

CHALMERS



KANDIDATRAPPORT

Virtuella verktyg som komplettering för traditionella metoder för
design av verkstäder

PPUX03-17-83

Kandidatarbete VT2017
Chalmers tekniska högskola
Inst. för industri- och materialvetenskap
Examinator: Björn Johansson
Handledare: Daniel Nåfors

Victor Björk
Johan Larsson
Anna Palmqvist
Oscar Palmqvist

Sammandrag

Förenklad systematisk lokalplanläggning (FSLP) är en etablerad metod för att designa nya produktionsanläggningar. Metoden utlovar flexibilitet och att om den följs korrekt erhålls den optimala layouten för fabriksytan. Metoden har analyserats för att bestämma hur beroende den är av användarens erfarenheter och hur lätt den påverkas av subjektiva åsikter från användaren. En undersökning av hur virtuella verktyg kan komplettera FSLP har också genomförts. Verktygen ska komplettera metoden på ett sådant sätt att subjektivt inflytande minskar, utförandet förenklas och resultatet kan visualiseras. Projektet utfördes genom att först utföra en FSLP på en verkstadsyta på GKN Aerospace SWEDEN AB i Trollhättan med hjälp av data som projektet samlat in. Därefter gjordes en eftersökning av passande virtuella verktyg som sedan undersökts noggrannare och utvärderats. Fyra stycken av dessa virtuella verktyg har sedan sållats fram och använts för att komplettera FSLP. Projektet har utförts parallellt med en annan kandidatgrupp som också utfört en FSLP på samma fabriksyta på GKN Aerospace. Utbyte av resultat med denna kandidatgrupp har legat till grund för analysen av metodens objektivitet. Studiens resultat visade på att FSLP påverkas mycket av användarens egna åsikter och tolkningar av data. FSLP led av en avsaknad av definition, då många av dess steg byggde på jämförande analyser av kriterier som valdes av användaren. Dock anvisades det inte hur dessa skulle väljas eller korrekt jämföras. De virtuella verktygen är ett bra komplement för att minimera subjektivt inflytande vid utförandet, samtidigt som resultaten kan visualiseras väl. Virtuella verktyg som Flow Planner tillät användaren att grunda beslut på ett matematiskt underlag istället för självvalda relativa kriterier. I framtiden kan FSLP moderniseras och integreras med virtuella verktyg för att samla in relevant data och skapa en matematiskt optimal layout. Ytterligare studier kommer krävas för att analysera påverkan av subjektiva influenser och ytterligare utveckling av virtuella verktyg.

Abstract

Simplified Systematic Layout Planning (SSLP) is a commonly accepted method for the design of novel production layouts due to its flexibility and its promise of producing the optimal layout for a given space. This promise was analysed to determine how dependent it is on user experience, and how easily the final layout could be influenced by subjective opinions. After this an investigation into the viability of virtual tools as complements to the method was conducted, assessing how the tools could minimize the influence of subjective input. The project was structured first to gather information from the relevant workspace at GKN Aerospace SWEDEN AB in Trollhättan and then completing a SSLP. Thereafter a study was done to find and assess relevant virtual tools. After this was completed, the results were exchanged with a group working parallel but independently on the same project. The execution of the SSLP was compared. The results of the study showed that the SSLP is very heavily impacted by subjective input and different interpretations of data. The SSLP suffered from a lack of definition, as it demanded comparative criterion whilst not defining how these should be chosen or equated. As such, the virtual tools are an excellent complement to minimize the subjective influence, whilst providing objective backing to the results. Virtual tools, like Flow Planner, enabled the user to base decisions of mathematical models rather than “soft” criterion with relative comparisons. In the future, the method can be modernized and integrated with virtual tools to collect relevant data and thereafter provide a mathematically optimal layout. Further analysis is suggested as to the impact of subjectivity on the results, and the viability of computerized methods.

Innehållsförteckning

Förkortningslista.....	1
1. Inledning.....	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte	3
1.3 Förutsättningar och begränsningar	3
1.4 Introduktion av verkstadsyta	3
1.5 Introduktion till subjektivitet och beslutsfattande	4
2. Metod.....	5
2.1 Datainsamling.....	5
2.2 Förenklad systematisk lokalplanläggning	5
2.3 Analys av subjektiv påverkan.....	9
2.4 Sökning av virtuella verktyg	9
2.5 Sällning av virtuella verktyg	10
2.6 Komplettering med virtuella verktyg	10
3. Resultat.....	13
3.1 Datainsamling.....	13
3.2 Förenklad systematisk lokalplanläggning	17
3.3 Analys av subjektiv påverkan.....	26
3.4 Sökning av virtuella verktyg	28
3.5 Sällning av virtuella verktyg	30
3.6 Komplettering med virtuella verktyg	31
4. Diskussion	41
4.1 Förenklad systematisk lokalplanläggning	41
4.2 Analys av subjektiv påverkan.....	46
4.3 Sökning och sällning av virtuella verktyg.....	48
4.4 Komplettering med virtuella verktyg	48
4.5 Felkällor.....	49
5. Rekommendationer och vidareutveckling.....	51
5.1 Förenklad systematisk lokalplanläggning	51
5.2 Framtida förbättring av projektet.....	52
6. Bidragsrapport över individuella bidrag.....	53
6.1 Ansvarsområden.....	53
6.2 Bidrag till problemlösning.....	53

6.3 Huvudansvarig författare av avsnitt	54
Referenser.....	57
Bilagor.....	58
A. Sammanställning sökord virtuella verktyg	58
B. Sambandsdiagram.....	59
C. Utrymmes och servicebehov.....	60
D. Tidiga versioner och individuella skisser	61
E. Avståndspoäng och mätningar på huvudplanerna.....	63
F. Värderingsschema	69

Förkortningslista

DES	Discrete Event Simulation
FSLP	Förenklade Systematisk LokalPlanläggning
LT3DS	Layout Tool 3D-SILVER
MPDS4	MEDUSA Plant Design Software
SLP	Systematisk LokalPlanläggning
CAD	Computer Aided Design

1. Inledning

Vid planläggning av en ny verkstadslokal finns en stor mängd faktorer att ta i beaktning, från transporter och ledtider till ergonomi och arbetsmiljö. Eftersom metodiken för verkstadsplanering ofta kan vara diffus, finns det risk att subjektiva åsikter påverkar processen. Detta kan leda till att det uppstår problem i den slutgiltiga planen då viktiga faktorer blir underprioriterade, vilket i sin tur leder till en undermålig layout. Det har därför funnits ett stort intresse att utveckla metoder för att systematiskt och objektivt planera verkstäder. En metod som utvecklats och som gör detta är "Förenklad systematisk lokalplanläggning" (FSLP).

1.1 Bakgrund

En etablerad metod inom lokalplanläggning är Systematisk lokalplanläggning (SLP). SLP skapar en omfattande översikt av alla de funktioner som inkluderas i en verkstad, samt möjliggör en jämförelse av deras relation till varandra på ett kvantitativt sätt. Processen är väldigt detaljerad, vilket leder till att den kräver mycket tid och noggrannhet för att den ska kunna utföras korrekt. På grund av detta har metoden FSLP tagits fram. FSLP är en förenkling av SLP och riktar sig mot mindre verksamheter, alternativt avgränsade ytor. Metoden är dessutom begränsad till max 20 funktioner där en funktion är en maskin eller ett steg i processen, exempelvis en kontrollstation. Eftersom det finns en begränsning på antalet funktioner i metoden FSLP kan det ibland vara fördelaktigt att slå samman funktioner från metoden SLP för att då kunna utföra en FSLP istället. Alternativt kan ett mindre område av produktionen beaktas. Denna förenkling av SLP sparar både tid och energi, dock kan generaliseringen minska planläggningens precision.

Kandidatprojektet ingår som en del av forskningsprojektet 3D-SILVER (Chalmers tekniska högskola, 2016) vilket är ett samarbete mellan Chalmers tekniska högskola, ATS AB, Combitech, Fraunhofer-Chalmers Centre, GKN Aerospace Sweden AB, Högskolan i Skövde och Scania. 3D-SILVER:s ändamål är att utveckla ett omfattande verkstadsplaneringsprogram som tillåter en snabbare planläggning av produktionslinjer samtidigt som mycket större fokus kan läggas på arbetsmiljö och ergonomi. I forskningsprojektet ingår det att demonstrera en ny funktionalitet där man ska kombinera punktmoln genererade med 3D-laserskanning med FSLP. Kandidatprojektets syfte är att visualisera planläggningen samt komplettera FSLP visuellt med hjälp av virtuella verktyg. Det kan även finnas potential till att förenkla genomförandet av en FSLP

Kandidatprojektet ämnar undersöka hur objektiv metoden FSLP är samt undersöka om Layout Tool 3D-SILVER (LT3DS), 3D-SILVER:s egenutvecklade virtuella verktyg, eller andra virtuella verktyg kan komplettera steg i metoden. Genom utveckling av mer objektiva och effektiva metoder kan företag ytterligare effektivisera sina verksamheter. Ekonomiskt sett innebär detta en stor besparing eftersom planerings- och produktionstid kan reduceras. Ett erkänt problem är när erfarna anställda lämnar organisationen och de besitter tyst kunskap om lokalplanläggning på företaget. Om arbetssättet kan standardiseras och göras mindre subjektivt blir inte lokalplanläggningen lika sårbar mot förlust av kompetens.

