genomfördes för att skapa en kunskapsbank inom ämnesområdet För- enklad Systematisk Lokalplanläggning (FSLP) för industrier samt vilken roll virtuella verktyg har inom lokalplanläggning. Databaserna Summon och Google Scholar användes för att söka efter tidigare litteratur samt forskning och för att hitta relevant information. Detta eftersom de är lättillgängliga, tillförlitliga samt har ett brett utbud. De sökord som användes i databaserna är bl.a. virtuell produktion och systematisk lokalplanläggning, se tabell 3 för fullständig informationssökning. Inspiration och stöd kring vilka sökord som har använts för att hitta relevanta publikationer har inhämtats från bl.a. andra vetenskapliga arbeten samt material som mottagits från GKN Aerospace. Både engelska och svenska sökord har använts för att påträffa internationellt samt nationellt utgivna skrifter. Sökorden kombinerades på olika sätt, vilket resulterade i en del avgränsningar i sökresultatet, för att enbart få fram publikationer som var relevanta för projektet. Vid

informationssökningen har det använts hänvisningskedjor, något som Ejvegårds (2009) menar bidrar till en effektivisering för att lokalisera publikationer som uppfattas som relevanta för det ämnesområdet vilket undersöks.

Tabell 3: Informationssökning med specificering av vilken databas och vilka sökord har använts och hur många träffar det generade samt antalet lästa abstracts.

Datum	Databas	Sökord	Antal träffar	Lästa abstracts
2017-02-21	Summon	Virtuell produktion	2 656	4
2017-02-21	Summon	Virtual production	741 562	5
2017-02-21	Summon	Virtuella verktyg	51	2
2014-02-21	Summon	Virtual tools	1 093 297	10
2017-03-01	Google Scholar	Virtuella verktyg och systematisk lokalplanläggning	2	2
2017-03-01	Google Scholar	Virtual tools and Systematic Layout planning	740	5
2017-03-05	Google Scholar	Systematisk lokalplanläggning	3	3
2017-03-08	Google Scholar	Systematic layout planning	3	2

3.3 Datainsamling

FSLP krävde underliggande data från fallstudien för att genomföras, insamling av relevant data var därmed nödvändigt för att utföra en empirisk studie. Enligt L.O. Bligård (Föreläsning: *Forskningsmetodik M föreläsning 2*, 8 februari 2017) definieras en empirisk studie av att den insamlade datan är baserad på verkliga fenomen. Två former av data samlades in. Den första formen var sekundärdata, vilket L.O. Bligård (Föreläsning: *Forskningsmetodik M föreläsning 2*, 8 februari 2017) definierar som data insamlad av en annan part, och anskaffades genom forskningsprojektet 3D-SILVER. Den bestod av en punktmolnsscanning samt ritningar från GKN Aerospace. Den andra formen var primärdata vilket en intervju ansågs vara mest lämpad för. Detta eftersom det behövdes information gällande fallet som inte kunde mätas samt viktig information riskerades att gå förlorad ifall respondenten t.ex. svarat på en enkät. Den kvalitativa data som erhålls genom resonemang är enligt L.O. Bligård (Föreläsning, *Forskningsmetodik M föreläsning 2*, 8 februari 2017) nödvändig för genomförande av en FSLP.

3.3.1 Sekundärdata

Forskningsprojektet 3D-SILVER tillhandahöll sekundärdata innehållande en punktmolnsbaserad laserscanning samt 2D-ritningar över den berörda fabrikslokalen hos GKN Aerospace. Materialet innehöll även en CAD-modell över den maskintyp vilken implementeras i GKN Aerospaces lokaler. Datat analyserades och användes som grund till genomförandet av projektet.

3.3.2 Primärdata

Primärdata samlades in genom en intervju med Torbjörn Hillerström, anställd på GKN Aerospace. T. Hillerström har lång erfarenhet av lokalplanläggning inom GKN Aerospace samt är delansvarig för den berörda lokalplanläggningen. Intervjun utfördes under ett besök hos GKN Aerospace i deras lokaler i Trollhättan.

Utförandet av en intervju ansågs vara det mest lämpliga tillvägagångssättet för att samla relevant data och information. Enligt L.O. Bligård (Föreläsning, *Forskningsmetodik M föreläsning 2*, 8 februari 2017) finns det olika varianter av intervjuer. Under besöket tillämpades två av dessa typer. Den första var en personlig ostrukturerad intervju, vilket L.O. Bligård (Föreläsning, *Forskningsmetodik M föreläsning 2*, 8 februari 2017) beskriver som en intervju med en fysiskt närvarande motpart och där intervjuaren ställer öppna frågor samt leder samtalet under intervjuens gång. Denna intervju utfördes dels under rundturen av lokalerna där anteckningar fördes samt under en intervju i ett konferensrum där intervjun spelades in och sedan transkriberades. Avsikten med att spela in intervjun var dels för att citera respondenten korrekt samt att lägga större fokus på samtalet och föra en dialog, vilket medför att empirisk data kan återupplevas tydligare (Bryman, 2011; Häger 2007). L.O. Bligård (Föreläsning, *Forskningsmetodik M föreläsning 2*, 8 februari 2017) anser att en ostrukturerad intervju lämpas vid situationer där den intervjuande parten inte besitter utförlig kunskap inom området. Den ostrukturerade intervjun behandlade huvudsakligen information relaterat till GKN Aerospace samt specifikationer om produktionsprocessen, vilket till större del var ny information. Därmed ansågs den ostrukturerade intervjun tillgodose projektets behov. Den andra tillämpade intervjun var en personlig strukturerad intervju, vilket L.O. Bligård (Föreläsning, *Forskningsmetodik M föreläsning 2*, 8 februari 2017) beskriver som en intervju med smala och specifika frågor. Denna typ av intervju anser L.O. Bligård (Föreläsning, *Forskningsmetodik M föreläsning 2*, 8 februari 2017) är lämplig ifall det finns god kunskap från den intervjuande parten om ämnet. Frågorna i denna intervju bestod av frågor angående information till FSLP. Eftersom projektets författare besitter kunskap inom detta område var det lämpligt att använda en strukturerad intervju för att utvinna relevant information.

Innan skapandet av en intervjuguide gjordes efterforskning om ämnesområdet, främst från tidigare forskning angående metoden FSLP (Muther & Wheeler, 1977). Gruppen studerade även den sekundära data, nämnd ovan, som var tillgänglig från forskningsprojektet 3D-SILVER. Detta studerades för att bilda en allmän kunskapsöversikt av metoden samt företaget GKN Aerospace. Den ursprungliga idén var att utföra en personlig halvstrukturerad intervju, vilket L.O. Bligård (Föreläsning, *Forskningsmetodik M föreläsning 2*, 8 februari 2017) beskriver som en intervju med förutbestämda öppna frågor. L.O. Bligård (Föreläsning, *Forskningsmetodik M föreläsning 2*, 8 februari 2017) anser att en halvstrukturerad intervju ger möjlighet till en systematisk analys samt ger respondenterna möjlighet att lyfta områden av ansedd vikt. Resultatet blev ett intervjuunderlag vilket var tänkt att användas till grund för den halvstrukturerade intervjun, se bilaga 4. Detta underlag skickades till T. Hillerström innan besöket för att ge möjligheten att förbereda svar. Detta

underlag besvarade T. Hillerström med korta svar och presenterade detta innan intervjun, se bilaga 5. Till följd av detta var det inte en halvstrukturerad intervju som genomfördes utan en ostrukturerad samt en strukturerad. Närvarande vid intervjun var samtliga från projektgruppen samt respondenten. Under intervjun tillkom en produktionsledare från verkstaden som gav synpunkter på samtalsämnena. Intervjun utfördes i ett konferensrum i GKN Aerospaces lokaler och spelades in med hjälp av en mobiltelefon med samtycke. Intervjun varade i cirka 70 minuter.

4. GENOMFÖRANDE

I detta kapitel beskrivs utförandet av de två metoderna, FSLP samt de virtuella verktygen. Det presenteras även hur utformning av jämförelseanalysen genomfördes.

4.1 Förenklad Systematisk Lokalplanläggning (FSLP)

Metoden för FSLP följde beskrivningen av Muther & Wheeler (1977) med mindre förändringar som presenteras i detta avsnitt för att anpassa metoden efter projektet. Avsnittet är uppbyggt enligt de sex stegen förklarade i avsnitt 2.1.

4.1.1 Steg 1 - Sambandsschema

Vid Steg 1 definierades de olika enheterna som skulle vara med vid planläggningen. Totalt var det 13 enheter som skulle tas hänsyn till när sambandschemat fylldes. Dessa enheter fastställdes med grund i resultatet av den insamlade primärdatan från GKN Aerospace. Lyftkranarna sattes ihop till en enhet. Orsaken var att maskinerna krävde minst en kran var, men två maskiner som placerades bredvid varandra kunde dela på en. För att undvika att planlösningen blev styrd av antalet kranar fattades beslutet att sammanfoga de till en enhet. Antalet kranar bestämdes i ett senare skede för att veta hur många som krävdes med hänsyn till hur maskinerna stod. Resterande enheter är åtta likartade maskiner, en tvättmaskin, en Coordinate Measuring Machine (CMM) samt två verktygsställ.

Då sambandsschemat fylldes i följdes en värderingsskala som beskriver hur viktigt avståndet mellan enheterna ansågs vara samt antalet samband, se figur 8 för fullständig värderingsskala. För respektive värdering finns även en orsak till att den specifika värderingen valdes, se figur 9 för orsaksdefinitionerna. Totalt skapades sju olika orsaker. Orsakerna resonerades fram genom vad som ansågs vara de viktigaste baserat på den insamlades primärdatan från GKN Aerospace samt med förkunskaper. Första orsaken var *Arbetsmiljö/Ergonomi* vilket var avgörande för att uppnå en trivsamt och god arbetsmiljö. Orsak 2, *Samma materialflöde*, innebar att enheterna ingick i samma flöde. Orsak 3 innebar att GKN inte hade något krav på att enheterna behövde vara närliggande. Orsak 4, *Verktygstillgänglighet*, syftade på att det skulle finnas tillgång till de verktyg som behövdes för att operatören skulle kunna tillverka rätt detalj. Orsak 5, *Ej nödvändigt materialflöde*, innebar att enheterna inte nödvändigtvis ingick i samma materialflöde. *Personaltrafik* som var den 6:e orsaken menar på hur lättillgänglig enheten var för maskinoperatören med hänsyn till gångavståndet. Sista orsaken, *Följande orsaker; 2, 4, 6*, definierades enligt orsak 2, 4 och 6.

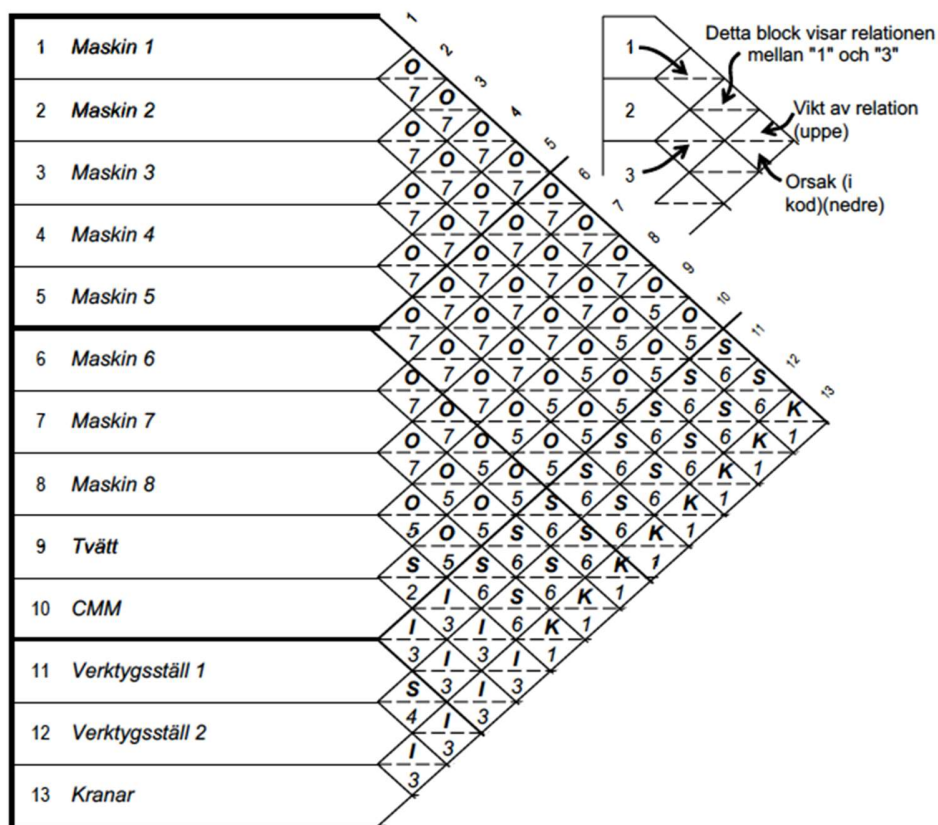
VÄRDE	NÄRHET	Summering
	Kritisk	8
	Särskilt viktig	18
	Viktig	
	Ordinär	44
I	Irrelevant	8
	Ej önskvärd	
Total = $\frac{N \times (N-1)}{2} =$		78

Figur 8: Värderingsskala.

Kod	ORSAK
1	Arbetsmiljö/Ergonomi
2	Samma materialflöde
3	Inget krav för närhet
4	Verktygstillgänglighet
5	Ej nödvändigt materialflöde
6	Personaltrafik
7	Följande orsaker; 2, 4, 6
8	
9	

Figur 9: Orsaksdefinitioner.

Sambandsschemat fylldes i med värdebokstäver och orsaksnumrering, se figur 10 för färdigställt sambandsschema.



Figur 10: Sambandsschema över de olika enheternas relation till varandra.

GKN Aerospace strävar efter att ha en funktionell verkstad och ansåg därmed att närhet mellan maskinerna var önskvärd men inte ett krav. Därför värderades maskinernas relation till varandra som ordinär närhet med *Följande orsaker 2, 4, 6*. Relationen mellan maskin och kran värderades till kritisk, detta eftersom alla maskiner krävde tillgång till minst en kran vid lyftoperationer. *Arbetsmiljö/Ergonomi* valdes för att det inte var ergonomiskt för operatören att utföra tunga lyft utan hjälp från en kran. Ett annat önskemål var att maskiner och verktygsställ borde stå relativt nära, det var även därför relationen mellan nämnda enheter värderades till *Särskilt viktigt* med orsaken *Personaltrafik*. Desto närmare maskinerna stod, desto kortare sträcka behövde operatören gå för att hämta de verktyg som var nödvändiga för tillverkningen. Verktygsställens relation till varandra har viktats som *Särskilt viktigt* med orsaken *Verktygsstillgänglighet*. Anledningen var att minska personaltrafik och öka verktygsstillgängligheten, exempelvis om operatören behöver gå till det första verktygsstället för att hämta ett specifikt verktyg och där upptäcka att det är upptaget bör det andra verktygsstället vara nära till hands. Detta minskar dessutom tidsåtgången för att leta efter korrekt verktyg. Förhållandet för maskin till CMM respektive tvätt har värderats till *Ordinär* med orsaken *Ej nödvändigt materialflöde*. Den valda orsaken berodde på att det inte är garanterat att detaljen skickas direkt till tvätt och CMM när maskinen är färdig med den, istället kan detaljer placeras i buffertar för att invänta tvätt och mätning. Däremot hade enheterna tvätt och CMM viktigare betydelse för varandra. Eftersom att detaljen oftast skickas till mätning direkt efter tvättning värderades deras relation till *Särskilt viktigt* med orsaken *Samma materialflöde*. Tvätt och CMM har ingen koppling till kranar samt verktygsställ och värderades därför som *Irrelevant* till dessa enheter med orsaken *Inget krav för närhet*. För fullständigt sambandsschema se bilaga 6.