Projektets huvudmål är inte att lösa den följande fallstudien, utan att utvärdera den metod, FSLP, som används för att lösa den. GKN Aerospace Sweden AB skall öka produktionen av flygmotorer, och behöver därför utöka produktionskapaciteten. GKN ämnar introducera 8 nya GROB-maskiner med medföljande utrustning på en befintlig yta. Ytans form är fastställd, men nya fundament kommer byggas samt el och

vatten kan dras vid behov. Dock finns det redan en installerad Carnaghi-maskin på ytan som inte kan flyttas. Kandidatgruppen skall lokalplanlägga denna yta.

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att undersöka objektiviteten hos metoden FSLP och att komplettera den med virtuella verktyg. Målet med de kompletterande verktygen är att visualisera metoden FSLP, förenkla processen och minska påverkan av subjektivitet. För att göra detta skall en FSLP utföras på en befintlig verkstadsyta hos GKN Aerospace i Trollhättan. Resultatet skall sedan jämföras med resultatet från en annan kandidatgrupp (benämns härnå som systergrupp), vilka helt oberoende har genomfört samma uppgift. Denna jämförelse ska ligga till grund för analysen av metodens objektivitet.

1.3 Förutsättningar och begränsningar

Projektet har givna tidsavgränsningar från kandidatarbetets uppbyggnad vilka säger att hela projektet skall vara klart den 23:e maj 2017. Då skall en slutpresentation med tillhörande opposition av andra grupper hållas vilket är det slutgiltiga momentet. Den slutgiltiga rapporten ska dock skickas in senast 12:e maj 2017. Kandidatarbetet har också en ekonomisk budget på 2000 SEK att förhålla sig inom. Om mer pengar skulle krävas måste projektet ansöka om ökat bidrag från Institutionen för industri- och materialvetenskap.

Kompletteringen av metoden FSLP ska genomföras med ett begränsat antal virtuella verktyg vilka har sållats ut med hjälp av en Kesselringmatris. Eftersom gruppen gör ett aktivt val med vilka virtuella verktyg som skall användas är detta en avgränsning för projektet eftersom verktygens uppbyggnad och funktionalitet sätter ramar för hur kompletteringen kan utföras.

För att den slutgiltiga analysen av graden objektivitet hos metoden FSLP ska bli bra förutsätter det att de två resultaten har skapats oberoende av varandra. På grund av detta kommer de två grupperna inte att diskutera arbetet med varandra. Detta skulle kunna leda till att grupperna påverkar varandra och de två resultaten är då inte längre helt oberoende av varandra.

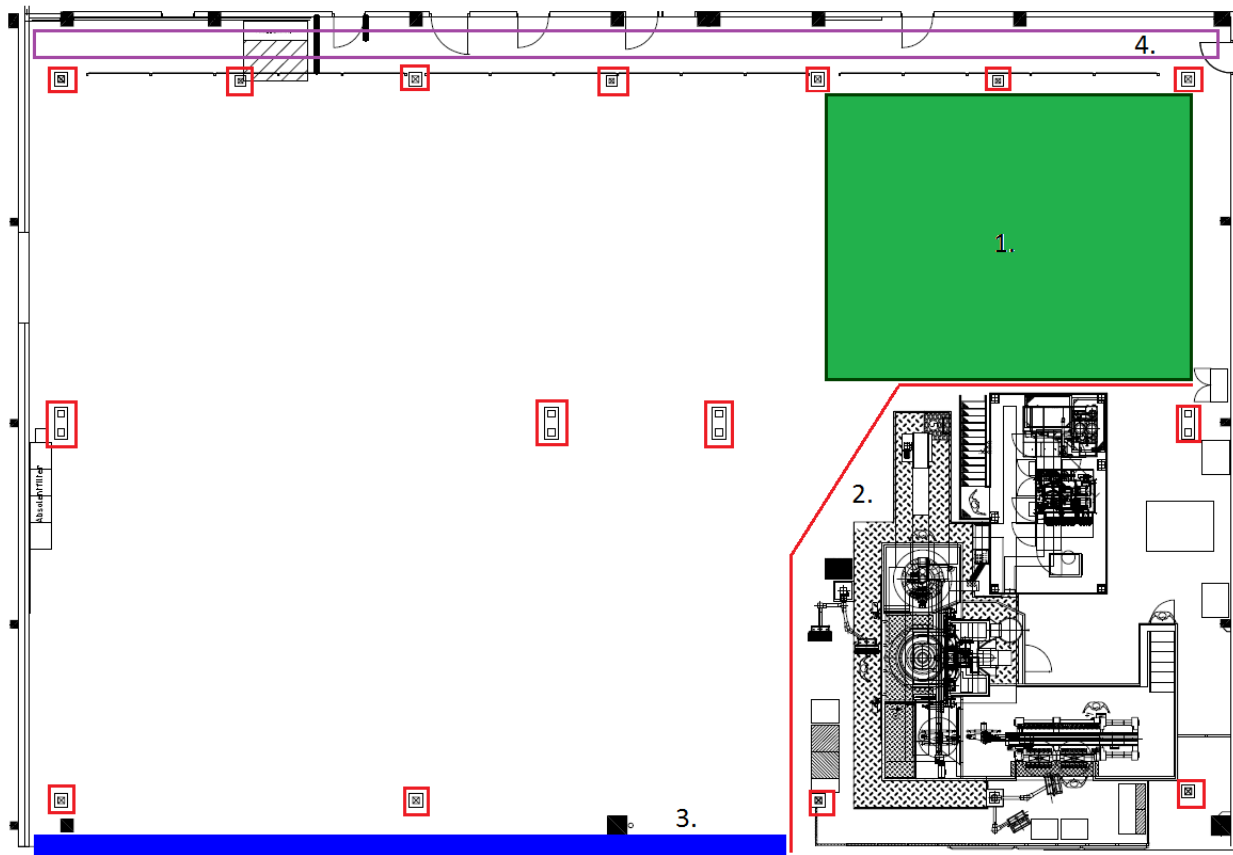
GKN Aerospace mål med sin produktion är att skapa en säker arbetsmiljö för sina anställda samt att skapa en bra producerbarhet med få störningar. Projektet kommer därför att ta den sociala- och produktionsmässiga hållbarheten i beaktning när de olika lokalplanläggningarna ska värderas gentemot varandra. Deras mål sätter också avgränsningar till att gruppen inte kommer att lägga fokus på att göra analyser kring den ekologiska- och ekonomiska hållbarheten på de olika layouterna. Dock skall projektet fortfarande handla utifrån rimliga ekonomiska ramar.

GKN Aerospace har satt ett krav att ingen trucktrafik ska finnas på ytan i fråga. Se konsekvensen av detta i avsnitt 1.4. De har också uttryckt att det är viktigt att maskiner på ytan skall gå att plocka bort utan att flytta på omkringliggande maskiner.

1.4 Introduktion av verkstadsyta

I Figur 1 visas en ritning över ytan som skall planeras med hjälp av FSLP. Traverserna kan användas i produktionen vilket gör att inga nya traverser eller kranar behöver installeras på ytan. Det blåa området längst ner i Figur 1 gränsar till en truckgång. Därför är det lämpligt att eventuella lastzoner placeras här. Detta begränsar lokalplanläggningen eftersom eventuella lastzoner måste placeras längs med det blå området för att undvika onödig transport av material.

Carnaghi-maskinen, markerat 2 i Figur 1, som står i hörnet skall stå kvar och utgör därmed en oanvändbar yta. Hänsyn måste därför tas till Carnaghi-maskinen när lokalplanläggningen utförs. Den gröna ytan, markerat 1, i Figur 1 är instängd av Carnaghi-maskinen och väggarna. Maskiner kan placeras på ytan, men inga maskiner kan placeras precis framför eftersom ytan då stängs in.



Figur 1 - 2D-ritning över verkstadsytan på GKN Aerospace. 1. "Instängd" yta. 2. Carnaghi-maskin. 3. Område där truck kan lasta in och lasta ut från området. 4. Gångstråk. Röda rektanglar markerar traversernas stolpar.

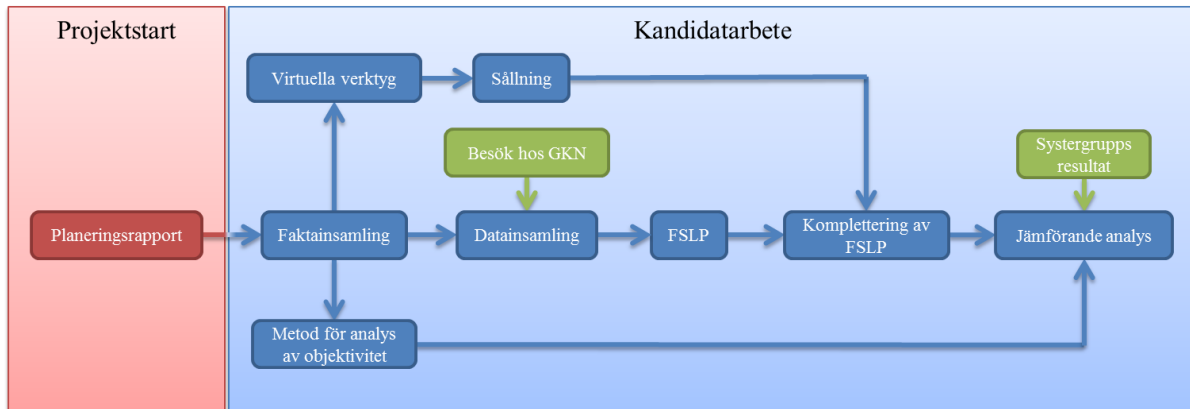
1.5 Introduktion till subjektivitet och beslutsfattande

När subjektivitet beskrivs i rapporten menas de punkter där ett aktivt val måste tas av användaren. Därför antas FSLP vara en objektiv metod, och det är endast vid beslutsfattande som subjektivitet kan påverka resultatet. Även om metoden skulle ha subjektiva åsikter inbyggt där användaren inte tar beslut, ligger detta utanför projektets avgränsningar, och endast de aktiva valen kommer analyseras.