4.1.2 Steg 2 - Tabell av funktionskrav

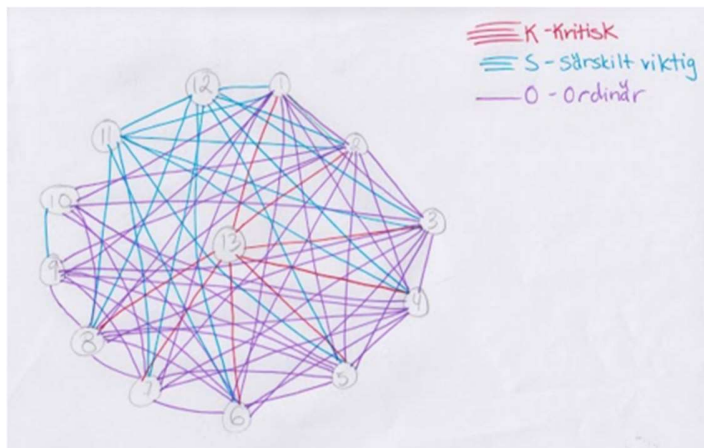
Funktionskraven specificerades genom att sammanställa en tabell med den sekundära data som var given från GKN Aerospace. Vid framställning av skisser i Steg 4 är det nödvändigt att veta vilka mått de olika enheterna har för att det skall bli ett trovärdigt resultat. Enheterna har krav för hur stor yta de behöver, de areorna redovisas i figur 11. Andra viktiga faktorer som kan spela roll för deras funktion redovisas i figur 11. Den enda enheten som har krav att redovisa är lyftkranarna som kan bära en max last på upp till 250 kg.

VERKSAMHETS OMRÅDE & EGENSKAPS BLAD			Fysiska egenskaper som krävs								Företag Chalmers Tekniska Högskola	
Aktivitet			Max. upplagen last								Projekt PPUX-03-17-13	
Nr.	Namn	Area m ²									Av Julia	Med Anna, Max, Pontus
											Datum 21-mar-17	Sida 1 av 1
Total:			Skriv in enhet och nödvändig mängd under varje								Krav på Form eller Konfiguration av Area (Yta)	
114,84			Relativa betydelsen av aktiviteter								Skriv krav för form eller konfiguration och skälen till detta	
			K - Krav, S - Gärnings viktig, V - Viktig									
			WS, Komprimerad luft, Fundament, Brand eller explosionsskydd, Special ventilation, Special elektricitet									
1.	Maskin 1	14	-	-	K	K	S	K	S		Given form från GKN	
2.	Maskin 2	14	-	-	K	K	S	K	S		Given form från GKN	
3.	Maskin 3	14	-	-	K	K	S	K	S		Given form från GKN	
4.	Maskin 4	14	-	-	K	K	S	K	S		Given form från GKN	
5.	Maskin 5	14	-	-	K	K	S	K	S		Given form från GKN	
6.	Maskin 6	14	-	-	K	K	S	K	S		Given form från GKN	
7.	Maskin 7	14	-	-	K	K	S	K	S		Given form från GKN	
8.	Maskin 8	14	-	-	K	K	S	K	S		Given form från GKN	
9.	Tvätt	1	-	K	-	-	-	-	V		Given form från GKN	
10.	CMM	1	-	-	-	-	-	-	V		Given form från GKN	
11.	Verktygsställ 1	0,4	-	-	-	-	-	-	O		Given form från GKN	
12.	Verktygsställ 2	0,4	-	-	-	-	-	-	O		Given form från GKN	
13.	Kranar	0,04	250 kg	-	-	-	-	-	S		Given form från GKN	
14.												
15.												

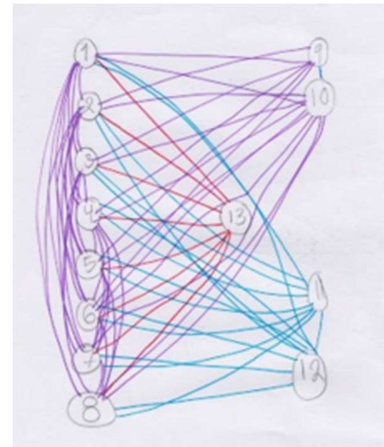
Figur 11: Sammanställning av funktionskrav, vilken area och fysiska egenskaper som krävs samt kravställare.

4.1.3 Steg 3 - Sambandsdiagram

Sambandsdiagrammet ritades för hand. Först placerades alla enheter i en ring, ungefär som en klocka med enhet nr 13 i mitten. Beslutet att göra detta grundades på att försöka få en tydlig översikt över enheternas samband. Därefter kopplades alla enheter samman med färgade streck beroende på vilken närhet de hade från sambandsschemat vilket kan ses i figur 12. Efter studering av det framtagna sambandsdiagrammet skapades ytterligare ett där enheter från start istället placerades på en rad och processen upprepades, se figur 13 för det nya sambandsdiagrammet. Anledningen till att det skapades ett till diagram var för att det första diagrammet uppfattades vara ostrukturerat. Beslutet om att placera enheterna på rad andra gången baserades på T. Hillerströms (personlig kommunikation, 27 februari 2017) önskemål om raka rader av maskiner.



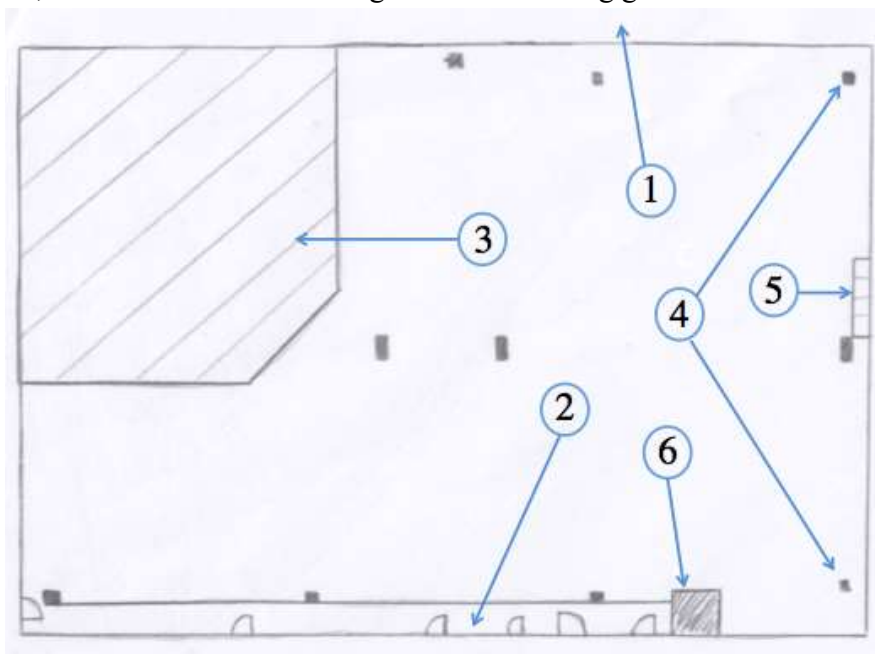
Figur 12: Sambandsdiagram med enheter i en cirkel.



Figur 13: Sambandsdiagram med enheter på rad.

4.1.4 Steg 4 - Skissframtagning

När föregående steg var färdiga utformades skisser. En befintlig ritning över lokalen kan ses i figur 14, denna ritades av för att utgå från en skalenlig grund.



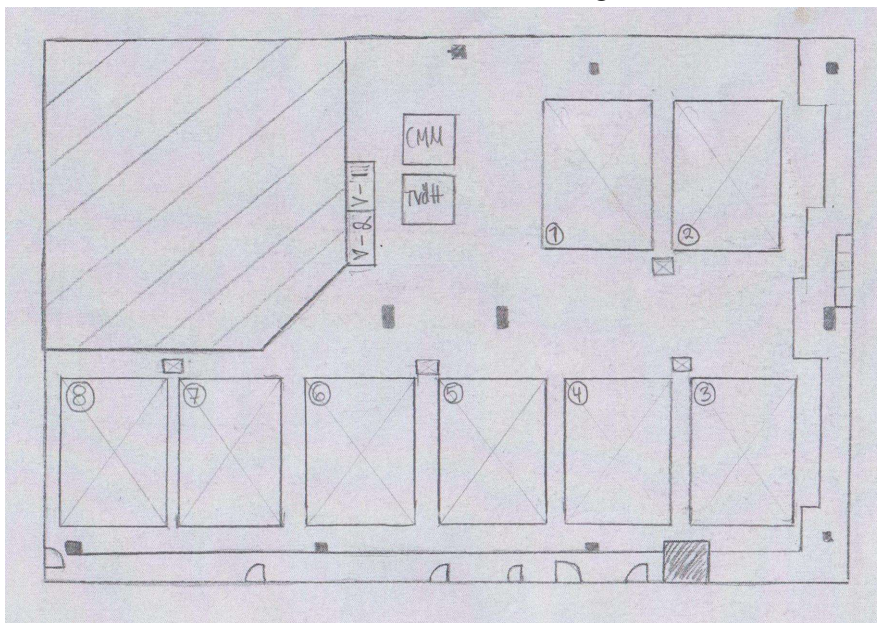
Figur 14: Den tomma fabrikslokalen. (1) Truck- och gångväg. (2) Kontorsutrymme och toaletter. (3) Större maskin. (4) Pelare. (5) Elskåp. (6) Brandslang.

Den tomma fabrikslokalen, vilken visas i figur 14 är den lokal som har planlagts. Den var placerad i GKN Aerospaces fabrik. Till höger och vänster om lokalen fanns fler produktionshallar. Högst upp fanns en truck- och gångväg (1) och det fanns ingen skiljevägg mellan lokalen och gången. Längst ned fanns en gångväg och dörrar som ledde till kontorsutrymmen samt toaletter (2). Det streckade området (3) representerade en större maskin som var placerad där och ej fick flyttas,

arbetsyta för operatören till maskinen var medräknad på den ytan. De små svarta fyrkanterna (exempel utpekade i (4)) representerade pelare som var placerade i lokalen och gick inte heller att flytta. Vid den högra väggen var ett elskåp (5) placerat som ej fick blockeras. Den större svarta fyrkanten (6) representerade en yta där en brandslang var monterad på väggen. Den kunde passeras men ingenting fick placeras på ytan framför.

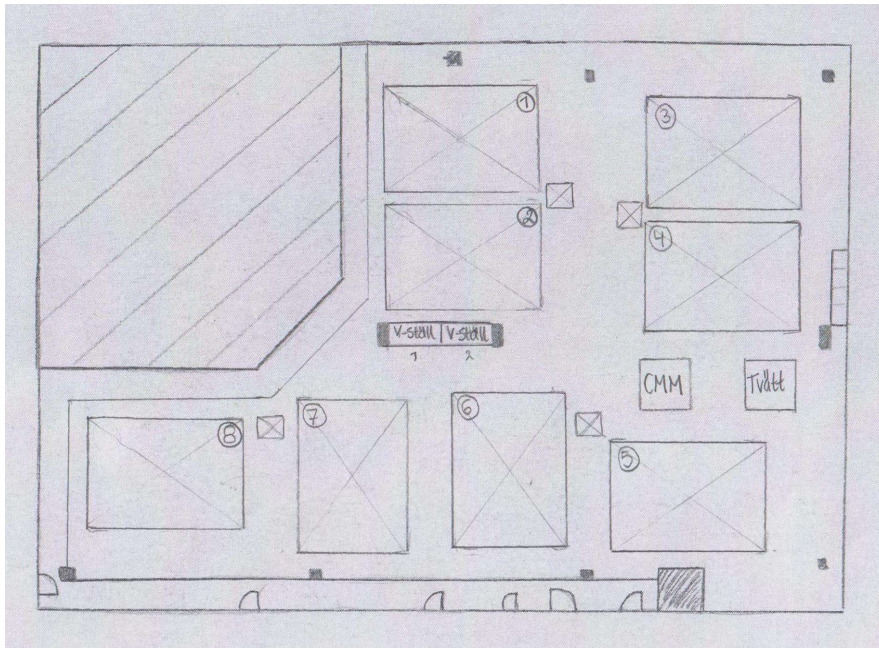
Skalan den tomma fabrikslokalen framställdes i, ritades även de enheter som skulle placeras ut på lokalytan upp på papper för att sedan klippas ut. De olika enheterna placerades därefter ut på grunden, hela tiden med sambandsschemat som färdigställdes vid Steg 1 i åtanke. När alla enheter placerats ut på grunden kontrollerades skissen så att den inte bröt mot värderingarna som gjorts i sambandsschemat i första steget. Detta upprepades tre gånger vilket resulterade i fyra olika möjliga lokalplanlösningar som presenteras i figur 15-18. I alla fyra layouter lades gångvägen in i efterhand där de passade. I samtliga layouter är maskinerna numrerade, siffrornas placering markerar även maskinens framsida.

Layout 1 - Maskinerna ställdes i par för att minimera antalet kranar. Tvätt och CMM ställdes nära utgången med tanke på att få så effektivt materialflöde som möjligt eftersom detaljerna skall kunna hämtas direkt efter CMM med truck i anslutning till lokalen.



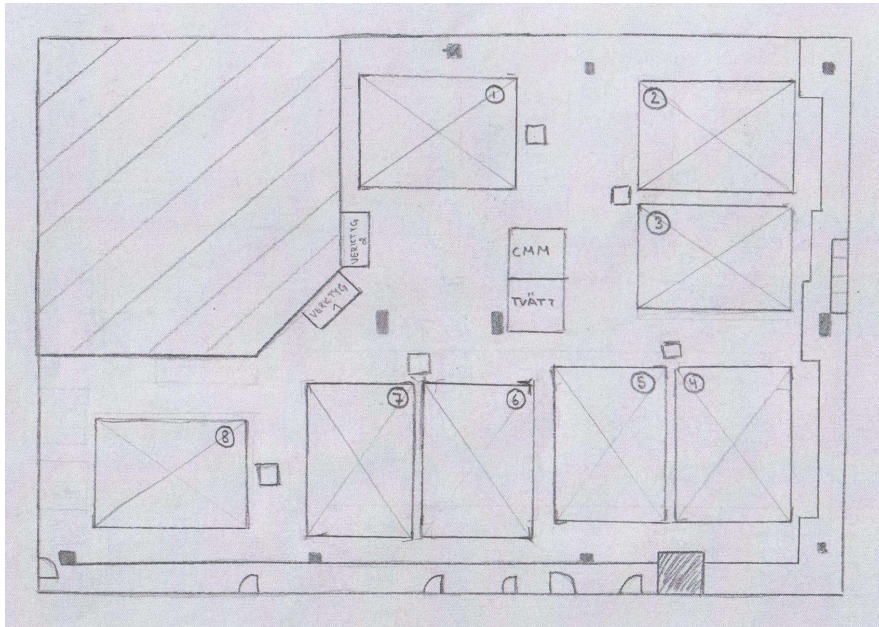
Figur 15: Layout 1.

Layout 2 - CMM, tvätt och verktygsställ centreres på grund av deras kritiska samband med maskinerna.