Inom projektets ramar skildras aktiva och passiva val när en analys av objektivitet utförs. Aktiva val är där gruppens medlemmar tar beslut utifrån egen erfarenhet, utbildning och åsikter. Dessa betraktas som källor till subjektivitet, och deras påverkan på resultaten kommer analyseras. De passiva valen är sådana som är förbestämda och gruppen inte kan påverka. Detta innefattar exempelvis de funktioner som skall inkluderas i metoden FSLP och produktionsordningen. I en mer övergripande analys kan dessa vara intressanta att analysera, men de ligger utanför projektets avgränsningar.

2. Metod

En överblick av projektets olika delar finns visualiserat med ett flödesschema i Figur 2. Viktigt att ta hänsyn till är att detta är ett flödesschema över arbetet med projektet och har inte med denna rapports upplägg att göra.



Figur 2- Flödesschema över kandidatarbetet. Den röda rutan är förberedande arbete inför rapporten. De blå är steg utförda av kandidatgruppen och de gröna rutorna representerar information vilken har tilldelats alternativt insamlats av gruppen.

2.1 Datainsamling

Den data som projektet krävde användes för att utföra samtliga delar i FSLP. Denna data sammanställdes som frågor i ett Exceldokument. Grundtanken var att dessa frågor ihop med ett studiebesök på GKN Aerospace skulle täcka hela projektets databehov. Detta dokument överlämnades sedan till kontaktpersoner på GKN Aerospace som fick tid på sig att svara på alla frågor som ställts i dokumentet innan ett studiebesök gjordes hos GKN Aerospace i Trollhättan. Vid besöket träffade kandidatgruppen representanter från GKN som tillsammans visade upp en yta som skulle lokalplanläggas. Efter introduktion av fabriksytan genomfördes en frågestund tillsammans med en av representanterna samt en produktionstekniker. Frågestunden utgick från Exceldokumentet och diskussion fördes runt dessa frågor, där såväl representanterna från GKN Aerospace och gruppen fick möjlighet att lägga till frågor. För att dokumentera allt togs anteckningar under hela studiebesöket. Kandidatgruppen fick även möjlighet att maila in kompletterande frågor. Dessa gick via handledaren Daniel Nåfors.

2.2 Förenklad systematisk lokalplanläggning

FSLP är en metod sammanfattad av Richard Muther och John D. Wheeler vilken är en förenkling av den fullständiga metoden Systematisk lokalplanläggning (SLP) av Richard Muther. FSLP är anpassad för mindre projekt med maximalt 20 funktioner exempelvis en del av en fabrik eller en mindre verksamhet.

Metoden är uppdelad i 6 olika steg vilka utförs i kronologisk ordning för att på ett systematiskt arbetssätt som möjligt fastställa en optimal lokalplanläggning av en yta utifrån fastställda krav på verksamheten (Muther & Wheeler, 1962). Nedan beskrivs först varje steg utifrån tillvägagångssättet enligt metoden FSLP. Sedan följer en kort sammanfattning om utförandet samt eventuella avvikelser som har gjorts utifrån det beskrivna tillvägagångssättet.

Steg 1 - Kartläggning av samband

Alla funktioner som ska innefattas på ytan listas och relationerna mellan dem fastställs i ett sambandsdiagram. Sambandsdiagrammet ger en bra överblick över samtliga funktioner och sambanden får med det både en konsekvens och en spårbarhet till senare i arbetet (Muther & Wheeler, 1962). Funktionernas relationer beskrivs med hjälp av bokstäver istället för med siffror och anledningen till relationen (orsakskoden) sammanfattas i en punktlista på sambandsdiagrammet. Bokstäverna används för att siffror kan ge sken av en mera precis uppskattning av verkligheten. Dessutom hjälper bokstäverna till att minska risken för förväxling av funktionernas numrering eller orsakskoderna (Muther & Wheeler, 1962). De bokstäver vilka används är: A (Absolut nödvändig), E (Extra inflytelserik), I (Inflytelserik), O (Ordinär närhet), U (Utan betydelse) och X (Ej önskvärd).

Till skillnad från metoden skapade varje enskild medlem i kandidatgruppen ett eget sambandsdiagram utifrån sina egna erfarenheter och kunskaper. Dessa låg sedan till grund för en jämförelse och diskussion vilket senare ledde till ett slutgiltigt sambandsdiagram. Detta arbetssätt ämnade försöka minska subjektiva åsikters påverkan samt att skapa ett underlag till att identifiera vilken typ av subjektiva åsikter som kan förekomma.

Steg 2 - Fastställning av funktionskrav

Samtliga funktioners olika funktionskrav sammanställs i ett diagram för utrymmeskrav och servicebehov. Syftet med denna sammanfattning av respektive funktions krav på lokalen är att tidigt i processen få en bild av vilka dominanta krav som kan komma att forma planlösningen. Om dessa upptäcks tidigt blir det lättare att undvika senare justeringar av lokalplanläggningen (Muther & Wheeler, 1962).

Kraven det rör sig om är bland annat de olika funktionernas enskilda arealer, behov av vatten och avlopp, el, med flera. De funktioner vars yta redan är fixerade i lokalen markeras med ett ytbehov på 0 m² och behovet av specifik utrustning markeras med bokstäverna A, E, I och O, likt steg 1. Om en funktion inte har ett specifikt behov av utrustningen skall det markeras det med ett streck (Muther & Wheeler, 1962).

Metoden belyser här hur viktigt det är med riktigheten hos insamlade data och hur väl den stämmer överens med verkligheten. Om insamlade data skulle innehålla brister leder detta till följdfe i samtliga fyra efterkommande steg och slutligen till en planläggning vilken inte går att applicera på den verkliga ytan. Det är därför av yttersta vikt att detta steg utförs med precision (Muther & Wheeler, 1962).

Detta steg utfördes helt i linje med vad metoden säger. Skillnaden är att gruppen valt att lägga till ett servicebehov; Ethernetuppkoppling. Den data som användes samlades in hos GKN Aerospace och har antagits vara korrekt.

Steg 3 - Skissning av funktionernas samband

I steg 3 skall sambandsdiagrammet från steg 1 översättas till skissform genom att funktionernas samband realiserar med olika streck. Först ritas alla A- och E-samband ut på ett papper med hjälp av att sammanbinda funktionernas nummer med fyra respektive tre streck. Då dessa är de viktigaste sambanden bör deras närhet säkras först (Muther & Wheeler, 1962). Efter det omarbetas skissen mot en optimal placering genom att minimera funktionernas avstånd till varandra. Den optimerade skissen kompletteras sedan med samtliga I-samband vilka ritas med två streck och ytterligare en optimering sker. Denna skiss kompletteras ytterligare en gång genom insättning av O-samband, med ett streck, och X-samband, vilka visualiseras med vågiga streck. Om sambandsdiagrammet skulle innehålla många icke önskvärda närheter (X-samband) bör dessa införas tidigare i processen exempelvis tillsammans med E-sambanden (Muther & Wheeler, 1962).

Då skissen innehåller alla samband från steg 1 bör den omarbetas ett flertal gånger för att på så vis skapa ett arrangemang som är realiserbart och användbart. När optimering är färdig markeras det fastställda ytbehovet från steg 2 för respektive funktion bredvid dess siffra på skissen. Detta görs för att underlätta arbetet i steg 4 då alternativa huvudplaner ska ritas. Eftersom steg 3 fungerar som bas för övriga steg bör det utföras med omsorg och tanke eftersom fel i detta steg kommer att synas i det slutgiltiga förslaget för lokalplanläggningen (Muther & Wheeler, 1962).

Likt steg 1 skapade även i detta steg varje gruppmedlem en individuell skiss. Dessa låg sedan till grund för den diskussion vilken ledde till den slutgiltiga skissen. För att skapa bättre skisser gjordes dessa i programmet Microsoft Powerpoint istället för med papper och penna vilket metoden förespråkar. Powerpoint antogs vara ett vedertaget program att det kunde ersätta skissningen för hand. Programmet är däremot inte optimalt för just detta ändamål vilket gav möjlighet att göra en komplettering med ett virtuellt verktyg.

Steg 4 - Ritande av alternativa huvudplaner

Enligt FSLP antas steg 3 generera det ideala arrangemanget vilket nu utnyttjas i steg 4 för att konstruera olika alternativa huvudplaner. Till grunden skall det i steg 4 skissas olika lösningar till en planläggning på en befintlig skalenlig ritning över lokalen genom att placera skissen från steg 3 på den befintliga ytan. Den första planläggningen som skapas är genom att endast utgå från steg 3, denna benämns huvudplanen. När huvudplanen är gjord försöks den realiseras med minsta möjliga avvikelser och sedan placera in de sista avgörande detaljerna (Muther & Wheeler, 1962). Med realisera menas att skapa alternativa huvudplaner vilka går att applicera i verkligheten då huvudplanen inte tar hänsyn till existerande begränsningar från steg 2. Utifrån huvudplanen skapas därför alternativa huvudplaner med avseende på den data som fastställdes i steg 2 och med målet att göra minimala ändringar i huvudplanen. Enligt Muther och Wheeler (1962) bör minst 3 eller 4 planer konstrueras innan man går vidare till steg 5 för att säkerställa att man inte går miste om den bästa layouten.

Likt steg 3 valde gruppen en digital metod för att spara tid genom att slippa rita samtliga planläggningar för hand. Detta gjordes genom att en skalenlig ritning över lokalen skrevs ut tillsammans med skalenliga maskiner och de övriga funktionerna. Dessa klipptes ut och arrangerades om på ritningen för att generera olika förslag på planlösningar. Planlösningarna fotades och sparades sedan i digitalt format för att på så vis kunna använda sig av samma utklippta material ett flertal gånger. Metodens centrala delar i detta steg bevarades men tillvägagångssättet ändrades för att spara tid.

Steg 5 - Värdering av de olika alternativen

I steg 5 ska det beslutas vilken av de olika alternativen från steg 4 som bör utformas i detalj inför steg 6. Detta beslut grundar sig i att samtliga alternativ analyseras efter uppsatta viktade värderingsfaktorer vilka bestäms av gruppen själva. Dessa sammanställs med hjälp av ett värderingsschema för att lättare få en överblick över processen. Utifrån de uppsatta värderingsfaktorerna beslutas hur väl de olika planläggningarna uppfyller dem genom en bokstav, se Tabell 1. Denna bokstav representerar i sin tur en siffra vilken multipliceras med viktningen hos värderingsfaktorn. Den sammanställda summan för varje planläggning utgör dess individuella Mutherpoäng. Planläggningen som får högst Mutherpoäng går vidare till steg 6 (Muther & Wheeler, 1962).

Tabell 1 - Uppfyllnadsgrad.

Uppfyllnadsgrad	Bokstav	Viktning
Absolut perfekt	A	4
Effektiv lösning	E	3
Intressant lösning	I	2
Ordinär lösning	O	1
Utan betydelse	U	0
Ej önskvärd	X	-1

Denna värderingsrutin förhindrar att viktiga faktorer glöms då den ger utrymme till ett stort antal värderingsfaktorer om så önskas. I detta steg går det att med fördel koppla in olika personer med olika kunskap och bakgrund för att delta i besluten (Muther & Wheeler, 1962). De värderingsfaktorer som användes var:

- Positionering (avstånd)
- Platseffektivitet
- Plats för placering av gods
- Luftig layout
- Plats kring maskinerna
- Produktionsflöde med visuell närhet
- Snabbt verifiera processen
- Flexibilitet (hållbar i framtiden)
- Mjuka aspekter

Då steg 5 inte har ett direkt uttalat tillvägagångssätt, valdes det att huvudplanerna värderades relativt till varandra. Det vill säga att planläggningarna värderades hur bra de uppfyllde värderingsfaktorerna relativt varandra och de som uppfyllde dem bäst tilldelades ett A och de övriga sjunkande värdering.

Det valdes även att utföras beräkningar för att fastställa hur väl en alternativ huvudplan uppfyllde värderingsfaktorn avseende positionering. Tilldelningen av bokstäver på denna värderingsfaktor gjordes efter att funktionernas avstånd till varandra hade beräknats för respektive huvudplan. Beräkningarna utfördes genom att samtliga planläggningar skrevs ut i samma skala och alla relationer från steg 1 ritades ut på ritningarna i form av streck mellan funktionerna i olika färger, se Tabell 2. Därefter mättes alla relationers streck och dess avstånd på ritningen i centimeter multiplicerades med den givna viktningen i Tabell 2 och resultatet utgjordes av avståndspoäng. Proceduren upprepades för alla streck på samtliga alternativa huvudplaner. Efter summering av varje planläggnings avståndspoäng kunde det fastställas att de planläggningarna med lägst poäng fick ett A på värderingsfaktorn om positionering medan de andra fick en sjunkande värdering.

Tabell 2 – Avståndssamband

Samband	Viktning	Färg
A	100	Röd/Rosa
E	50	Lila
I	20	Grön
O	5	Blå

Utöver de avvikelser ovan, värderades de alternativa huvudplanerna i enlighet med metoden och den med högst Mutherpoäng valdes som den slutgiltiga planläggningen att detaljutföra.

Steg 6 - Detaljutformning av den valda planlösningen

Den planlösning med högst Mutherpoäng från steg 5 valdes som den slutgiltiga planläggningen att detaljutforma i steg 6. Exempel på information vilken bör markeras på detaljplanen är arbetsplatser, bord, containrar, byggnadstekniska kännetecken samt gångstråk och säkerhetsutrustning, till exempel nödutgångar, brandsläckare och ögonduschar. Den slutgiltiga ritningen skall vara tillräckligt innehållsrik att den ska räcka för att kunna placera och installera alla funktioner på ytan. Det är ett färdigt förslag vilken ska kunna lämnas över till en arkitekt eller entreprenör (Muther & Wheeler, 1962). På grund av detta är det av yttersta vikt att ingen tänkbar information utesluts i detta steg eftersom detaljplanen utgör en förteckning över allt som har överenskommit under de tidigare fem stegen. Som nämnt tidigare bestäms denna detaljplans riktighet utifrån kvaliteten på ingående data och noggrannheten i utförandet av de tidigare stegen.

Metoden förespråkar här en väldigt hög detaljriktighet vilket projektet inte har innefattat då GKN Aerospace inte har efterfrågat det i det tänkta resultatet. Den vinnande planläggningen från steg 5 konstruerades därför likt steg 3 och 4 genom att använda sig av en utskriven skalenlig ritning med skalenliga maskiner och funktioner för att fastställa den slutgiltiga planläggningen. Små ändringar gjordes här för att stärka de brister vilka uppmärksammades i steg 5. För att spara detaljplanen i digitalt format fotades den likt de alternativa huvudplanerna i steg 4.

2.3 Analys av subjektiv påverkan

För att ta fram en metod för att analysera subjektivitet i FSLP rådfrågades Lars-Ola Bligård. Han är forskare på avdelningen Design & Human factors på Chalmers institution för Produkt- och produktionsutveckling och föreläser bland annat om forskningsmetodik. Konsultationen med Lars-Ola Bligård bidrog till den valda metoden som har använts för att analysera graden objektivitet hos FSLP. För att analysera just subjektivitetens påverkan på resultatet av FSLP identifierades först de aktiva valen som tagits i de olika stegen i kandidatgruppens utförda FSLP. Dessa punkter användes sedan som grund när en jämförelse gjordes mellan projektgruppens och systergruppens utförande av FSLP. Jämförelsen fokuserade på var i de olika stegen det fanns skillnader, hur de hade uppkommit och hur de påverkade de följande stegen. Det är dock viktigt att anmärka att vid analysen av de olika stegen gjordes antagandet att föregående steg är objektivt och korrekt utfört med sanningsenliga data.

2.4 Sökning av virtuella verktyg

För att etablera vilka lösningar som redan finns på marknaden utfördes en sökning och efterforskning. Sökmotorn Google användes med nyckelorden *Production*, *Planning*, *Layout*, och *Software*, men variationer användes för att förfina sökningen. Alla sökorden noterades i ett dokument där funna program samlats, se bilaga A. Dessutom noterades det vilka steg i FSLP de funna verktygen kan appliceras på. För en utförligare beskrivning av vad sökning resulterade i hänvisas läsaren till avsnitt 3.4.

Utöver en sökning på internet, ställdes frågor till studenter från Chalmers tekniska högskolas mastersprogram Production Engineering angående vilka verktyg de använder i sina kurser. Då dessa program är valda för att ge en bred grund i utbildningen inför arbetslivet, kan det vara en bra indikation på vilka verktyg/verktygstyper som används professionellt. Kravet för att verktyget skulle undersökas närmare och utvärderas var att verktyget ansågs relevant och applicerbart på projektet.

2.5 Sällning av virtuella verktyg

För att jämföra och sälla de olika virtuella verktygen som letats upp genom litteraturstudien användes en Kesselringmatris (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2004). Kesselringmatrisen tillåter rangordning av olika alternativ med hjälp av viktade kriterier. Kriterierna viktades från 1 till 5 efter hur viktigt det är att de uppfylls, där 5 det är kriterium med högst krav på uppfyllnad och 1 är motsatsen. Varje alternativ utvärderades utifrån hur väl de uppfyllde ett kriterium genom att de tilldelades en siffra från -2 till 2, där 2 innebär bäst uppfyllnad. Viktigt att påpeka är att kriterierna utfördes utifrån projektgruppens perspektiv, inte utifrån ett företags. Detta innebär till exempel att kostnader, systemkrav och liknande, som inte är stora problem för ett företag kan vara starkt begränsande när programmen skall användas inom projektets tids- och kostnadsramar. De kriterier som användes var:

- Kompletterar FSLP väl
- Låg kostnad
- Kort inlärningsstid
- Tydlig visualisering
- Relevant visualisering
- Användarvänlig
- Låga systemkrav på arbetsdator

Utifrån Kesselringmatrisen valdes alla alternativ bort som fått under en viss poänggräns, i detta fall 30 poäng. Återstående alternativ utvärderades med avseende på vilket steg i FSLP de kompletterar och hur väl de gör det då några av verktygen har jämna poäng.