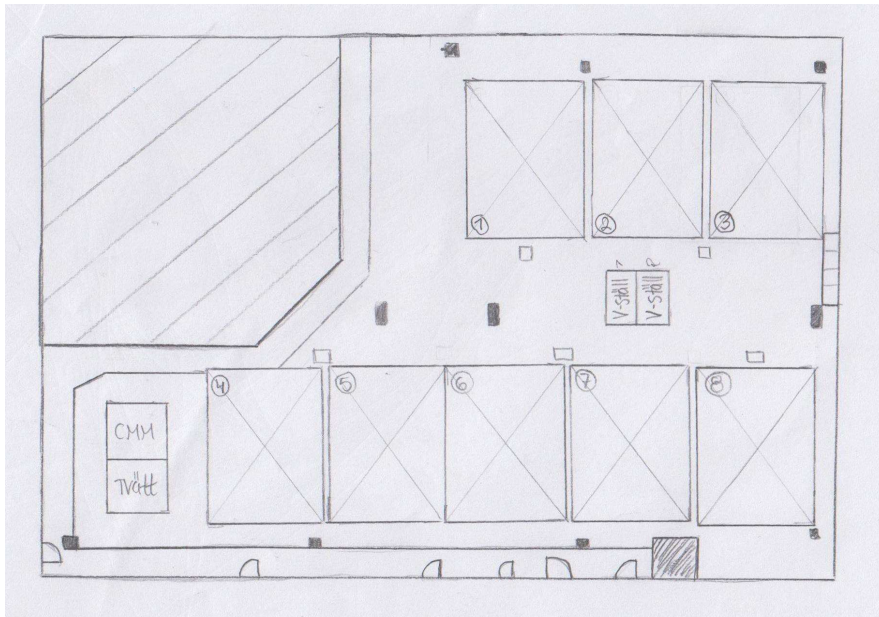
Figur 16: Layout 2.

Layout 3 - Tankesättet var liknande som för Layout 2 förutom att tvätt och CMM centrerades ytterligare för att minska det genomsnittliga avståndet till samtliga maskiner.



Figur 17: Layout 3.

Layout 4 - Fokus lades på att skapa raka linjer med maskiner samt en öppen planlösning för att maskinoperatörerna skall kunna gå obegränsat mellan maskinerna.



Figur 18: Layout 4.

4.1.5 Steg 5 - Värdering och poängsättning

Utförandet av detta steg utfördes på två olika sätt. Först skapades ett värderingsschema enligt Muther & Wheeler (1977), se figur 19 för ifyllt värderingsschema. Fem faktorer valdes, flexibilitet, låg investeringskostnad, framkomlighet, arbetsmiljö samt tillgänglighet för service. Faktorerna samt deras värdering baserades på intervjun med T. Hillerström (personlig kommunikation, 4 april 2017) och de huvudsakliga fokusområden GKN Aerospace har, bl.a. flexibilitet i produktion, låg produktkostnad och god arbetsmiljö. De fyra layouterna ställdes därefter mot varandra och värderades utifrån schemat. Poängen under var värdering beräknades genom multiplicering av viktningen och värderingens respektive poäng. Avslutningsvis summerades alla poäng layouterna fått.

VÄRDERINGSSCHEMA

Projekt PPUX03-17-13 Datum 27/3/2017

Värdering satt av JPG ALO Granskad av PJML

Värdering av JPG ALO Godkänd av PJML

Värderingskarta			
A	Absolut perfekt (4p)	O	Ordinär lösning (1p)
E	Effektiv lösning (3p)	U	Liten betydelse (0p)
I	Intressant lösning (2p)	X	Ej önskvärd (-5p)

Beskrivning av alternativ:
1. Layout 1
2. Layout 2
3. Layout 3
4. Layout 4

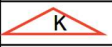
FAKTOR	Vikt	ALTERNATIV			
		1	2	3	4
1 <i>Flexibilitet</i>	10	A 40	A 40	E 30	A 40
2 <i>Låg investeringskostnad</i>	8	A 32	A 32	E 24	E 24
3 <i>Framkomlighet</i>	6	O 6	I 12	I 12	I 12
4 <i>Arbetsmiljö</i>	8	I 16	I 16	I 16	I 16
5 <i>Tillgänglighet för service</i>	7	A 28	I 14	E 21	A 28
Total		122	114	103	120

Figur 19: Ifyllt värderingsschema med dess faktorer, viktning samt hur de olika layouterna värderades.

För *Flexibilitet* ansågs Layout 1, 2 och 4 vara likartade, medan Layout 3 var något sämre. Fokus låg främst på huruvida personalen hade möjlighet att hantera flera maskiner samtidigt. Maskinerna i planlösningen för Layout 3 placerades ut med större spridning, vilket ledde till en lägre värdering. För faktorn *Låg investeringskostnad* studerades antalet kranar respektive layout erhållit eftersom det är kvantiteten av den enheten som skiljer layouterna åt inom detta område. Layout 3 och 4 hade en kran mer och har därmed tilldelats en lägre värdering jämfört med de andra två planlösningarna. *Framkomlighet* var den tredje faktorn, den fokuserade på hur öppen ytan ansågs vara och hur framkomligheten med en palldragare upplevdes. I Layout 1 har maskin 7 och 8 placerats i ett hörn

och uppfattades ha en sämre framkomlighet än de andra layouterna. Faktorn *Arbetsmiljö* fokuserade på att arbetarna skulle kunna se varandra. Detta ansågs förenkla kommunikationsmöjligheterna mellan personalen och därefter öka säkerheten. Alla layouter ansågs uppfylla detta, vilket medförde att de värderades lika. Vid den sista faktorn, *Tillgänglighet för service*, värderades Layout 1 och 4 högst. Det baserades på att alla maskiner var vända åt samma håll vilket underlättar under servicearbetet. I Layout 2 och 3 var flera maskiner vinklade åt annat håll, vilket kräver mer arbete av servicepersonalen eftersom de måste gå längre samt kan störa produktionen.

När värderingsschemat var skapat ansågs layouternas poäng vara för närliggande. Dessutom uppfattades metoden vara enkel att manipulera till det önskade resultatet genom att t.ex. ändra viktning av faktorer. Det beslutades därefter att utföra ytterligare en värdering med en metod från kursen PPU055 - Virtuellt produktion. Metoden gick ut på att använda sambandsschemat från Steg 1, mäta med linjal hur långt det är mellan var enhet och därefter beräkna en totalpoäng för respektive layout med hänsyn till de närhetsbokstäverna (K, V, S, O, X) enheterna har, se bilaga 7 för alla värderingskartor för de fyra layouterna. Totala poängen beräknades genom att summera antal millimeter för var samband och därefter multiplicera det med värderingspoängen värderingsbokstaven hade, se figur 20 för beräkningar av Layout 1. En lägre poängssumma innebär att avståndet mellan enheterna var kortare därav anses en lägre summa vara fördelaktig.

VÄRDE	NÄRHET	Värde	Antal mm	Summa= Värde*Antal mm
 K	Kritisk	100	160	16000
 S	Särskilt viktig	50	933	46650
 V	Viktig			
 O	Ordinär	5	2603	13015
 I	Irrelevant			
 X	Ej önskvärd			
			SUMMA:	75665

Figur 20: Beräkning av totalpoäng för Layout 1.

En sammanställning av totalpoängen för de olika layouterna skapades för båda metoder med rankingen inom parantes, se tabell 4.

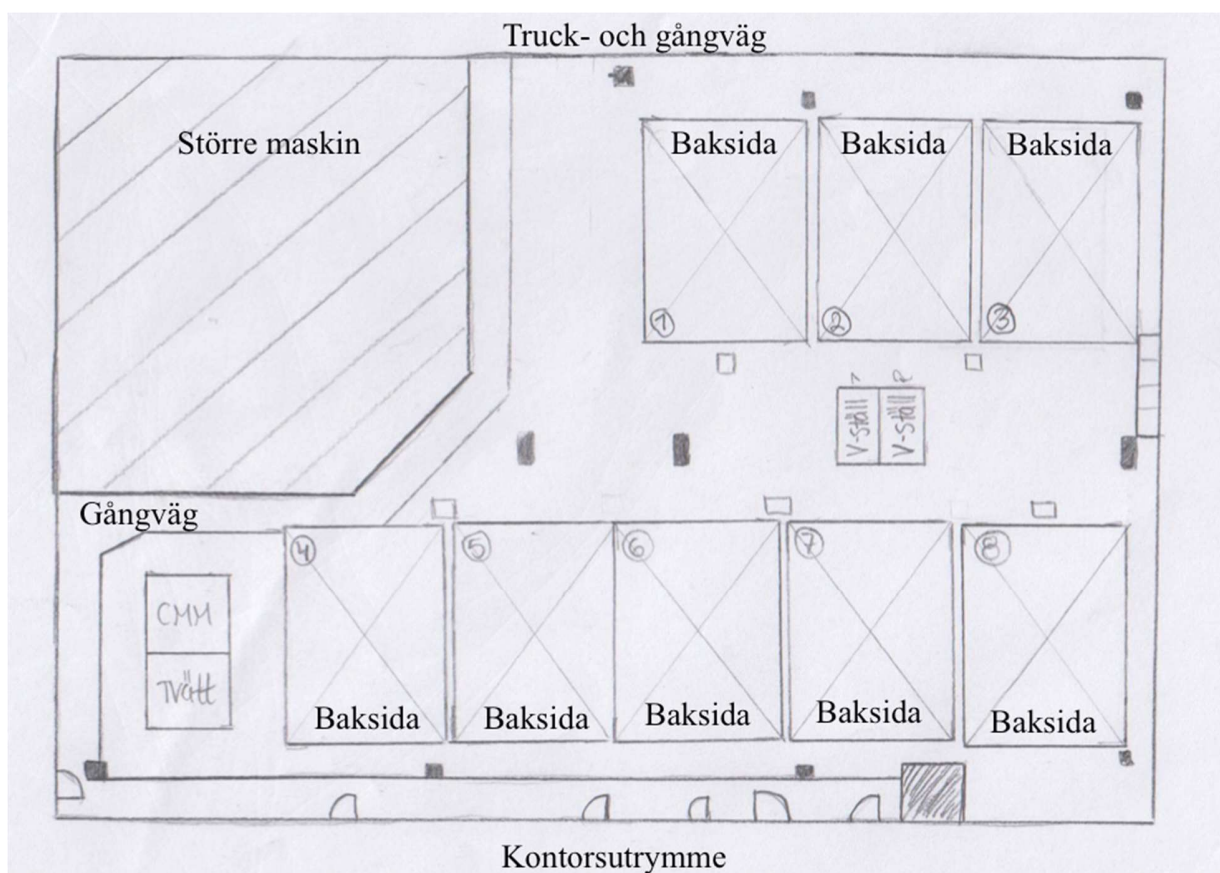
Tabell 4: Sammanställning av poäng och ranking för layouterna.

Värderingsschema			Värderingskarta		
Layout	Poäng	Placering	Layout	Poäng	Placering
1	122	1	1	75 655	4
2	114	3	2	60 590	2
3	103	4	3	69 475	3
4	120	2	4	59 570	1

Layout 4 valdes utifrån dess poäng och ranking från båda värderingarna. Layout 1 differerade i en för stor grad mellan de båda värderingsmetoderna vilket resulterade i att den valdes bort. Layout 2 och 3 rankades lägre gentemot Layout 4 i de båda fallen vilket medförde att de förkastades.

4.1.6 Steg 6 - Ritning över vald planlösning

Utförandet av Steg 6 i FSLP krävde detaljrik information för att kunna producera en konstruktionsfärdig ritning. Denna information var ej tillgänglig för projektet. Steg 6 krävs inte för att uppnå projektets syfte. Den skiss som skapades i Steg 5 ansågs därmed vara tillräckligt informativ. Skissen är inte en komplett ritning men kan användas som en skalenlig mall vid tillämpning av vald layout. I figur 21 presenteras den layout som vann med förtydliganden.



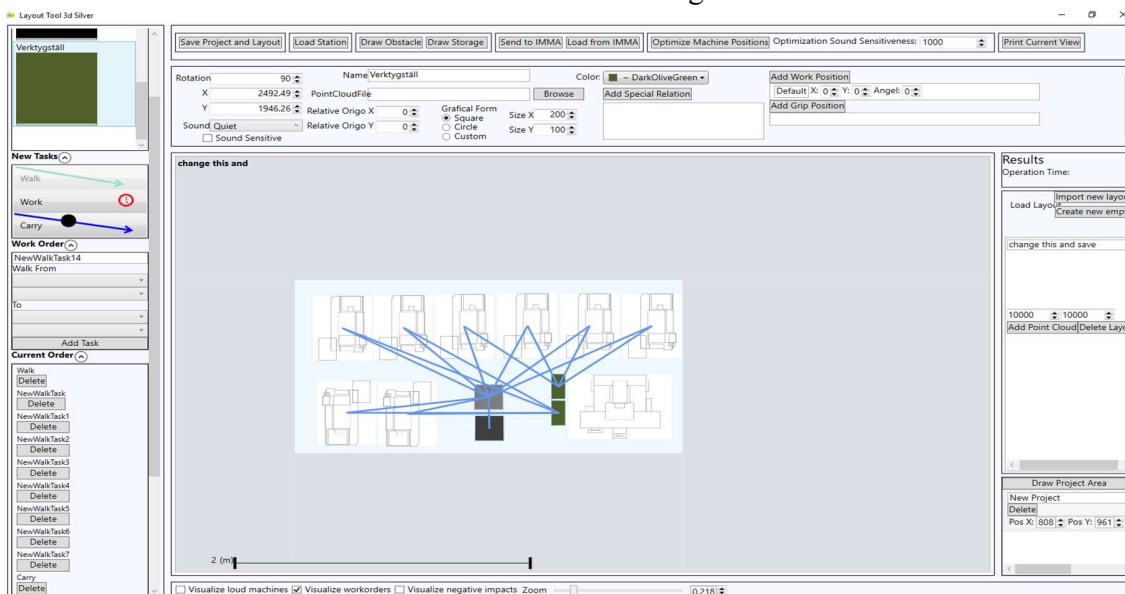
Figur 21: Vald layout för FSLP med förtydliganden.

4.2 Virtuella verktyg

I detta avsnitt presenteras genomförandet av hur de virtuella verktygen tillämpades i projektet vilket utfördes parallellt med steg 3-6 i FSLP.

4.2.1. Layout tool

Det första virtuella verktyget som tillämpades var Layout tool. Programvaran uppfattades som en outvecklad beta-version eftersom den inte klarade av att hantera punktmoln eller 3D-modeller. Programmet antydde att det kunde hantera dessa funktioner med de inbyggda verktygen. Beslut togs om att rita i en 2D-miljö, vilket programmet klarade av. Även där fanns brister i programvaran. Det gick inte att sätta dimensioner på t.ex. *Project area*, arean för ritningen, vilket innebar att det blev problematiskt till följd av att det inte gick att dimensionera efter ritningen från GKN Aerospace. Det är en kritisk funktion eftersom att ytan och måtten på maskinerna är fördefinierade. Följaktligen kunde inga mått eller skalor tillämpas. Enheterna som var definierade i Steg 1-2 ur FSLP, se avsnitt 3.4.1 - 3.4.2, placerades ut manuellt. Operationerna definierades därefter mellan enheterna med antingen *Walk* eller *Carry*, som menar på att operatörer går mellan eller bär något mellan enheter. Vilket de blåa strecken visualiserar i figur 22.



Figur 22: Layout tools gränssnitt med definierade enheter samt samband mellan enheterna.