Då en del av de virtuella verktygen genererar liknande visualiseringar alternativt uppfyller samma funktion kommer inte Kesselringmatrisens resultat att bli absolut. Det är inte nödvändigt att komplettera FSLP på flera liknande sätt. Det gjordes därför också en gallring av Kesselringmatrisens resultat för att fastställa de slutgiltiga virtuella verktygen. Däremot användes Kesselringmatrisens värdering för att hjälpa till i valet mellan två verktyg som uppfyller en liknande funktion i FSLP.

2.6 Komplettering med virtuella verktyg

Vid kompletteringen med virtuella verktyg är målet dels att minska antalet aktiva val som användaren tar alternativt att förenkla den beslutsfattande processen. Dels är syftet också att skapa en tydligare visualisering av FSLP för att bättre kunna fatta beslut då människan ibland kan ha en dålig förmåga att se ett helhetsperspektiv av en process. Detta uppnåddes genom att komplettera metoden med nedanstående virtuella verktyg vilka har valts genom en utsällning. Som nämnt presenteras ytterligare information om alla de funna verktygen i avsnitt 3.4.

Layout Tool 3D Silver

Det första som gjordes i LT3DS var att definiera ytan som skulle lokalplanläggas utifrån den givna verkstadslokalen. Här definierades ytan bara som en rektangel. Ytor som ej kunde utnyttjas definierades som "obstacles" i programmet, även dessa som rektanglar. Därefter skapades alla funktioner och ytan som funktionerna krävde angavs i programmet. Vid provkörning av programmet valde gruppen att endast använda en GROB-maskin av de totalt åtta GROB-maskinerna som egentligen ska placeras ut. Detta på grund av instabilitetsproblem i programmet som kom med många inlagda funktioner. De funktioner som lades in var en GROB-maskin, lastzon in och ut, tvätt, gradstation, mätstation och slutkontroll. Därefter lades arbetsgången och materialflödet in i programmet. Det listades alltså i vilken ordning och ungefär hur länge materialet bearbetades på de olika stationerna, därefter listades den önskade närheten mellan

funktionerna. När detta var gjort startades programmets optimeringsfunktion och framräknad placering presenterades visuellt.

Flow Planner

Då Flow Planner är ett tilläggsprogram till AutoCAD krävdes det först att en av de alternativa huvudplanerna ritades upp i AutoCAD. Med ritningen färdigställd fördes alla önskade samt oönskade närheter från sambandsdiagrammet i steg 1 in i Flow Planner. När Flow Planner fått alla närheter inlagda läste programmet automatiskt in texter från ritningen och kunde därför läsa ut maskinernas placering. Notera att närheten U bortsågs från för dessa relationer då den inte bidrar med några Mutherpoäng. Mindre justeringar med färger på de olika typerna av närheter utfördes samt hur de värderats mot varandra. Efter det räknade Flow Planner fram den totala Mutherpoängen. Programmet ritade också ut de olika närheterna på ritningen med hjälp av streck i olika färger. Endast en planläggning utvärderades då målet var att utvärdera programmet i sin helhet snarare än att utvärdera och jämföra de olika planläggningarna.

SmartDraw - Facility Planning Software

En cirkel infogades för varje funktion från steg 1 samt numrerades därefter. Efter detta infogades ett streck per relation med olika tjocklekar (A-tjockast, O-tunnast, X-streckad) och olika färger (A-röd, E-grön, I-blå, O-gul, X-svart) för att kunna generera en tydligare skiss. När alla funktioner och relationer var skapade kopplades de ihop enligt prioriteringsordningen från FSLP. Först valdes samtliga A- och E-relationer, detta gjordes genom att dra ändarna på ett streck (relation) till valda numrerade cirkels (funktioners) centrum. Dessa blev då sammankopplade till den grad att cirkelarna kan flyttas obehindrat och relationerna förblir ihopkopplade med respektive funktion. På liknande sätt sammanfogades de återstående relationerna utifrån tidigare nämnd prioritering. Detta skapade utrymme för att kunna omstrukturera skissen efter varje tillagt relation vilket metoden förespråkar. När alla relationer var kopplade till sina funktioner kunde skissen enkelt omstruktureras till en optimerad skiss, helt i enlighet med vad FSLP beskriver.

Punktmoln, AutoCAD och Navisworks

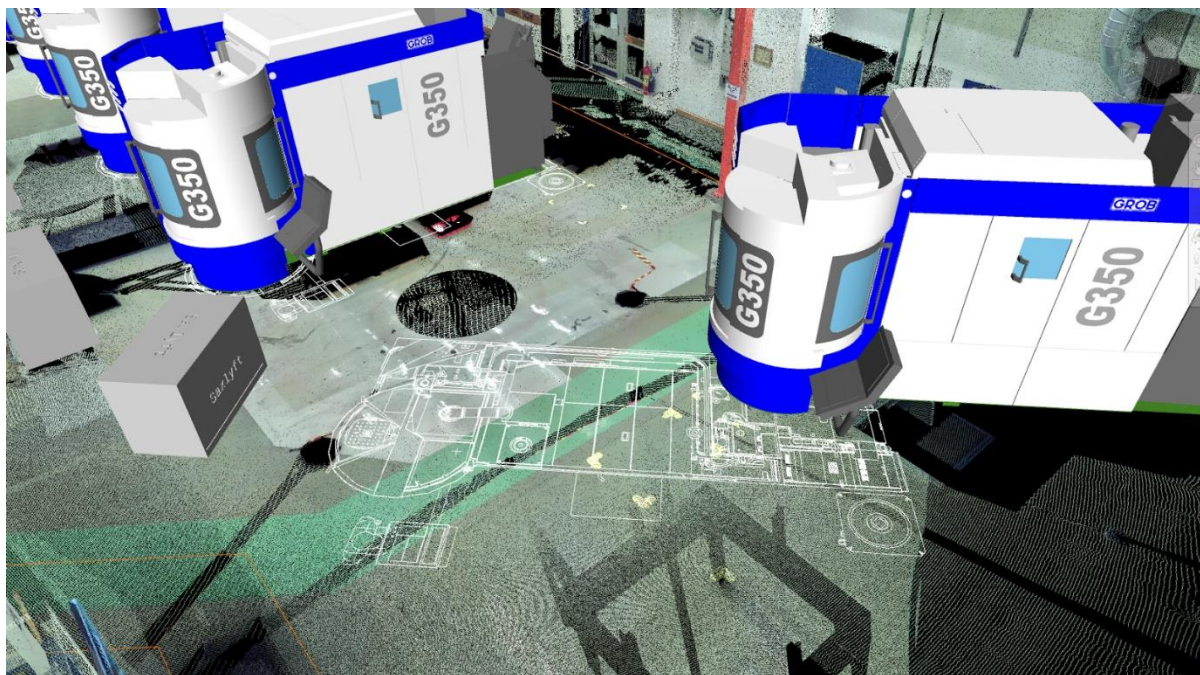
Eftersom AutoCAD är ett program med många olika tillämpningsområden har det använts till att förenkla olika delar i FSLP. Även om AutoCAD inte påverkar beslutstagandet direkt, kan det förenkla beslutstagandet genom att skapa tydliga visualiseringar. Nedan beskrivs utförandet av dessa delar var för sig.

Med hjälp av AutoCAD jämfördes ritningarna på verkstadslokalen med punktmolnet som genererats med hjälp av laserskanningen. Detta gjordes genom att först öppna upp ritningen i AutoCAD och därefter importera punktmolnet. Genom att lägga punktmolnet över ritningen skapades en visuell bekräftelse om ritningen stämde överens med verkligheten eller inte. Denna information är värdefull för att förenkla och minimera felkällor i FSLP.

Det gjordes även en ny ritning utifrån punktmolnet genom att dra linjer mellan punkter i molnet. Detta kan vara användbart om ritningar inte finns att tillgå över en yta eller om befintlig ritning inte stämmer överens med verkligheten. Därefter lades den nya ritningen över ritningen som erhöles från GKN Aerospace för att se skillnader. Även detta gjordes med hjälp av AutoCAD.

För att få en bättre överblick av den slutliga detaljplanen modellerades den upp med hjälp av Navisworks. Meningen var att använda AutoCAD för att göra detta, men programmet klarade inte av det. Vid närmare efterforskning fann gruppen att Autodesk, företaget som utvecklat AutoCAD, har en annan programvara vid namn Navisworks som är mer inriktad på att visualisera olika modeller ihop med punktmoln. I Navisworks startades ett projekt där punktmolnet, planlösningens ritningen och modeller över maskiner såväl

som arbetsstationer importerades. För att lättare kunna placera ut maskinerna lades planlösningsritningen över golvet på punktmolnet, exempel på hur detta kan gå till visas i Figur 3. Detta användes för att skapa en visuell representation i 3D av den slutgiltiga detaljritningen i steg 6.