När sambanden definierats användes *Optimize* vilket framställde den optimerade layouten. Maskinerna placerades i ett hörn av *Project area* samt ovanpå varandra som illustreras i figur 23. En manuell optimering av hur enheterna skulle placeras var ej möjlig att utföra i Layout tool. Programvaran kunde inte värdera olika samband mellan enheterna. Detta ledde till att den enda användbara layouten som programvaran kunde skapa var layouten som presenteras i figur 23 vilket utfördes med programmets optimeringsalgorithm.



Figur 23: Layout tools optimerade planlösning där de blåa linjerna visualiserar sambanden mellan enheterna.

4.2.2 FactoryFLOW

Layout tool ansågs vara en bristfällig programvara vilket ledde till att beslutet togs att söka efter kommersiella programvaror. Programvaran behövde stödja metoden FSLP och hjälpa projektet att uppfylla målsättningen och uppnå syftet. Efter diskussioner med handledare M. Bärning (personlig kommunikation, 24 mars 2017) valdes programvaran FactoryFLOW att undersökas, information om programmet tilldelades av M. Bärning.

Ett nytt projekt skapades i FactoryFLOW därefter följde metoden samma antagande som utvanns i Steg 1-2 ur den traditionella FSLP metoden, se avsnitt 3.4.1-3.4.2. 15 enheter definierades sedan i dialogrutan enligt figur 24. Det är två enheter fler än de 13 enheter som var definierade i sambandsschemat för FSLP. Två antaganden fick göras eftersom att programvaran krävde mer information än FSLP. Verktysställena slogs samman till ett, eftersom det var efterfrågat att verktysställena skulle stå bredvid varandra. Lyftkranarna definierades till fyra stycken eftersom programmet inte hade möjlighet till att göra generella beräkningar av kranarnas närhet till maskinerna, kranarnas krav på närhet behövde kopplas till specifika maskiner. Kran 1 kopplades ihop med Maskin 1 och 2, Kran 2 kopplades ihop med Maskin 3 och 4 etc.

Figur 24: Dialogrutan Departments där enheterna definierades.

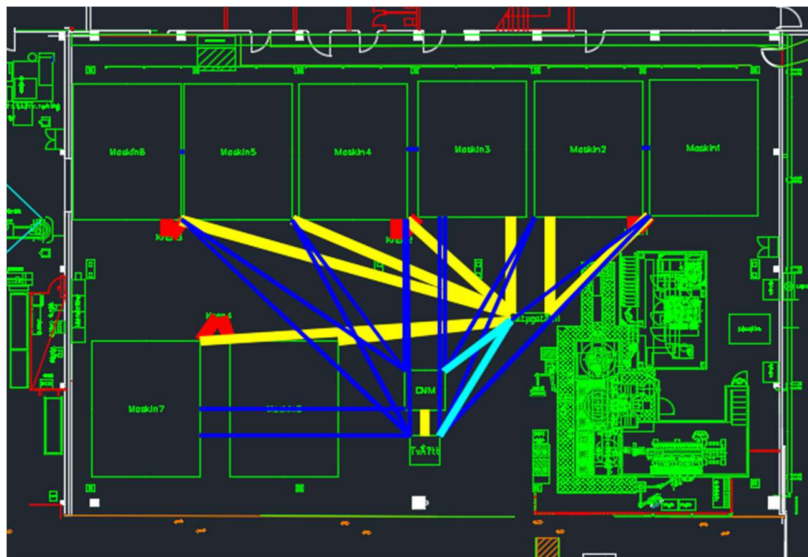
Steg två utfördes sedan, vilket var kartläggning av samband. Där kunde programvaran ta hänsyn till kvalitativa samband, flödesintensiva samband samt en kombination av de båda. Eftersom den traditionella metoden endast stödjer kvalitativa samband (närhetsvärdering) samt att väsentlig data från GKN Aerospace saknades för flödesintensiva samband, har enbart de kvalitativa sambanden valts att studeras. Detta gjordes med FactoryFLOWs *Relationship Editor* enligt figur 25. Sambanden och orsak lades in med samma antaganden som gjordes i Steg 1 i den traditionella FSLP metoden, se avsnitt 3.4.1.

Department	Department	Maximum Distance	Relationship	Reason Code	Flow Intensity	Aggregate Value
CMM	Verktyställ	100	X	06	0	0
Maskin1	CMM	100	O	02	0	0
Maskin1	Kran1	10	A	05	0	0
Maskin1	Maskin2	100	O	03	0	0
Maskin1	Tvätt	100	O	02	0	0
Maskin1	Verktyställ	100	E	03	0	0
Maskin2	CMM	100	O	02	0	0
Maskin2	Kran1	10	A	05	0	0
Maskin2	Tvätt	100	O	02	0	0
Maskin2	Verktyställ	100	E	03	0	0
Maskin2	CMM	100	O	02	0	0

Figur 25: Relationship editor, sambanden definierades mellan enheterna och dess orsaker.

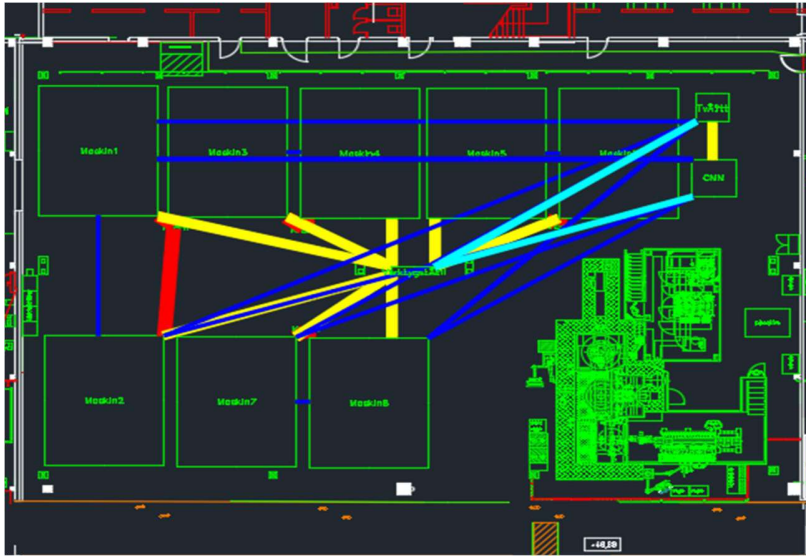
Efter sambanden var definierade i FactoryFLOW skapades ett sambandsdiagram genom att placera ut enheterna manuellt på produktionsytan. Efteråt beräknades den kvalitativa bedömningen genom FactoryFLOWS funktion *Score*. Funktionen *Score* beräknar enheternas avstånd till varandra och multiplicerar med det kritiska värdet av sambandet mellan enheterna. Detta adderas sedan ihop till en totalpoäng. Det skapades tre olika layouter där enheterna placerades ut manuellt samt en layout som optimerades automatiskt med hjälp av programvarans egna optimeringsalgoritm.

Layout A - Maskinerna placerades ut i raka linjer för att underlätta operatörernas kommunikationsmöjligheter samt CMM och tvätt placerades nära truckled för att effektivisera materialflödet ut ur lokalen. De två verktygsställena placerades nära den större maskinen för att inte blockera yta i mitten av lokalen enligt figur 26.



Figur 26: Sambandsdiagram av Layout A, linjerna visualiserar enheternas samband till varandra.

Layout B - Samma antagande som för Layout A utfördes för placering av enheterna. Skillnaderna var att tvätt och CMM placerades i ett hörn för att frigöra yta för avlastning samt att de två verktygsställena placerades centralt i lokalen vilket ökar tillgängligheten för operatörerna vilket visas i figur 27.



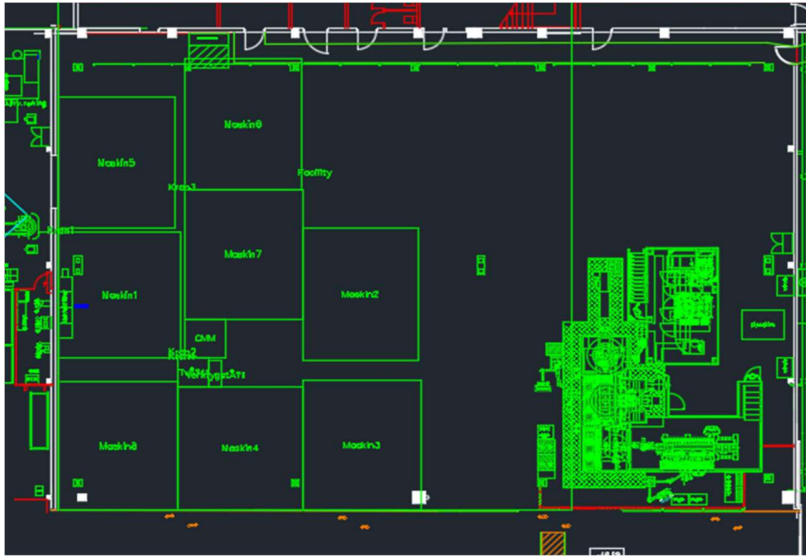
Figur 27: Sambandsdiagram av Layout B, linjerna visualiserar enheternas samband till varandra.

Layout C - Lösningen är snarlik Layout A, men placeringen på verktygsstället var ytterligare centrerad. Det medförde ökad tillgänglighet för samtliga operatörer vilket illustreras i figur 28.



Figur 28: Sambandsdiagram av Layout C, linjerna visualiserar enheternas samband till varandra.

Den optimerade layouten programmet utförde genom den egna optimeringsalgoritmen presenteras nedan i figur 29. Maskinerna stod tätt intill varandra, placerade nära ett hörn. Detta medförde att det ansågs orälistisk att utföra i en verklig miljö eftersom tillgängligheten av maskinerna blev kraftigt begränsad. Därav förkastades denna layout.



Figur 29: Den optimala layouten enligt FactoryFLOWs egna optimeringsalgoritm.

De tre layouterna där maskinerna placerades ut manuellt erhöj tre viktade värden från FactoryFLOWs värderingsfunktion *Score* vilket kan ses i figur 30. Layout C fick lägst poäng vilket anses vara den mest optimala lösningen eftersom dess kritiska enheter är placerade närmare varandra än Layout A och B. Det var oklart gällande i vilken skala den givna ritningen från GKN Aerospace tolkades av FactoryFLOW. Tidigare antaganden om mått på enheter stämde inte överens med den grundritning som var införd i FactoryFLOW. Därav kan inte den slutliga ritningen bekräftas vara skalenlig. Ritningen kan dock användas som beslutsunderlag.

FactoryPLAN Score Results

Basis	Layout	Weighted
EPB	A	5637.62
EPB	B	4766.61
EPB	C	3736.81

Figur 30: Viktade värden från FactoryFLOW av de tre layouterna, där maskinerna placerades ut manuellt.

4.3 Utformning av jämförelseanalys

Ett underlag till en jämförande analys togs fram med hjälp av T. Hillerström, anställd på GKN Aerospace med erfarenhet inom lokalplanläggning. I tabell 5 presenteras punkter liksom *Tidsåtgång*, *Krav på förkunskap* samt ytterligare fokusområden. T. Hillerström (personlig kommunikation, 4 april 2017) ansåg utgjorde en god bas till en jämförande analys.

Tabell 5: Tabell över fokusområden samt en kortfattad beskrivning.

Fokusområden	Beskrivning
<i>Tidsåtgång</i>	Mängden tid det krävdes för att utföra metoderna i dess helhet jämfördes. En diskussion fördes om tidsåtgången ifall den utförande parten var familjär med metoden eller ej.
<i>Krav på förkunskap</i>	Jämförande av vilka krav på förkunskap det fanns för de två metoderna när de utfördes. Ytterligare en diskussion fördes om hur inläring av denna metod kan genomföras.
<i>Användarvänlighet</i>	Jämförande om hur tydligt det framgick vilka steg som skulle utföras ifall gruppen var insatt i metoden utfördes. En diskussion fördes även om hur lätt det var att skapa nya modeller eller korrigera misstag.
<i>Användbarhet av resultat</i>	Jämförande av kvalitén samt användbarheten av resultaten från metoderna utfördes.
<i>Tillämpbarhet</i>	En diskussion fördes om hur lämpligt var att tillämpa metoderna inom industrin.

T. Hillerström (personlig kommunikation, 4 april 2017) uttryckte att det var av yttersta vikt att alla program vilka tillämpas i GKN AeroSpaces drift måste vara robusta. Antagandet att GKN Aerospace kan representera industrin i stor grad, när det kommer till krav på robusthet, görs. Detta antagande styrks av M. Barring (personlig kommunikation, 22 mars 2017). T. Hillerström nämnde även att alla program har en kostnad och för att tillämpa dessa behövde det finnas kalkyler vilka visar på att programmet är ekonomiskt gångbart. T. Hillerström ansåg att industrin och akademien har olika angreppssätt när de behandlar ny teknologi. Akademien ser utefter möjlighet medan industrin undersöker ifall det är ekonomiskt gångbart. Till följd behöver program vilka skall tillämpas inom industrin inte enbart vara fungerande och tillförlitliga utan även lönsamma för att anses vara lämpade.

5. RESULTAT

Kapitlet presenterar de resultat som framkom från projektet i form av lokalplanläggningar samt resultat för respektive fokusområde och metod. Dessa är relevanta för jämförelseanalysen.

5.1 Intervju

Intervjun med Torbjörn Hillerström summeras nedan med relevant information för planläggningen. T. Hillerström har varit anställd på GKN Aerospace i 33 år. Under dessa år har T. Hillerström arbetat på flera avdelningar. När intervjun genomfördes var T. Hillerström projektledare för GKN Aeroespaces industrialiseringsprojekt samt ansvarade för planläggningen av den berörda lokalen som ligger till grund för detta projekt. Intervjuguiden var strukturerad med frågor efter kategorier. Dock blev inte alla kategorier relevanta för att uppnå projektets syfte, och därför kommer enbart kategorierna *Fabriken* samt *Arbetsmiljö* presenteras i resultatet. Samtliga citat i detta avsnitt är utdrag ur intervjun med T. Hillerström (*Personlig kommunikation, 27 februari 2017*)

Fabriken

Från intervjun framkom det att lokalen skall bestå av åtta maskiner, en tvätt, en Coordinate Measuring Machine (CMM) samt två verktygsställ som skall förse samtliga åtta maskiner. T. Hillerström förklarar att produktionen i lokalen skall tillverka olika komponenter vilka alla maskiner skall kunna tillverka. Därmed skall materialflödet kunna justeras utefter produktionsbehov. Materialflödet skall först passera genom maskinerna, sedan tvätt och slutligen en kontrollstation med en CMM vilken sitter ihop med hela flödet. Det är inte alla enheter som går till CMM utan det sker genom stickprov. Vilket T. Hillerström uttryckte enligt följande:

”...man mäter inte allt, man gör det stickprovsmässigt, man gör det i ett schema som är godkänt av kunder...”

Enligt T. Hillerström behöver inte planläggningen ta hänsyn till vatten-, el- och trycklufttillförsel utan det är något som dras efter behov. Vidare understryker T. Hillerström behovet av extra utrymme vid maskinerna enligt följande:

”Generellt är att alla utrustningar skall ha 1,20 runt sig och det är serviceavstånd för att man ska komma åt och laga något i maskinen eller byta filter.”

Följaktligen framkom det under intervjun att det bör finnas område framför maskinerna för att ställa av lådorna som materialet och produkterna transporteras i. Varav T. Hillerström uttrycker följande:

”Ja plus att vi behöver ha en yta för en del pallar och sånt också, det behöver kunna stå en-två pallar framför varje maskin...”