Figur 3- Exempel på hur punktmolnet från laserskanningen kan kompletteras med en 2D-ritning av en GROB-maskin för att enklare kunna placera ut Computer Aided Design-modeller (CAD-modeller).

3. Resultat

Detta avsnitt kommer redovisa de direkta resultat som fastställts i de olika delarna av projektet. Resultatdelen har valts att hållas konkret för att lämna analys och diskussion till avsnitt 4. Vissa nödvändiga kommentarer för förståelse av resultaten innefattas dock i detta avsnitt.

3.1 Datainsamling

Den data som samlades in på GKN Aerospace sammanställs i Tabell 3. I vänstra kolumnen i Tabell 3 presenteras de frågor som ställdes till företaget och till höger svaret. Formuläret skickades till GKN Aerospace innan mötet för att de skulle ha gott om tid att förbereda sig. De frågor som är gråmarkerade är frågor som uppkom under mötet och fanns alltså inte med på den inskickade listan. Tabell 3, den erhållna 2D-ritningen av verkstadslokalen och samtliga punktmoln utgör all data som har legat till grund för metoden FSLP. All data har dock inte använts.

Tabell 3 - Sammanställning över all data insamlad vid GKN Aerospace. De grå frågorna uppkom under mötet medan de vita var inskickade till GKN Aerospace i förtid.

Maskinrelaterat	
Kommer någon maskin att vara i behov av vatten och avlopp?	Ja, fast slutet vattensystem vilket betyder inget avlopp.
Kommer någon maskin att vara i behov av ånga?	Nej.
Kommer någon maskin att vara i behov av tryckluft?	Ja.
Kommer det finnas någon funktion på ytan med brand och/eller explosionsrisk?	Maskiner med ström, oljor och värmebildning innebär en brandrisk. Dock ingen explosionsrisk.
Var på ytan finns tillgång till speciell ventilation?	Överallt, ventilation kommer dras dit det behövs.
Vad har maskinerna för elförbrukning?	<i>Ingen information.</i>
Var på ytan finns tillgång till speciell elförsörjning?	Dras efter behov.
Vad har lokalen för mått? (2D ritning)	Erhållit CAD-ritning av Daniel Nåfors.
Vilken är respektive maskins ljudnivå?	Ingen konkret ljudnivå gavs, men hörselkåpor krävs vid bearbetning med keramiska skär.
Begränsas någon maskin av en specifik takhöjd?	Nej.
Är någon maskin i behov av en specifik takbelastning?	Nej.
Är någon maskin i behov av specifik	Ja, fundament kommer gjutas där maskiner

golvbelastning?	placeras.
Vad heter maskinerna som ska användas?	Endast en modell, GROB 350 (generation 2).
Hur ser spånhanteringen ut?	Varje maskin har en egen liten container som beställs tömning för vid behov.
Var sitter containern?	På baksidan av maskinen.
Finns det något minimalt avstånd som får vara mellan maskinerna?	1,2 meter runt hela maskinen, med undantag för eventuella luckor där det krävs mer, samt extra utrymme för att kunna tömma containern.
Personal	
Finns någon önskad närhet av funktioner samt mätbarhet på dessa? (ex. svarv minst 10m från fikarum p.g.a. bullernivå)	Nej.
Hur många anställda kommer att befinna sig på ytan?	Fyra till fem anställda, plus en kontrollant.
Hur ser personalplaceringen ut? (ex. person 1 arbetar med maskin 1 och kontrolllytan)	En anställd per två maskiner, vilket innefattar allt utom slutkontroll för detaljerna producerade från maskinerna.
Produktion	
Hur ska materialflödet se ut? (maskin 1 → maskin 2 → ... → maskin n)	Detaljerna bearbetas klart i en och samma maskin, däremot sett i ett större perspektiv ser produktflödet ut som följande: Inlastning → Startkontroll → Bearbetning av maskin → Gradning → Tvätt → Kontrollmätning → Slutkontroll → Nerpackning → Skickas iväg.
Vilken takttid är tänkt att maskinerna ska jobba efter? (efterfrågade produkter och tillgänglig arbetstid)	Ca 8 timmar per detalj indelat i hälften till varje sida.
Vad för MTBF och MTTR har samtliga maskiner?	Data finns inte. Dock är MTBF och MTTR inte signifikanta i det stora hela.
Vad har maskinerna för cykeltid?	8h.
Vad har maskinerna för omställningstider samt hur ofta utförs omställningar?	I förlängningen är tanken att maskinerna inte ställs om mer än max en gång i månaden, i nuläget sker det oftare på grund av brist på maskiner.
Vilken typ av el används? (vind, sol, vatten etc.)	<i>Ingen information.</i>
Vad är det för material och vikt på råmaterialet	3 till 5 kg råmaterial där ca 1,5 kg tas bort.

in per produkt?	
Ytspecifikationer	
Hur ser specifikation ang. gångvägar?	90 cm breda.
Var finns redan fixerad utrustning placerad? (ex. handfat, lyftverktyg, borr, etc.)	Endast traverser.
Behövs något extra utrymme för t.ex. resultattavlor?	Nej.
Hur många maskiner ska vara placerade på ytan?	8 st.
Behövs något lager/förråd/avlastningsyta?	Ja, avlastningsyta.
Ska några toaletter/omklädningsrum finnas på ytan?	Nej.
Ska något kontor eller pausrum finnas på ytan?	Nej.
Ska något kontrollrum/kvalitetskontroll finnas på ytan?	Ja, slutkontroll för produkterna är tänkt att göras på ytan.
Krävs det några lastutrymmen för material?	Lastzon in/ut behövs.
I vilken utsträckning behövs trucktrafik på ytan?	Ingen trucktrafik.
Vilka maskiner kräver någon form av utrustning? Palldragare, truck, travers, lyftverktyg, avfallshantering etc.	En container för spån per maskin. En palldragare per två maskiner. Ett saxbord per maskin.
Var finns utrymningsvägar i dagsläget?	I princip alla dörrar bort från lokalen. Ses enkelt i CAD-ritningen.
Var ligger i dagsläget redan existerande kontor/fikarum?	Kaffemaskin på andra sidan gångvägen, ca 3m från lokalen.
Vilken är respektive funktions ytbehov? (m x n m2)	Verktysbord: 3x1m 2st Start/Slutkontroll: 2x2m Datorstation: 1x1m Mätstation: 1,5x1,5m Tvättmaskin: 1,5x1,5m Palldragare: 0,5x2m, 4st Ställapparat: 3x1m Lastzon in/ut: 3x2m Gradstation: 3x2m Maskinerna finns i CAD
Vilken är lokalens maximala takbelastning?	Ej relevant då det inte sker någon takbelastning.
Finns det traverser och var är de placerade samt	Finns traverser över hela lokalen sedan tidigare,

dess maximala belastning?	dessa tar åtminstone 1 ton vilket är mycket mer än vad som behövs.
Vad är den maximala golvbelastningen i lokalen? (existerande fundament etc.)	Separat fundament gjuts nytt för varje maskin.
Hur ser golvets skick ut? (finns gropar, lutning, skarvar etc.)	Separat fundament gjuts nytt för varje maskin.
Finns några pelare i lokalen?	Se CAD-ritning.
Var på ytan finns tillgång till vatten och avlopp?	Vatten dras dit det behövs, avlopp behövs ej.
Var på ytan finns tillgång till ånga?	Behövs inte.
Var på ytan finns tillgång till tryckluft?	Dras dit det behövs.
Kommer någon maskin att vara i behov av speciell ventilation?	Ja alla, ventilation dras efter behov.
Kommer någon maskin att vara i behov av speciell elförsörjning?	<i>Ingen information.</i>
Om någon av ovan specificerade krav inte kan tillgodoses i dagsläget; Var på ytan finns i så fall möjlighet att införa det?	<i>Ingen information.</i>
Ska det finnas första hjälpen, brandsläckare, ögondusch på området?	Ja, se hänvisningar från Arbetsmiljöverket.
Övrigt	
Vad har GKN för fokusområden med sin produktion? (ex. social hållbarhet, ekonomi, ekologisk hållbarhet, antal produkter ut etc.)	Finns inget gemensamt utan svar varierar efter individ. Begrepp som säkerhet, producerbarhet, robust produktion samt återvinning nämns.

3.2 Förenklad systematisk lokalplanläggning

Resultaten från de olika stegen i kandidatgruppens utförda FSLP läggs fram i denna del och sorteras efter respektive steg. Notera att endast resultaten kommer framföras, inte resonemang, då dessa presenteras i diskussionen. Däremot kan vissa utstickande resultat eller resultat vilka direkt väcker frågor kommenteras kort för att skapa klarhet bland resultaten. Följande funktioner är de som har använts vid utförandet av FSLP:

- 8 stycken GROB-maskiner, benämnda maskin 1 till 8, med tillhörande kringutrustning
- Gradstation
- Tvättmaskin
- Mätmaskin
- Avställningsytor
- Datorstation
- Startkontroll inklusive uppackning
- Slutkontroll inklusive nedpackning
- Lastzon in
- Lastzon ut

Steg 1 - Kartlägga samband

I utförandet av det första steget i FSLP angavs relationerna mellan de olika funktionerna vilka sammanfattas i sambandsdiagrammet Figur 4. Vissa funktioner, till exempel tvättmaskinen, gradstationen, och mätstationen, borde ligga nära varandra för att ge goda möjligheter till ett effektivt materialflöde. Slutkontrollen och utlastningszonen borde placeras i närhet av varandra då båda funktionerna kan utföras på samma plats och de utförs i följd.