Enligt T. Hillerström utförs planläggning vid GKN Aerospace baserat på erfarenhet och applicerar oftast inte någon vetenskaplig metod. Däremot strävas det efter standardiserade arbetssätt för att effektivisera samtliga processer inom företaget. Vilket uttrycktes på följande sätt:

”...Så tanken är standardmaskin, standardiserat arbetssätt det som ni håller på att bygga upp blir ett standardiserat arbetssätt för att göra den här sortens detaljer och då kopierar vi det till nästa uppställning.”

T. Hillerström upplevde, av erfarenhet, att raka linjer med maskiner fungerade bäst eftersom det ger öppnare yta för operatörerna och lättare att hålla ordning i lokalerna. Vilket förklarades på följande sätt:

“...Men de här blir ju så att man har arbetsplatser antingen mitt på eller mitt på sidan och servicepunkter så ofta är det enklast att man lägger dem rakt.[...]. Ofta blir det så att det är enklare att ställa saker på en rak linje.”

Arbetsmiljö

Det framkom att maskinoperatörerna ansvarar för två maskiner var. På grund av detta är det viktigt att maskinerna står nära varandra för att minska avståndet för operatören menar T. Hillerström. Det är även viktigt att var maskin har tillgång till en lyftkran, inte endast under drift utan även ifall service skall utföras där lyftmoment krävs. Vilket följande citat styrker:

”...Dessutom behöver man en svängkran per två maskiner...”

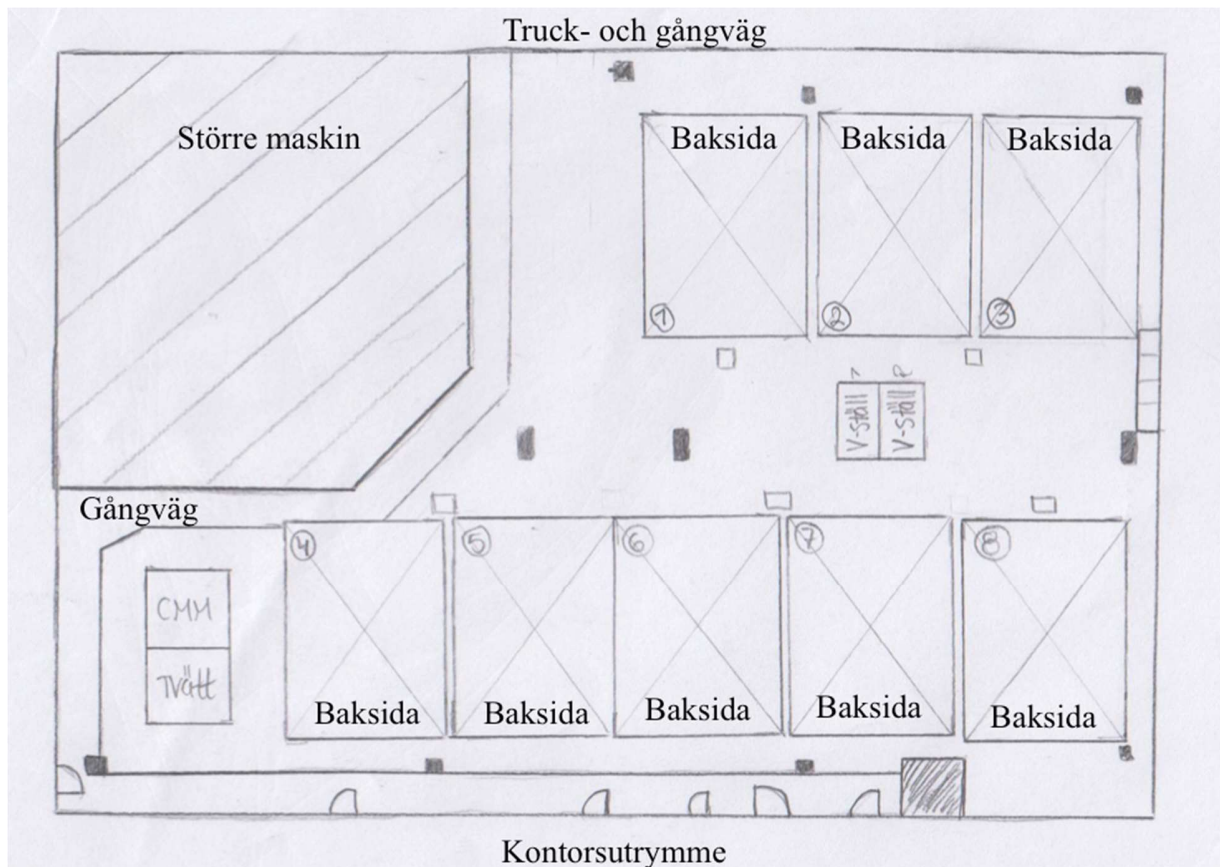
”Men sen är det också så att maskinunderhållet kan vilja byta en pump som väger 100 kg då kan de vilja ha något att lyfta den med. Så man måste ha lyftmöjlighet över maskinen också.”

Faciliteter liksom toaletter, kontor, pausrum etc. behöver inte planläggas för den nya ytan eftersom detta finns tillgängligt i intilliggande lokaler menar T. Hillerström. Toaletterna och kontorsutrymmet används även av personal från andra avdelningar därför är det viktigt, enligt T. Hillerström, att det finns specificerade säkra gångvägar mellan de olika lokalerna. Därför behöver en eller flera gångvägar planläggas vilket förklarades enligt följande:

”De gröna gångerna är till för att man är fredad, eller man behöver inte ha skyddsskor eller glasögon om man bara ska till ett konferensrum eller kontor. Så man kan i princip ha flera gånger...”

5.2 FSLP

En fullständig layout färdigställdes efter fullbordad FSLP. Den layout som valdes i Steg 5 presenteras nedan i figur 31. Det var den layout som uppfyllde de ställda kraven bäst enligt de steg som FSLP innebar.



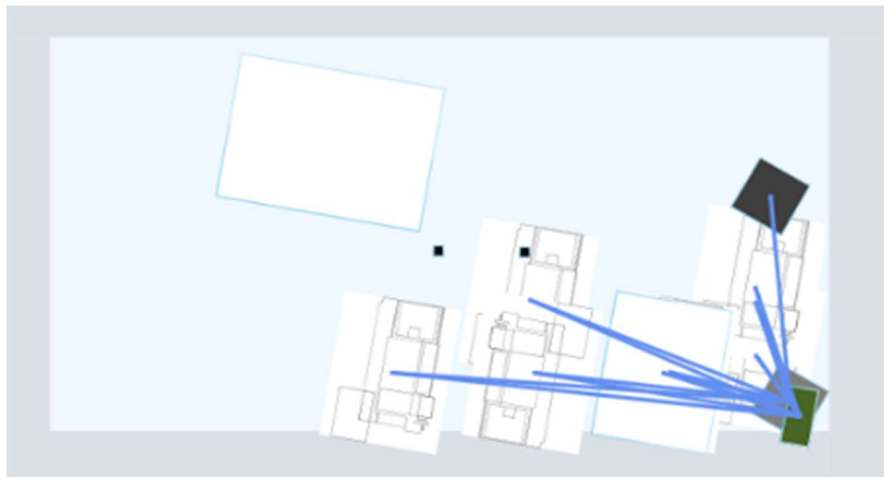
Figur 31: Resultat av genomförd FSLP.

5.3 Virtuella verktyg

Avsnittet presenterar resultatet av de virtuella verktyg som användes i projektet.

5.3.1 Layout tool

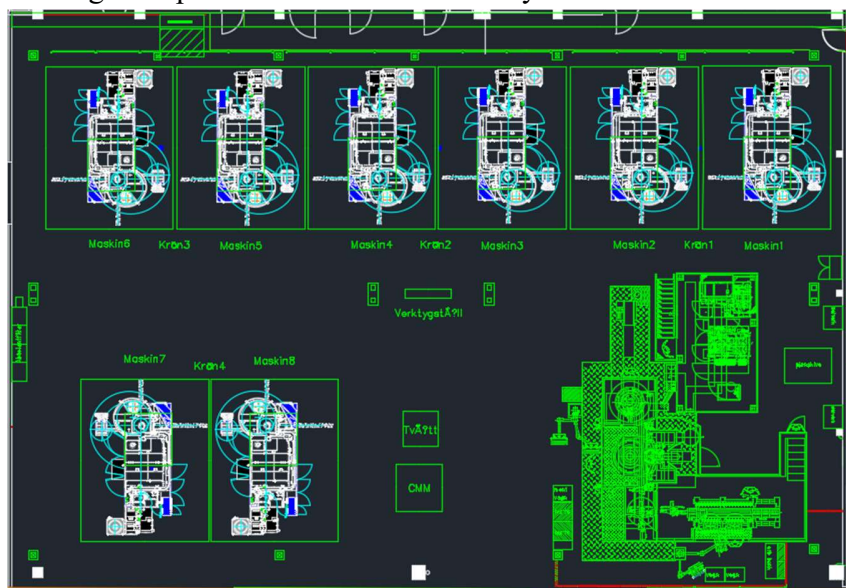
Resultatet av optimeringen som genomfördes med det virtuella verktyget Layout tool presenteras i figur 32. Optimeringen resulterade i att de åtta maskinerna, tvättmaskinen, CMM samt de två verktygsställarna placerades ovanpå varandra.



Figur 32: Resultat av optimerad layout som genomfördes av det virtuella verktyget Layout tool.

5.3.2 FactoryFLOW

Värderingen som utfördes av de olika layouterna resulterade i att Layout 3 ansågs, enligt det virtuella verktyget FactoryFLOW, bäst klara av de krav som framkommit från Steg 1-2 i FSLP. Nedan i figur 33 presenteras den vinnande layouten.



Figur 33: Layouten vilken FactoryFlow resulterade i.

5.4 Fokusområden

Resultatet för fokusområdena likt tidsåtgång, krav på förkunskap etc. sammanställs i tabell 6. Anledningen till att det inte anges någon tid för Layout tool vid rubriken *Tidsåtgång* är för att programmet inte kunde uppfylla uppgiften och därav uteblev resultatet. Förkunskap krävdes för samtliga metoder men det var mer lättillgängligt att få fram information för FSLP och FactoryFLOW. Både FSLP och FactoryFLOW resulterade i en 2D-ritning.

Tabell 6: Sammanställning över resultat för de olika metoderna.

Fokusområde	FSLP (Steg 3-6)	Layout tool	FactoryFLOW
<i>Tidsåtgång</i>	Cirka 20 timmar varav skisseringen var mest tidskrävande.	Eftersom inget användbart resultat framställdes kan inga timmar anges.	Cirka 6 timmar.
<i>Krav på förkunskap</i>	Krävs en hel del. Hämtas lätt från litteratur, exempelvis från Muther & Wheeler (1977).	Krävs. Svårt att hitta information om hur programmet fungerar.	Krävs. Men det går snabbt att förstå programmet.
<i>Användarvänlighet</i>	Konkreta steg att följa, några steg är dock överflödiga. Omständligt att justera fel.	Tydliga användargränssnitt. Funktioner som inte fungerade. Kraschade lätt.	Lätt att utföra ändringar när förkunskap är inlärd.
<i>Användbarhet av resultat</i>	Resultatet är en 2D-ritning vilken kan användas som skal-enlig mall vid tillämpning av vald layout.	Oanvändbart resultat. Gick inte att använda som underlag.	Resultatet är en digital 2D-ritning vilken kan användas som beslutsstöd vid tillämpning av vald layout.
<i>Tillämpbarhet</i>	Enkel att tillämpa i industrin.	Kan ej tillämpas. Ger inte ett pålitligt resultat.	Kan tillämpas i industrin som komplett.

6. ANALYS AV RESULTAT

Intervjun genomfördes inte på det sätt som planerats. Istället för att utföra en halvstrukturerad intervju, utfördes en ostrukturerad samt strukturerad intervju. Orsaken till att metoden för intervjun avvek från det planerade utförandet var att T. Hillerström besvarat intervjuguiden före intervjun, det berodde på misskommunikation mellan parterna. Intervjuguiden frångicks och det medförde att andra intervjuformer tillämpades. Det framkom irrelevant information för projektet, det tillkom dessutom en stor del användbar information. Intervjun kan därmed anses ha uppfyllt dess syfte. Följande analys och sammanställning av resultatet från intervjun behandlar de områden som ansågs vara relevanta för genomförandet av en FSLP samt projektets syfte:

- Enheter som skall placeras i lokalen är åtta maskiner, en tvätt, en CMM samt två verktygsställ. Avlastningsplatser samt gångvägar måste också planläggas.
- Tillverkningen i lokalen skall producera olika komponenter vilka alla maskiner skall kunna tillverka vilket innebär att layouterna behöver vara placerade i en specifik ordning.
- Materialflödet skall passera genom maskinerna, sedan tvätt och slutligen en kontrollstation med en CMM. Det innebär att tvätt och CMM bör placeras nära samtliga maskiner.
- Två verktygsställ skall finnas i lokalen som skall förse samtliga maskiner. Dessa verktygsställ skall stå nära varandra samt de åtta maskinerna för att öka tillgängligheten för operatörerna.
- Planläggningen behöver inte tillgodoräkna vatten, el och tryckluft tillförsel. Detta drar GKN Aerospace efter behov.
- En maskinoperatör ansvarar för två maskiner samtidigt och därmed skall maskinerna placeras nära varandra.
- Det är kritiskt att var maskin har tillgång till en lyftkran inte endast under drift utan även ifall service skall utföras där lyftmoment krävs.

Trovärdigheten för att FSLP och FactoryFLOW framställde en optimal planläggning anses vara god. Layout tools resultat granskas inte eftersom det inte gav en användbar layout. Eftersom att FSLP och FactoryFLOW baserades på samma antaganden fram till Steg 3 kan det framstå avvikande att två olika resultat uppstod. Orsaken till diskrepansen i resultatet beror inte på att metoderna utförts på ett felaktigt sätt, utan visar på inverkan från den utförande parten på det slutgiltiga resultatet. När enheterna placeras ut är det den utförande parten som placerar ut dessa och därmed inverkar de personliga preferenserna på resultatet. För att möjligtvis eliminera påverkan från personliga preferenser kan exempelvis FactoryFLOW utföra en optimering av lokalen. Från den automatiska optimeringen med FactoryFLOW framkom inget användbart resultat för detta projekt. Det är dock möjligt att med uppdateringar i programvaran samt ytterligare randvillkor att framställa en layout vilken är oberoende av den utförande parten. Layouterna som har tagits fram i detta projekt från FactoryFLOW och FSLP kan inte jämföras i värderingspoäng. Detta beror på att olika antaganden gjorts i metoderna vid poängsättning. Därmed kan poängen från respektive metod inte jämföras med den andra och den optimala layouten kan inte utses från metoderna.

Resultatet för fokusområdena anses vara trovärdiga eftersom fokusområdena framställdes tillsammans med T. Hillerström. Samt att under utförande av metoderna fördes anteckningar gällande fokusområdena.

7. JÄMFÖRELSEANALYS

Kapitlet granskar resultaten samt utförandet av metoderna för att finna olikheter samt likheter inom fokusområdena.

7.1 Tidsåtgång

FSLP resulterar i en skalenlig skiss av den layout vilken ansågs mest lämpad. En komplettering med virtuella verktyg producerade en oanvändbar ritning samt en ritning vilken inte var helt skal-enlig. Det var dock betydligt mindre tidskrävande att utföra en lokalplanläggning i FactoryFLOW efter inläring av programmet än med den traditionella metoden. För Layout tool kunde inte antalet timmar beräknas eftersom programmet inte framställde ett användbart resultat. Det tog cirka 20 timmar att utföra FSLP medan det för FactoryFLOW tog cirka 6 timmar, exklusive Steg 1-2. Det som var tidskrävande i processen för FSLP var skissering av de olika layouterna. Att skissera i korrekt dimensioner var omständligt och mer tidskrävande än de efterföljande stegen.

Resultatet från FactoryFLOW var en planlösning vilken kan vara tillämpbar. Layout tools resultat blev ett konstaterande av att programmet inte var brukbart. En ritning togs fram i Layout tool men är i praktiken och teorin omöjlig att tillämpa. För att generera en användbar lokalplanläggning med Layout tool krävs uppdateringar av programvaran, därav kan ingen tidsåtgång anges. Den största faktorn vilken påverkade tidsåtgången vid arbetet med virtuella verktyg var inläring av programvaran. Förutsatt att detta antas vara ett generalitet medför det att företag eller individer, vilka är bekanta med programvaran sedan tidigare, kan genomföra lokalplanläggningar på mindre tid än vad det tog i detta projekt. FactoryFLOW kan ge en snabbare hänvisning än FSLP om vilka värderingar som ger störst utslag när enheter placeras ut. Exempelvis hur verktygsstället påverkar resultatet om det placeras centralt eller vid sidan av lokalen, för FSLP krävs det två separata ritningar medan det endast krävs ett fåtal operationer med FactoryFLOW.

Företag eller individer med erfarenhet av FSLP skulle säkerligen kunna utföra denna metod på en kortare tid. Oavsett ifall den utförande parten är bekant med de olika delmomenten eller inte måste skisserna ritas. Diverse knep kan underlätta skisseringen men i slutändan är det av väsentlig vikt att skalorna blir rätt och strecken blir korrekta. Därmed är skisseringen alltid ett tidskrävande moment. Det fanns flera moment vilka var tidseffektiva i FactoryFLOW t.ex. var det smidigt att skapa sambandsschemat samt relationerna mellan enheterna. Det var dock skisseringen av de olika layouterna som var mest tidseffektiv jämfört med den traditionella metoden. Ifall programmet skapade skalenliga ritningar skulle det, sett ur ett tidsmässigt perspektiv, definitivt spara tid ifall virtuella verktyg tillämpades istället för FSLP. I detta fall kan de två metoderna komplettera varandra för att uppnå det bästa resultatet på kortast tid. I FactoryFLOW kan en layout framställas som är den optimala, sedan kan denna skiss vidareutvecklas till en fullständig ritning för att få korrekt skala och sedan utvärderas ifall den fortfarande är gångbar.

7.2 Krav på förkunskap

FSLP är en tydligt beskriven metod och har följaktligen tydliga delmoment. Kunskap om dessa delmoment samt vilka antaganden som kan utformas är grundläggande krav på kunskap för den utförande parten. Fallspecifik kunskap är även nödvändig för att utföra korrekta bedömningar. Informationen som behövs för att utföra metoden är lättåtkomlig och kan presenteras i en utbildningsmall eller finnas genom egna efterforskningar av en utförande part. Med FactoryFLOW krävs det inte att den utförande parten är insatt i FSLP men det är näst intill nödvändigt för att utvinna ett användbart resultat. Det höjer trovärdigheten på resultatet ifall den utförande parten är medveten om vad de olika värderingarna har för följder. Förutom att det är rekommenderat att vara insatt i teorin kring FSLP behövs kunskap om programmet vilket skall användas. Layout tool kräver endast kunskap om hur programvaran brukas.

Tillämpningen av virtuella verktyg blir en påbyggnad av de traditionella metoderna. Det finns möjlighet att utföra metoden utan kunskap om FSLP, det medför dock att resultatets trovärdighet fallerar. Skillnaden i kravet på förkunskap baseras därmed på vilket program användaren nyttjar. Ingen av de två metoderna kräver någon särskild form av utökad kunskap och kan utnyttjas av de flesta med en bakgrund inom lokalplanläggning i industrin. Mängden förkunskap för att bruka programvaran varierar mellan program.Handledning till programmen finns vanligtvis tillgänglig hos det företag vilket säljer programvaran och har även support ifall denna information inte skulle vara tillräcklig.

7.3 Användarvänlighet

Utförandet av metoden FSLP är huvudsakligen rättfram jämfört med de virtuella verktygen där det behövdes tid för att förstå de olika programvarorna. Det är svårt att ge det en rättvis bild till följd av att det finns tydliga instruktioner på hur en FSLP skall genomföras och det går inte att utföra en FSLP utan att besitta förkunskap. Ett program kan öppnas av alla individer som har tillgång till det. Ifall en mall med instruktioner existerar, om hur den utförande parten skall navigera i programmet, blir metoderna lika användarvänliga. Det sker dock fortfarande samma typ av subjektiva värderingar för båda metoderna t.ex. vid bedömning av enheter samt närhetsvärderingar vilket medför att metoderna är lika påverkbara.

Programvaran Layout tool har ett relativt tydligt grafiskt användargränssnitt med få knappar vilka är tydligt markerade med vilken funktion de tillför. Det var därmed, enkelt att utan utbildning eller hjälp, utröna vad den korrekta proceduren för att producera en layout var. Vissa av knapparna i programmet hade dock inte tillhörande funktion exempelvis punktmolnsscanning. Det blev svårt att veta ifall en funktion inte fungerade till följd av den utförande partens okunskap eller att programmet inte kunde utnyttja denna funktion. Till följd av att det inte finns tydliga instruktioner eller hjälp till programmet blev Layout tool svårförståeligt. Det framkom att programmet hade svårt att hantera ett antal korrigeringar utförda på följd eftersom att det kunde leda till att programmet riskerade att krascha.

FactoryFLOW är ett omfattande program vilket tillhandahåller möjligheter att utföra operationer utöver lokalplanläggning t.ex. simulering av produktionsflöden. Till följd av programmets breda funktionalitet erhålls ett antal verktyg i verktygsfältet. En icke insatt individ har svårt att navigera bland verktygen i programmet samt förstå vilken funktion verktygen har. När den utförande parten är insatt i programmet är det lättare att navigera bland verktygen samt utnyttja dess funktioner. FactoryFLOW, och delvis Layout tool, tillåter friktionslös förflyttning av objekt i ritningarna och flera olika layouter kan skapas gentemot samma grundstruktur. Ifall storleken på en enhet skall ändras eller en enhet skall tas bort kräver virtuella verktyg inte att en ny skiss skapas utan detta kan ske direkt i den gamla skissen. Detta kan jämföras med FSLP där utformningen av nya layoutförslag är tidskrävande vilket fastslagits i avsnittet om tidsåtgång. Det krävs att den utförande parten skisserar de objekt som är konstanta, de objekten som ej kan flyttas på, på nytt var gång en ny layout ritas. Ifall ett fel utförs under skisseringen av layouten krävs det oftast för FSLP att en ny skiss skapas. Det är inte en förlåtande process att skissera dessa layouter och utföra ändringar under skisserandets gång.

7.4 Användbarhet av resultat

FSLP framställer den mest användbara ritningen. FSLP resulterar i en skalenlig layout vilken kan tillämpas på den aktuella produktionsytan. Resultatet från FactoryFLOW kan inte användas som en mall under konstruktion av produktionsytan men kan definitivt användas som beslutsunderlag. FSLP resulterar dessutom i en 2D-ritning som även denna fungerar som ett beslutsunderlag dock ger den inte någon möjlighet till en analys av hur de olika enheterna samverkar i en verklig miljö. I FactoryFLOW är framställning av en 3D-ritning möjlig. Det skulle resultera i en bättre helhetsbild vilket bidrar till minskad risk för misstolkningar och en smidigare kommunikationsprocess mellan olika parter vid beslutsfattning. Detta utfördes inte till följd av att den information som krävs för att skapa en 3D-modell inte var tillgänglig för projektet.

Layout tool resulterade i ett totalt oanvändbart resultat. Det fanns ingen möjlighet att skapa en skala eller sätta mått på arean vilken var liknande projektytan i fallet. Värdepoäng genom beräkning av kritiska avstånd kunde inte heller utföras i programmet eller för hand. Därmed kunde ingen kvantitativ data framställas gällande hur god en layout var jämfört med en annan. Det finns ingen möjlighet att använda Layout tools resultat som mall eller beslutsunderlag för lokalplanläggning.

7.5 Tillämpbarhet

FSLP är en beprövad metod vilket ger ett tydligt resultat. Inga faktorer påverkar metodens robusthet liksom eventuella fel eller buggar i programvara. Materialomfånget för metoden är minimal och begränsas till basala kontorsmaterial. Det kan därmed tyckas vara lämpligt att tillämpa FSLP i industrin. Något som bör finnas i åtanke är att en stor del av industrin inte följer någon specifik metod utan utformar lokalerna utefter erfarenhet. Detta styrks både av teorin och intervjun med T. Hillerström. De värderingar FSLP tillåter är närhetskrav mellan enheterna. Det går inte att innefatta

flödesintensitet i beräkningarna eller dynamiska komponenter i metoden. Layout tool har inte heller möjlighet att tillämpa dessa faktorer eller ytterligare funktioner vilka är önskvärda för lokalplanläggning. Programmet saknar grundläggande funktioner och kraschar när antalet enheter ökar vilket bidrar till svårigheter vid planläggning. Det behöver vidareutvecklas innan lansering på den kommersiella marknaden och möjlig implementering inom industrin. FactoryFLOW fungerar däremot att använda som komplement till den traditionella metoden. Jämfört med Layout tool är FactoryFLOW ett beprövat program på den kommersiella marknaden och kan anses vara robust. På grund av att det är ett lanserat program medför det en licenskostnad för att använda programvaran. Vart företag måste därför besluta om det är lönsamt att tillämpa detta virtuella verktyg.

Tillämpbarheten av de två metoderna kan ses som någorlunda likvärdiga, gemensamt mellan dem är att det finns positiva samt negativa aspekter. FSLP kan tillämpas och producera en layout som kan användas till konstruktion av lokalen. Den kan dock endast tillämpas på lokaler med maximalt 20 enheter. Det är även en tidskrävande process var gång den skall utföras och ändringar i en ritning kräver en omstrukturering av hela layouten. Vilket eventuellt är en bidragande faktor till att industrin inte tillämpar en komplett FSLP. Det finns steg inom FSLP vilka är tidskrävande men inte bidrar till projektets resultat, exempelvis Steg 3. Därmed konstateras metoden vara robust men inte särskilt flexibel. FactoryFLOW tillverkar inte en tillämpbar ritning men ger ett användbart beslutsunderlag medan Layout tools resultat förkastas helt. Det är även smidigt att skapa nya layouter i FactoryFLOW, korrigera misstag samt uppdatera befintliga ritningar i programmet efter att en individ har förstått programmet. FactoryFLOW anses vara robust samt flexibel.

7.6 Sammanfattande jämförelse

I jämförelseanalysen ställdes metoderna mot varandra inom olika områden och analyserades. För att snabbt få en överblick över hur de två metoderna stod gentemot varandra inom de olika områdena sammanställdes resultaten i tabell 7.

Tabell 7: Sammanfattande beskrivning för jämförelseanalys.

Fokusområden	Sammanfattande beskrivning
<i>Tidsåtgång</i>	FSLP var den mest tidskrävande av metoderna med en tidsåtgång på 20 timmar medan FactoryFLOW endast krävde 6 timmar. Vid användning av Layout tool uteblev resultat och därav angavs inte någon tid för verktyget.
<i>Krav på förkunskap</i>	Förkunskap för att kunna utföra metoderna på ett korrekt sätt krävdes för FSLP och de virtuella verktygen. För FSLP är metoden tydligt beskriven i Muther & Wheeler (1977) och stegen som följs är konkreta och rakt på sak. För FactoryFLOW finns anvisningar för att få hjälp med hur programvaran fungerar, dock inte lika konkreta som för FSLP. Information för hur Layout tool används var dock bristfällig, detta för att programmet fortfarande är i utvecklingsstadiet.
<i>Användarvänlighet</i>	FSLP är det en enkel metod att utföra förutsatt att inga ändringar behöver göras i ett sent skede under processen. För FactoryFLOW är det betydligt lättare att göra om, ändra eller lägga till något under planläggningen.
<i>Användbarhet av resultat</i>	FSLP och FactoryFLOW resulterade i en 2D-ritning där ritningarna kan användas som underlag vid beslutsfattning för planläggning av fabriken. Resultatet från Layout tool kan däremot inte användas och resultatet förkastades helt.
<i>Tillämpbarhet</i>	FSLP är en robust och tillförlitlig metod. FactoryFLOW kan inte användas självständigt vid framställning av en lokalplanlösning men går utmärkt att använda som komplement till den traditionella metoden. FactoryFLOW finns redan ute på marknaden och kan därför tillgodose användarens behov i större mån än Layout tool vilken fortfarande är under utveckling.

8. DISKUSSION

Idag baseras beslut till stor del på erfarenhet när det kommer till utveckling av nya layouter. Detta bekräftas bl.a. av T. Hillerström. Orsaken till att erfarenhet styr lokalplanläggning är eftersom att det är enkelt att arbeta på de tillvägagångssätt företagen har utvecklat inom verksamheten, det är dessutom tidskrävande att skapa en fullständig planläggning. Därmed tillämpas enstaka delmoment av tidskrävande akademiska metoder.

Utifrån projektet framgår det att stor potential finns för virtuella verktyg i framtiden inom lokalplanläggning. Även om resultatet visar på att den traditionella metoden ger en tydligare layout finns det möjligheter att förenkla metoden med hjälp av virtuella verktyg. Exempelvis vid skissering av layouter, det mest tidskrävande momentet i FSLP. Genom att ett program kan rita flera olika förslag på planlösningar utifrån samma mall går det snabbt att ändra och redigera dessa. Vid utförande av FSLP är det besvärligt att korrigera misstag med papper och penna. Virtuella verktyg kan även minimera risken för fel vid insamling av mätvärden med hjälp av t.ex. punktmolnsscanning. Möjligheten att skanna in en lokal och de enheter vilka skall finnas där ger även en möjlighet att analysera lokalen tredimensionellt och ge ytterligare beslutsstöd.

Det mest önskvärda programmet är ett verktyg vilket tar informationen som krävs för en komplett FSLP som indata och sedan utför resterande arbete. Med hjälp av ett verktyg med standardiserade eller justerbara värderingar minskas subjektiviteten i utförandet. Det ger även möjlighet att tillämpa ny teknologi tillsammans med den erfarenhet som finns i företaget.

Av de två virtuella verktygen, vilka projektet behandlade, uppnår ingen av dem kvalitén på resultat vilket erhålls i en FSLP. Layout tool kunde inte hantera de operationer vilka krävs för att utföra en lokalplanläggning och kunde sporadiskt frysa samt stängas ner. Det gör programmet oanvändbart vid utformning av stora lokaler. Resultatet från FactoryFLOW kan inte garanteras att vara skalentligt vilket medför ytterligare bearbetning för att kunna skapa en konstruktionsfärdig ritning. Det kan däremot tillämpas inom industrin som beslutsunderlag vid framställning av layouter.

9. SLUTSATS OCH FRAMTIDA ARBETE

Slutsatsen ämnar besvara rapportens två frågeställningar samt diskutera framtidsutsikter för fortsatt arbete med virtuella verktyg inom lokalplanläggning.

Hur kan virtuella verktyg komplettera de traditionella metoderna för lokalplanläggning?

Efter analys och jämförelse av de olika metoderna har projektet kommit fram till att virtuella verktyg kan användas som komplement vid traditionell lokalplanläggning. Den traditionella metoden är konkret och ger ett tillförlitligt resultat men är tidskrävande. Genom att ersätta ett, eller flera, moment i FSLP med virtuella verktyg kan metoden göras mer tidseffektiv. Skissmomentet är ett exempel på vad som kan kompletteras med hjälp av FactoryFLOW.