En sak som är viktig att notera är det inte finns några X-samband på denna yta, då de funktioner som bör placeras långt från vissa andra funktioner redan har placerats utanför den relevanta verkstadsytan.

Sambandsdiagram

Plant (Company) GKN Aerospace

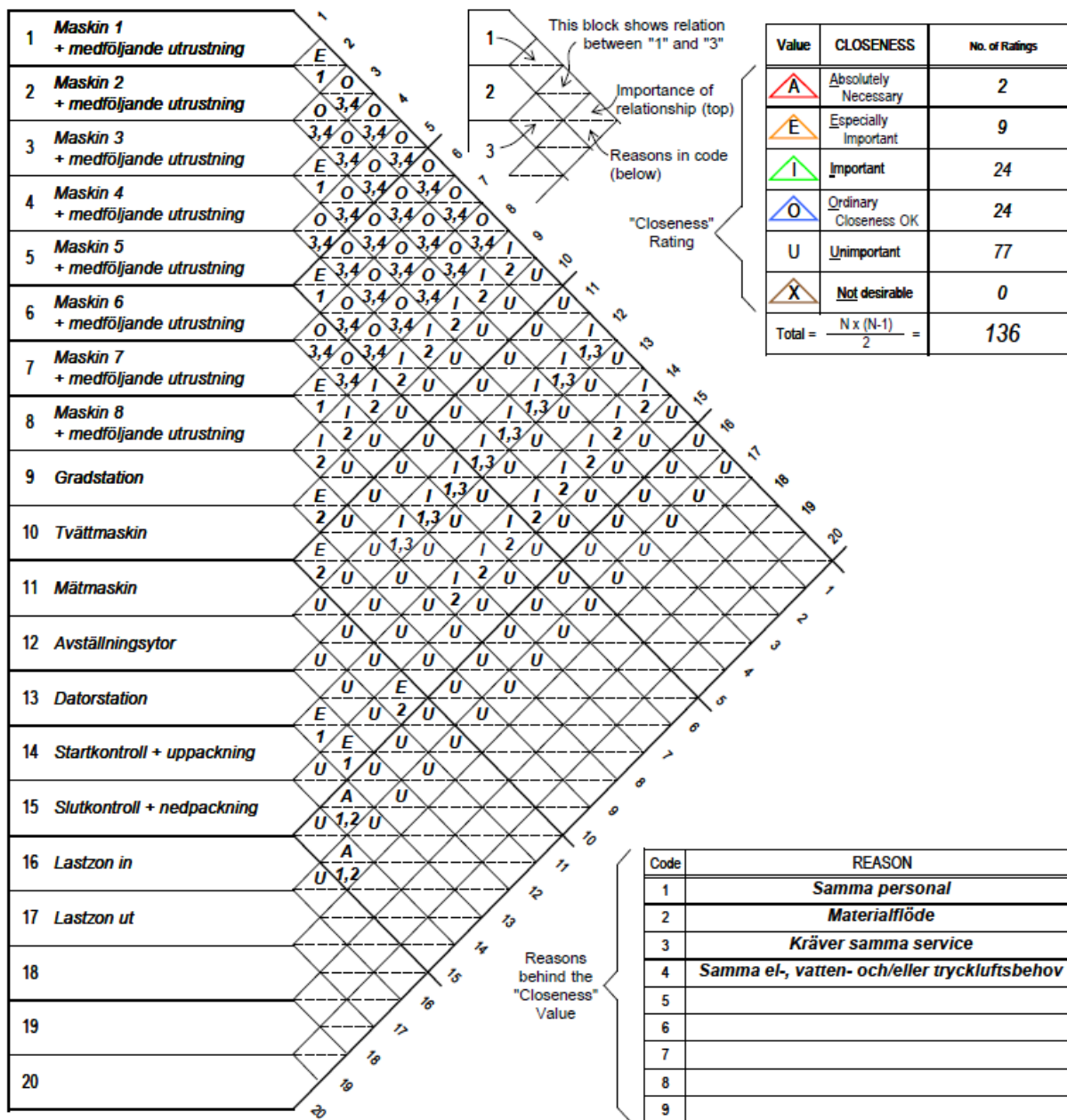
Project FPUX03-17-83-2

Charted by A. Palmqvist

With O. Palmqvist, V. Björk, J. Larsson

Date Mars 2017

Sheet 1 of 3



RICHARD MUTHER & ASSOCIATES - 130 www.RichardMuther.com

© COPYRIGHT 2010. May be reproduced for in-company use provided original source is not deleted.

Figur 4 - Sambandsdiagram vilket sammanfattar samtliga funktioner och dess relationer dem emellan, finns som helsida i bilaga B.

Steg 2 - Fastställa funktionskrav

Detta steg resulterade i en sammanställning och strukturering av utrymmes- och servicekrav på de 17 funktionerna från steg 1. Sammanställningen visas i ett diagram i Figur 5. En kommentar som är viktig att lyfta är att oavsett var i lokalen maskinerna kommer placeras har företaget möjlighet att bygga fundament där, eftersom nuvarande golv ändå måste gjutas om. Detta krav kommer därför inte att begränsa placeringen av maskinerna i någon omfattning. Det är däremot fortfarande ett krav som måste uppfyllas.

Utrymmeskrav och servicebehov

				Overhead Clearance	Max. Overhead Support Load	Max. Floor Loading	Min. Column Spacing	Water and Drains	Steam	Compressed Air	Foundations or Pits	Fire or Explosion Hazard	Special Ventilation	Special Electrification	External Connection	Plant	GKN Aerospace
																Project	PFUX03-17-83-2
																By	A.P. With O.P., V.B., J.L.
																Date	Mars 2017
																Requirements for Shape or Configuration of Area (Space)	
Nr.	Namn	Area [m ²]	Total: 222	Enter Unit and Required Amount under each				Relative Importance of Features								Enter Requirements for Shape or Configuration	
				m	ton	ton/m ²	m	A - Absolutely Necessary	E - Especially Important	I - Important	O - Ordinary Importance	- - Not Required					
1.	Maskin 1 + medföljande utrustning	3.5x6.2	21.7	Nuvarande takhöjd räcker	Redan existerande traverser är överdimensionerade	Fundament byggs oavsett placering av funktionerna	Pelare redan upplacerade i befintlig lokal	A	-	A	a)	-	A	A	A	Dessa form är beräknad som en rektangel för att förenkla matrixberäkningarna	
2.	Maskin 2 + medföljande utrustning	3.5x6.2	21.7					A	-	A	a)	-	A	A	A		
3.	Maskin 3 + medföljande utrustning	3.5x6.2	21.7					A	-	A	a)	-	A	A	A		
4.	Maskin 4 + medföljande utrustning	3.5x6.2	21.7					A	-	A	a)	-	A	A	A		
5.	Maskin 5 + medföljande utrustning	3.5x6.2	21.7					A	-	A	a)	-	A	A	A		
6.	Maskin 6 + medföljande utrustning	3.5x6.2	21.7					A	-	A	a)	-	A	A	A		
7.	Maskin 7 + medföljande utrustning	3.5x6.2	21.7					A	-	A	a)	-	A	A	A		
8.	Maskin 8 + medföljande utrustning	3.5x6.2	21.7					A	-	A	a)	-	A	A	A		
9.	Gradstation	3x1.5	4.5					-	-	E	-	-	E	-	-		
10.	Yvättmaskin	1.5x1.5	2.25					E	-	-	-	-	-	E	-		
11.	Mätmaskin	1.5x1.5	2.25					-	-	-	-	-	-	-	-		
12.	Avställningsytor	6x3	18	Pelare redan upplacerade i befintlig lokal	Redan existerande traverser är överdimensionerade	Fundament byggs oavsett placering av funktionerna	Pelare redan upplacerade i befintlig lokal	-	-	-	-	-	-	-	-	2x verktygställ (3x1), 4x palldragare (0.5x2), ställapparater (3x1)	
13.	Datorstation	1x1	1					-	-	-	-	-	-	-	A		
14.	Startkontroll	2x2	4					-	-	-	-	-	-	-	-		
15.	Slutkontroll	2x2	4					-	-	-	-	-	-	-	-		
16.	+ nedpackning	2x2	4					-	-	-	-	-	-	-	-		
17.	Lastzon in	3x2	6					-	-	-	-	-	-	-	-		
17.	Lastzon ut	3x2	6					-	-	-	-	-	-	-	-		