Vad finns det för utvecklingspotential för lokalplanläggningsmetoder?

Det finns stor utvecklingspotential inom lokalplanläggning och hur metoderna används. Önskvärt är att göra det möjligt att visualisera resultatet på ett bättre sätt än med en vanlig 2D-ritning. Detta kan uppnås genom att utveckla programvaror vilka kan kombinera punktmolnsteknik med CAD-teknik och skapa tillförlitligare resultat. Därefter önskas resultatet presenteras med befintlig teknologi inom Virtual Reality (VR) som t.ex. VR-glasögon eller CAVE för att enkelt förstå hur planläggningen kommer att fungera i verkligheten innan konstruktion påbörjas. Detta skulle leda till minskad risk för designfel i ett tidigt skede i projektet vilket eliminerar oönskade kostnader. Möjlig visualisering av layouter i en virtuell miljö kan effektivisera kommunikations- och beslutsprocessen, vilket leder till att prospekteringstiden minskar och även detta kan reducera kostnader för företagen.

Vid framtida arbete behöver program vidareutvecklas samt undersöka hur den mänskliga faktorn kan minimeras vid värdering och optimering av layouter utan att erfarenhet försvinner. Utformning av programvara som kan ta fram fler olika förslag utan att fastna vid ett specifikt tankesätt, hade underlättat framtagning av planläggningar på ett systematiskt vis. Detta kräver samtidigt att programvaran är objektiv och opartisk vid optimeringen av lokalen för att nå så goda resultat som möjligt. Den ideala programvaran skall importera en punktmolnsscanning och i den placera ut enheter samt dess samband för att sedan optimera layouten och skapa en 3D-miljö av den planlagda lokalen. Det skall också vara möjligt att konvertera det till en konstruktionsfärdig ritning. Ifall utvecklingspotentialen för virtuella verktyg uppnås kommer de ersätta traditionella lokalplanläggningsmetoder.

REFERENSER

Becker, M. C., Salvatore, P., & Zirpoli, F. (2005). The impact of virtual simulation tools on problem-solving and new product development organization. *Research Policy*, 34(9), 1305-1321.

Bellgran, M. & Säfsten, K. (2005) *Produktionsutveckling, Utveckling och drift av produktionssystem*, ISBN 91-44-03360-5, Studentlitteratur, Lund

Bellgran, M., Öhrström, P. (1995) *Utförning och utvärdering av monteringsystem i 10 svenska industriföretag*, LiTH-IKP-R-874, Linköpings universitet, Linköping

Bryman, A. (2011): *Samhällsvetenskapliga metoder*. Stockholm: Liber AB.

Christmansson, M. och Rönnäng, M. (2003) Hur utvecklas produktionssystem i svensk tillverkningsindustri?, Rapport från delprojekt A i Datormanikinprojektet, Arbetslivsrapport Nr 2003:5, ISSN 1401-2928

Ejvegård, R. (2009): *Vetenskaplig metod*. Lund: Studentlitteratur AB.

Engström, H. (2016, 14 juni). Framsteg inom flygindustrin kan minska utsläpp: *Framtidens karriär*. Hämtad från <http://framtidenskarriar.se/ingenjor/artikel/framsteg-inom-flygindustrin-kan-minska-utslapp/>

GKN Aerospace Sweden AB. (2015): *En specialtidning om våra första 85 år*. Hämtad 2017-02-21 från http://www.gkngroup.com/gkns sweden/aerospace/Documents/85_arstidning_screen.pdf

Hansson, M. (2010). I Simulator lär sig eleven snabbare. Hämtad 2017-03-20 från <https://infotechumea.se/nyheter/i-simulator-lar-sig-eleven-snabbare>

Häger, B. (2007): *Intervjuteknik*. Stockholm: Liber AB.

Johansson, B. (2008). Arbetsmiljö-och produktionsutveckling inom tillverkningsindustrin i Sverige: en genomgång av aktuell forskning samt egna slutsatser.

Lindskog, E., Berglund, J., Vallhagen, J., Berlin, R., & Johansson, B. (2012). Combining point cloud technologies with discrete event simulation. In *Simulation Conference (WSC), Proceedings of the 2012 Winter* (pp. 1-10). IEEE.

Lindskog, E., Berglund, J., Vallhagen, J., & Johansson, B. (2016). Layout Planning and Geometry Analysis Using 3D Laser Scanning in Production System Redesign. *Procedia CIRP*, 44, 126-131.

Khemani, H. (2008). *Benefits of using the CAD software*. Hämtad 2017-03-02, från <http://www.brighthubengineering.com/cad-autocad-reviews-tips/17593-benefits-of-using-the-cad-software/>

Kvale, S. & Brinkmann, S. (2009): *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Lund: Studentlitteratur.

Mihelj, M., Novak, D., & Beguš, S. (2014). *Virtual reality technology and applications*. Springer.

Muther, R. (1974). *Systematic layout planning* (2.th ed.). Boston, Mass:

Muther, R., Wheeler, J. D., Sveriges rationaliseringsförening, & ALI-RATI. (1977). *Förenklad systematisk lokalplanläggning* (6. uppl. ed.). Hägersten;Lidingö;: Sveriges rationaliseringsfören. (SRF).

Ranhagen, U. (2004). Planering för en god arbetsmiljö och ett hållbart arbetsliv.

Produktion 2030. (2017): *3D-SILVER -Decision-making Support using Information in Layout Visualization and Ergonomics Representation*. Hämtad 2017-03-21 från <http://www.produktion2030.se/en/projects/3d-silver-decision-making-support-using-information-in-layout-visualization-and-ergonomics-representation/>

Siemens. (2011): *FactoryFLOW - Material flow optimization for compressed time-to-launch and reduced indirect labor cost*. Hämtad 2017-03-31, från https://www.plm.automation.siemens.com/en/products/tecnomatix/manufacturing-planning/factory-design/FactroyFLOW.shtml#lightview%26url=/en_us/Images/4931_tcm1023-4950.pdf%26title=FactroyFLOW%26description=FactoryFLOW%20Fact%20Sheet%26docType=pdf

Sveriges Byggindustrier. (2017). Virtual reality. Hämtad 2017-03-18, från [https://www.sverigesbyggindustrier.se/filmer/virtual-reality_2518#Virtual reality](https://www.sverigesbyggindustrier.se/filmer/virtual-reality_2518#Virtual%20reality)

Swerea AB. (2016). Produktionssimulering. Hämtad 2017-03-24, från <https://www.swerea.se/kompetensomraden/produktionssystem/produktionsfloden/produktionssimulering>

Walk, K. (1998): How to write a comparative analysis. Hämtad 2017-04-02, från <http://writingcenter.fas.harvard.edu/pages/how-write-comparative-analysis>

APPENDIX

Bilaga 1: Modell av sambandsschema

RELATIONSHIP CHART

Plant (Company) _____ Project _____
 Charted by _____ With _____
 Date _____ Sheet _____ of _____
 Reference _____

This block shows relation between "1" and "3"

Importance of relationship (top)

Reasons in code (below)

"Closeness" Rating

Value	CLOSENESS	No. of Ratings
A	Absolutely Necessary	
E	Especially Important	
I	Important	
O	Ordinary Closeness OK	
U	Unimportant	
X	Not desirable	
Total = $\frac{N \times (N-1)}{2}$ =		

Reasons behind the "Closeness" Value

Code	REASON
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

Bilaga 2: Modell av tabell för funktionskrav

ACTIVITIES AREA & FEATURES SHEET			Physical Features Required												Plant	
Activity															Project	
No.	Name	Area in	O'Head Clearance	Max. Overhead Supported Load	Max. Floor Loading	Min. Column Spacing	Water & Drains	Steam	Compressed Air	Foundations or Pits	Fire or Explosion Hazard	Special Ventilation	Special Electrification	By	With	
			Enter Unit and Required Amount under each				Relative Importance of Features								Requirements for Shape or Configuration of Area (Space)	
Total:			0				A - Absolutely Necessary O - Ordinary Importance E - Especially Important - - Not Required I - Important								Enter Requirements for Shape or Configuration and Reasons therefore	
16.																
17.																
18.																
19.																
20.																
21.																
22.																
23.																
24.																
25.																
26.																
27.																
28.																
29.																
30.																

Sub-Areas or Areas

Notation

References

Richard Muther & Associates - 150

No. _____ Activity _____ Sheet _____ of _____

Bilaga 3: Modell av fullständigt värderingsschema

EVALUATING ALTERNATIVES

Weights set by _____	Tally by _____	Plant _____
Readings by _____	Approved by _____	Project _____ Date _____

EVALUATING DESCRIPTION			
A	Almost Perfect	O	Ordinary Results
E	Especially Good	U	Unimportant Results
I	Important Results	X	Not Acceptable

Description of Alternatives:
Enter a brief phrase identifying each alternative.

A. _____

B. _____

C. _____

D. _____

E. _____

FACTOR / CONSIDERATION	WT.	ALTERNATIVE				
		A	B	C	D	E
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
Totals						

Reference Notes:

a. _____

b. _____

c. _____

d. _____

e. _____

f. _____

Bilaga 4: Intervjuguide

Frågor/Intervju

Grundinformation, vem är du?

1. Vad heter du?
2. Hur länge har du jobbat på företaget?
3. Vad är dina huvudsakliga arbetsuppgifter?
4. Har du arbetat på någon annan avdelning på GKN?

Fabriken, hur kommer produktionen se ut?

5. Vad för produkt ska tillverkas?
6. Hur ser materialflödet ut?
 - a. Finns det kontrollstationer?
 - b. Ska det finnas trucktrafik eller transportband för att förflytta produkten?
7. Maskinerna
 - a. Hur många maskiner finns det?
 - b. Hur många operatörer arbetar vid maskinerna?
 - c. Hur stort säkerhetsavstånd krävs runt maskinerna?
 - d. Krävs det något utrymmer för städning/underhåll?
 - e. Blir det några restprodukter som behöver samlas upp?
8. Hur ser lagersituationen ut?
 - a. Har ni buffertar?
 - b. Behövs det ett färdigvarulager?
 - c. Har ni behov för ett materiallager?

Arbetsmiljö, Hur ser den ideala arbetsmiljön ut?

9. Buller
 - a. Finns det någon maskin som skapar mer ljud än de andra?
 - b. Finns det någon process i linjen som är ljudkänslig?
10. Ljus
 - a. Finns det material som är ljuskänsliga?
 - b. Är ljusnivån i fabriken något som förändras under produktionen?
11. Faciliteter
 - a. Närliggande faciliteter, hur påverkas dessa?
 - b. Finns följande faciliteter i byggnaden eller krävs nya på produktionsytan:
 - i. Toaletter
 - ii. Kontor
 - iii. Kök
 - iv. Rökrum
12. Ergonomi
 - a. I vilka ställningar befinner sig personalen när de arbetar, direkt med maskiner och ut-
anför?
 - b. Kräver vissa operationer större yta än den som utgörs av maskinen eller närliggande
yta?
 - c. Finns de krav från operatörer på hur linjen skall utformas?

RISKZONER, Hur ser vi till att lokalen/produktionen är säker?

13. Finns det något material eller maskin som är känsligt/hälsofarligt om det behandlas på fel sätt?

14. Finns det andra material i närliggande faciliteter som inte bör störas av vibrationer eller värme?

Nödutrymme

15. Vart är brandutgångarna och har ni någon mall hur en verkstad skall planeras utifrån brandsäkerhet?

Övriga önskemål?

16. Har ni några krav eller önskade målvärden i övrigt att uppnå?

Bilaga 5: Besvarad intervjuguide

Frågor/Intervju

Grundinformation, vem är du?

1. Vad heter du? Torbjörn Hillerström
2. Hur länge har du jobbat på företaget? 33 år
3. Vad är dina huvudsakliga arbetsuppgifter? Projektledare industrialisering
4. Har du arbetat på någon annan avdelning på GKN? Ja, flera olika

Fabriken, hur kommer produktionen se ut?

5. Vad för produkt ska tillverkas? Sektorer till TEC PW1100
6. Hur ser materialflödet ut?
 - a. Finns det kontrollstationer? Ja
 - b. Ska det finnas trucktrafik eller transportband för att förflytta produkten? Truck/ledtappare/pallyftare
7. Maskinerna
 - a. Hur många maskiner finns det? 7 + 6
 - b. Hur många operatörer arbetar vid maskinerna? 1 op / 2 maskin
 - c. Hur stort säkerhetsavstånd krävs runt maskinerna? NA
 - d. Krävs det något utrymme för städning/underhåll? 1,2 m
 - e. Blir det några restprodukter som behöver samlas upp? Spån, skärvätska
8. Hur ser lagersituationen ut?
 - a. Har ni buffertar?
 - b. Behövs det ett färdigvarulager?
 - c. Har ni behov för ett materiallager?

Arbetsmiljö, Hur ser den ideala arbetsmiljön ut?

9. Buller
 - a. Finns det någon maskin som skapar mer ljud än de andra? Ja beroende på berbetningsparametrar
 - b. Finns det någon process i linjen som är ljudkänslig? Människa
10. Ljus
 - a. Finns det material som är ljuskänsliga? Nej
 - b. Är ljusnivån i fabriken något som förändras under produktionen? Nej
11. Faciliteter
 - a. Närliggande faciliteter, hur påverkas dessa? Påverkas av buller.
 - b. Finns följande faciliteter i byggnaden eller krävs nya på produktionsytan:
 - i. Toaletter Finns
 - ii. Kontor Finns
 - iii. Kök/Pausytrumme med pentry, finns
 - iv. Röktrum, Finns inte, rökning tillåten på vissa platser utomhus.
12. Ergonomi
 - a. I vilka ställningar befinner sig personalen när de arbetar, direkt med maskiner och utanför? Stående
 - b. Kräver vissa operationer större yta än den som utgörs av maskinen eller närliggande yta? Inte större men det finns kompletterande arbetsuppgifter som verktygsställ.

- c. Finns de krav från operatörer på hur linjen skall utformas? Krav och önskemål från operatörer, skyddsombud. Dessutom följs arbetsmiljöverkets föreskrifter.

RISKZONER, Hur ser vi till att lokalen/produktionen är säker?

13. Finns det något material eller maskin som är känsligt/hälsosfarligt om det behandlas på fel sätt? Ja
14. Finns det andra material i närliggande faciliteter som inte bör störas av vibrationer eller värme? Ja, vibrationer och buller,

Nödutrymme

15. Vart är brandutgångarna och har ni någon mall hur en verkstad skall planeras utifrån brandsäkerhet? Enligt ritning

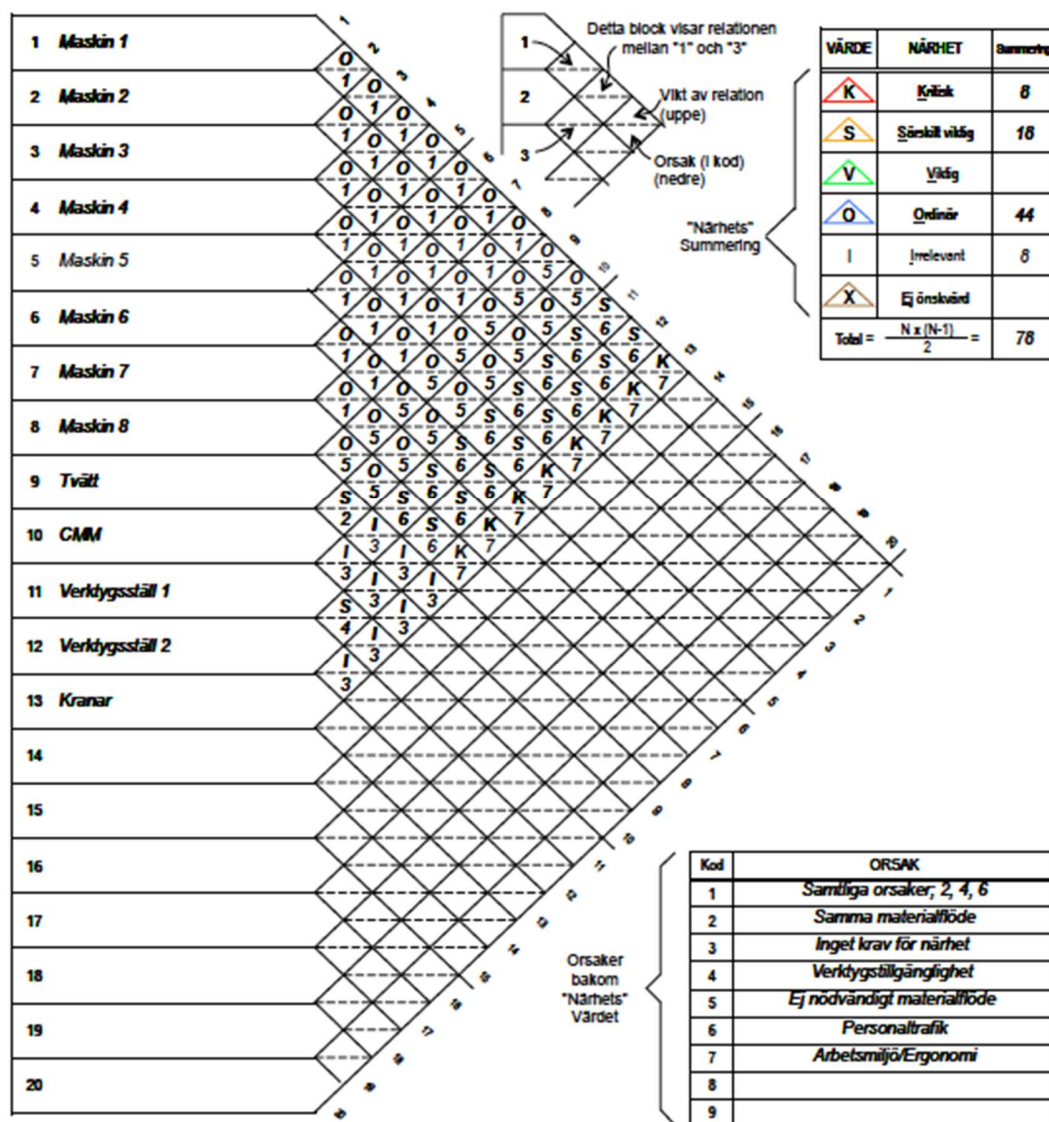
Övriga önskemål?

16. Har ni några krav eller önskade målvärden i övrigt att uppnå?
17. Låg produktkostnad, hög robusthet, hög personsäkerhet, möta miljökrav, ge möjlighet till nya affärer....

Bilaga 6: Ifyllt samabandsschema

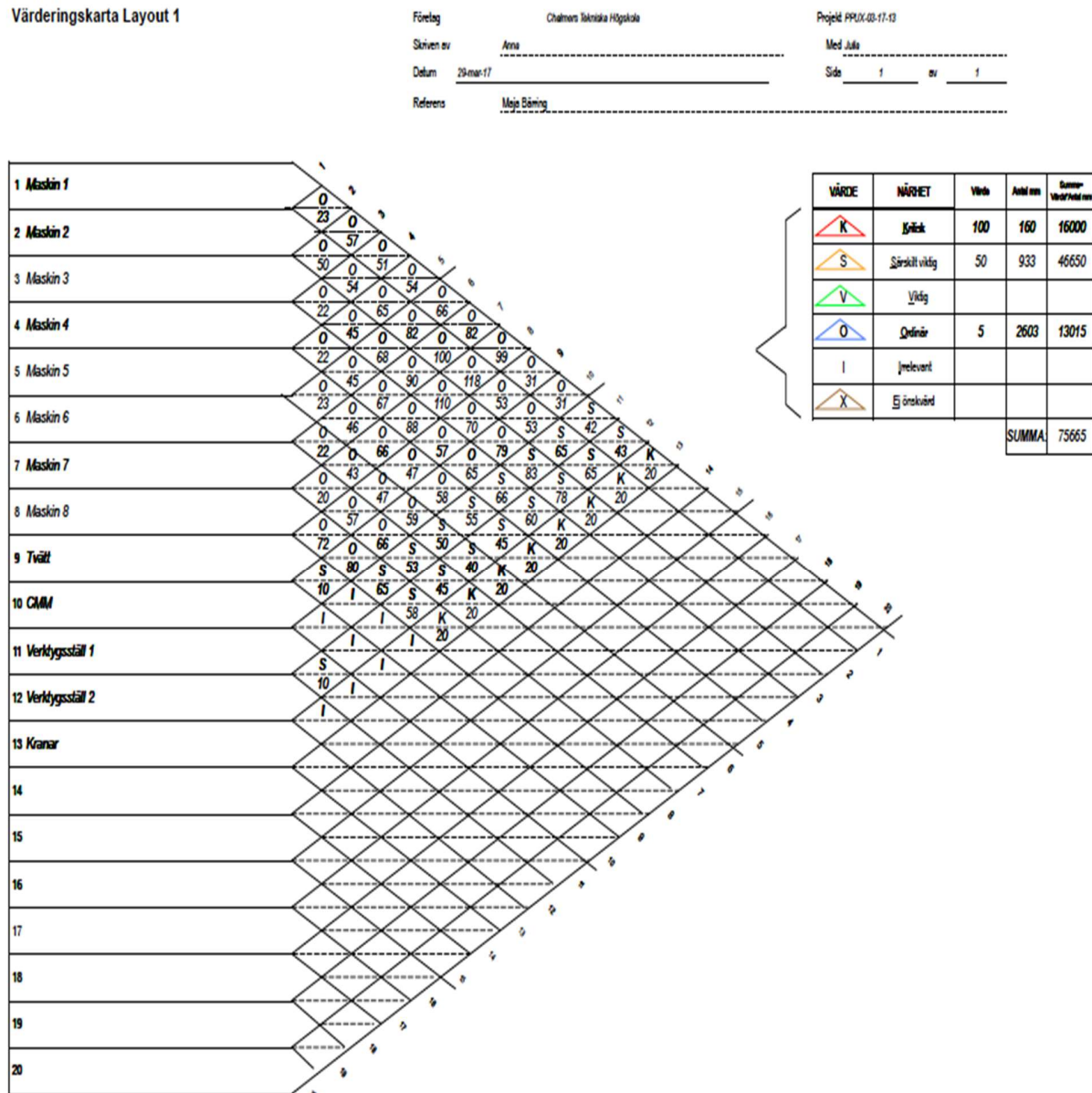
SAMBANDSSCHEMA

Förelag Chalmers Tekniska Högskola Projekt PPUX-03-17-13
 Skrivet av Anna Med Max, Julia och Pontus
 Datum 21-mar-17 Sida 1 av 1
 Referens Maia Bäring



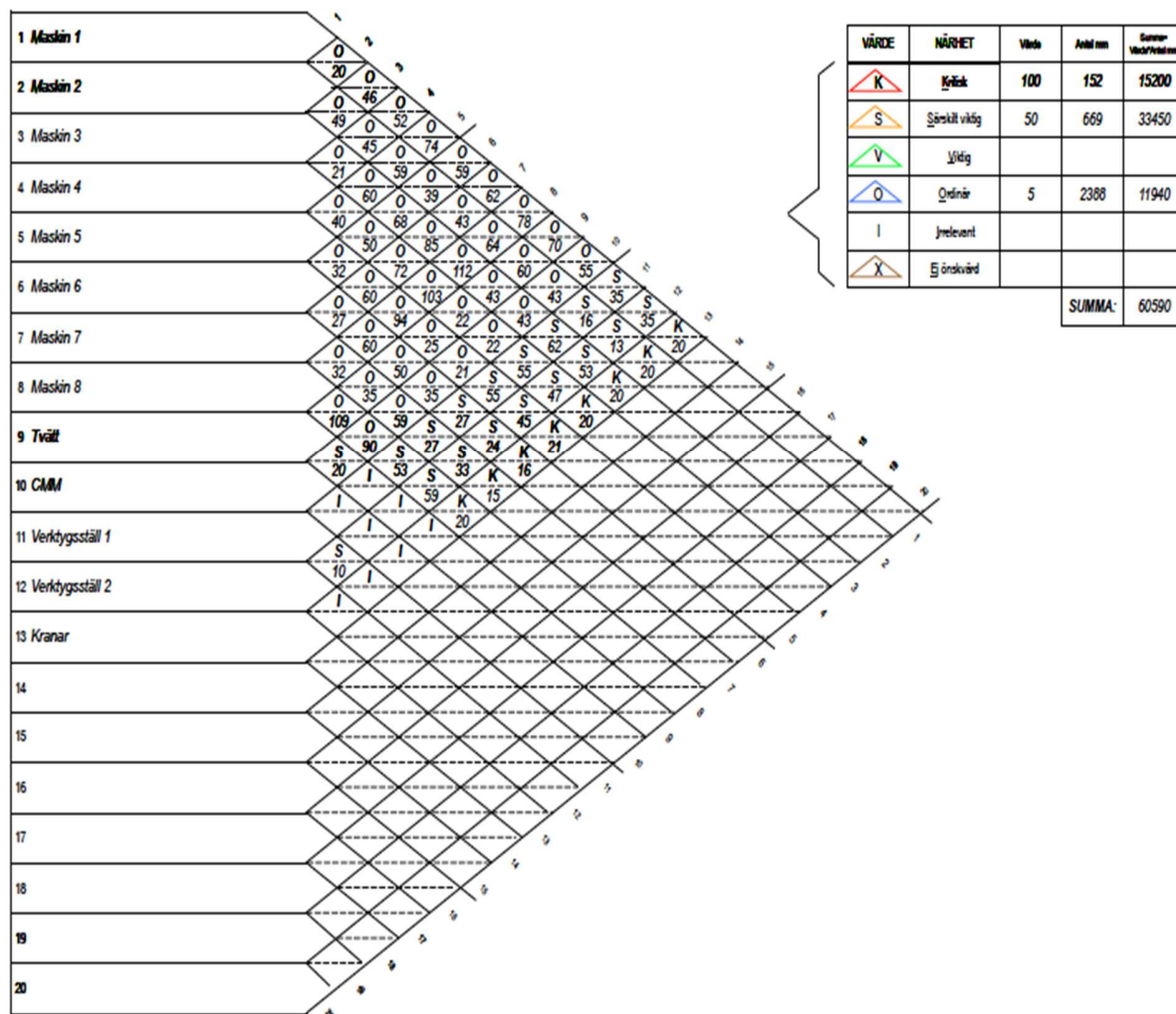
Bilaga 7: Värderingskartor

Värderingskarta Layout 1



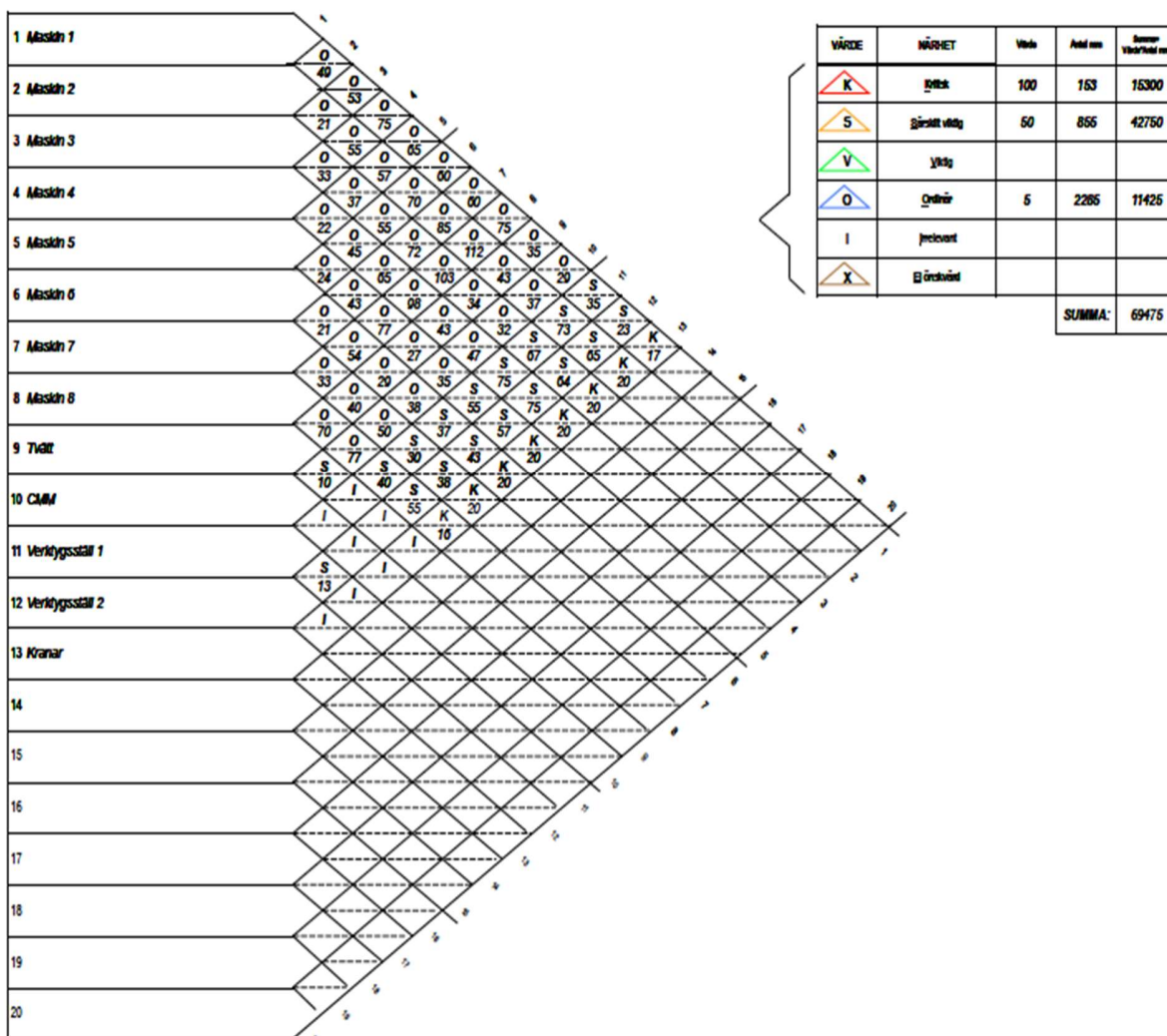
Värderingskarta Layout 2

Företag	Chalmers Tekniska Högskola	Projekt	FPUX-05-17-13
Skivens av	Anne	Med	Julia
Datum	29-mar-17	Side	1 av 1
Referens	Maia Bärning		



Värderingskarta Layout 3

Foretag	Chalmers Tekniska Högskola	Projekt	PRUX-03-17-13
Givaren av	Anna	Med	Julia
Datum	29-mars-17	Sida	1 av 1
Referens	Maja Börning		



Värderingskarta Layout 4

Företag Chalmers Tekniska Högskola Projekt PPU/405/17-13
 Skrivet av Anne Med Julia
 Datum 29-mars-17 Sid 1 av 1
 Referens Väga Bering