a) Förutsätter separat fundament

Sheet 2 of 3

© RICHARD MUTH & ASSOCIATES - 150

MAY BE REPRODUCED FOR IN-COMPANY USE PROVIDED ORIGINAL SOURCE IS NOT DELETED

a) Förutsätter separat fundament

Sheet 2 of 3

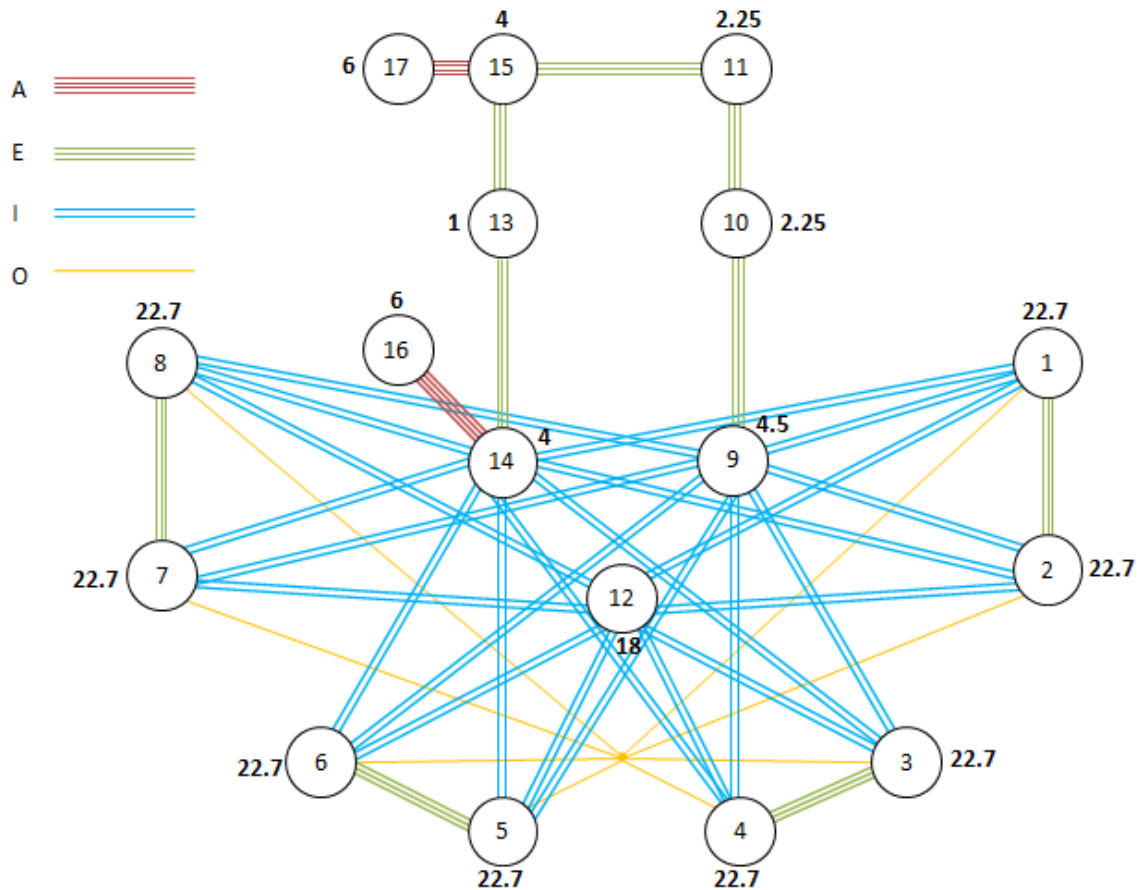
© RICHARD MÜTHER & ASSOCIATES - 150

MAY BE REPRODUCED FOR IN-COMPANY USE PROVIDED ORIGINAL SOURCE IS NOT DELETED

Figur 5 - Diagram över utrymmes- och servicekrav, finns som helsida i bilaga C.

Steg 3 - Skissa funktionernas samband

Resultatet från steg 3 i kandidatgruppens egna utförande FSLP presenteras i Figur 6 där samtliga 17 funktioner från steg 1 finns med. Skissen är något utdragen för att enklare kunna få en överblick av funktionernas relationer. Den optimerade skissen bygger på diskussion och likheter från de gjorda individuella skisserna. De individuella skisserna bygger på stegvis ritade skisser, vilket metoden förespråkar. Eftersom dessa visar på tankegången och inget faktiskt resultat återfinns de i bilaga D. För att underlätta den slutgiltiga skissens utseende har det valts att alla O-relationerna samlas ihop till en gemensam knutpunkt vilken ämnar illustrera att samtliga av de 8 funktionerna har en O-relation med varandra. Dock bör det noteras att vissa av de funktionerna 1 till 8 har en starkare relation till andra funktioner (E-relation).

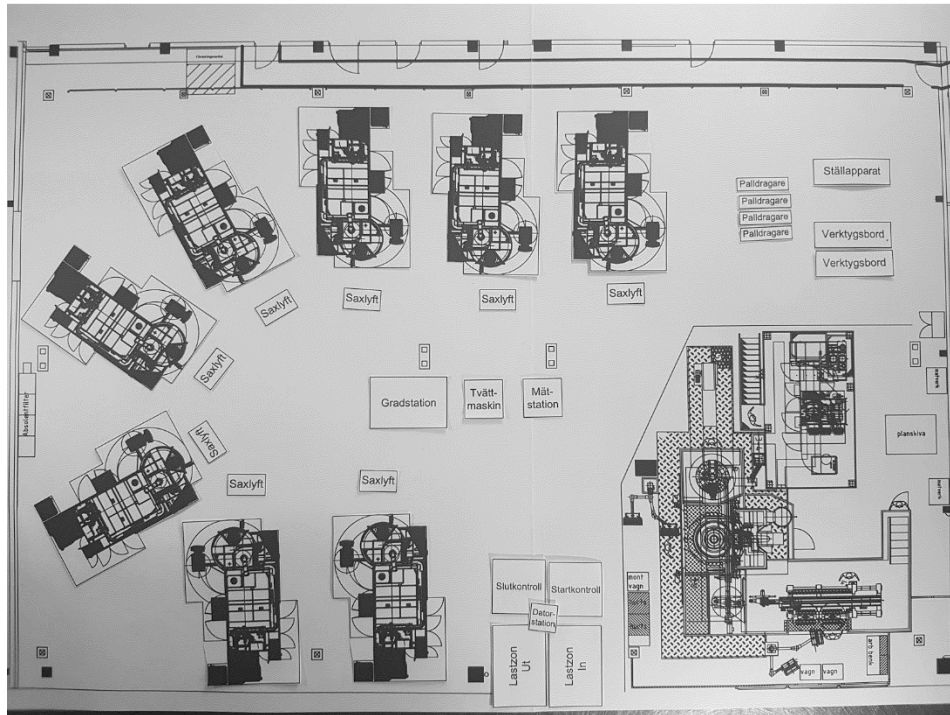


Figur 6 – Den slutgiltiga skissen av funktionernas placering samt areabehov är utskrivna för varje funktion. Funktion 1 till 8 påverkar alla varandra med en O-relation (undantag de funktionerna med E-relation. Dessa är sammanknutna med en gemensam knutpunkt för att förenkla skissen.

Steg 4 - Rita alternativa huvudplaner

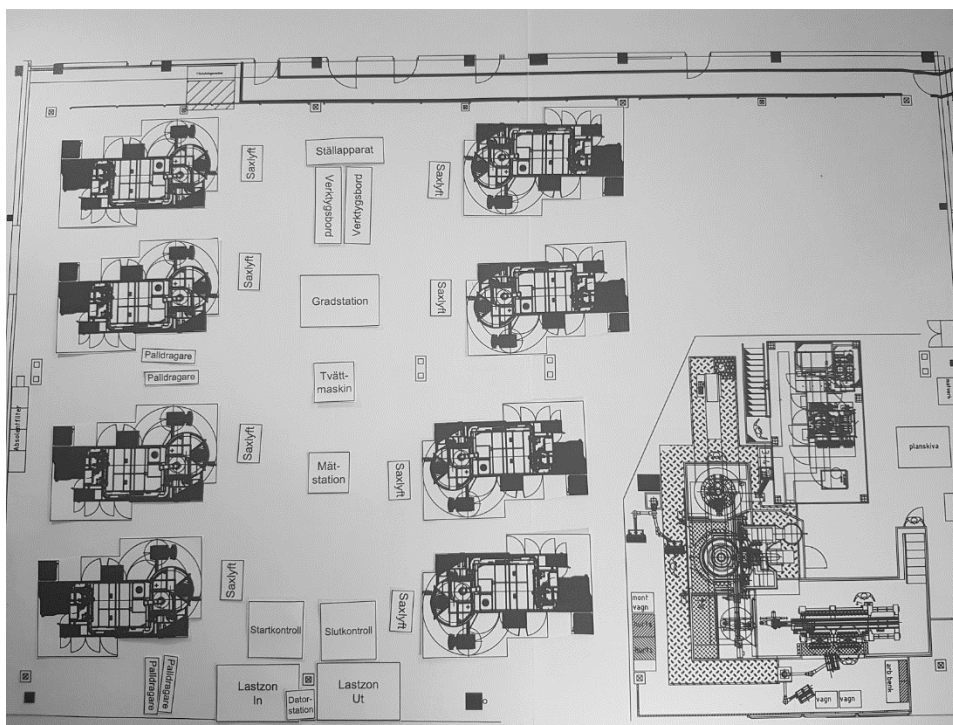
Efter den optimerade skissen i Figur 6 från steg 3 hade tagits fram skisserades alternativa huvudplaner upp. När dessa togs fram användes ett antal olika tankegångar som snabbt beskrivs här, men mer utförligt kommer utvecklas i diskussionsavsnittet.

Den första huvudplanen som togs fram, Juliette (Figur 7) var baserad direkt på den slutgiltiga skissen från steg 3. Den har en rund utformning i ena änden för att optimera avstånden mellan maskinerna till varandra och gradstationen. Viktigt att notera är att den inte helt följer skissen ur steg 3, då verkstadsytan inte tillåter detta.



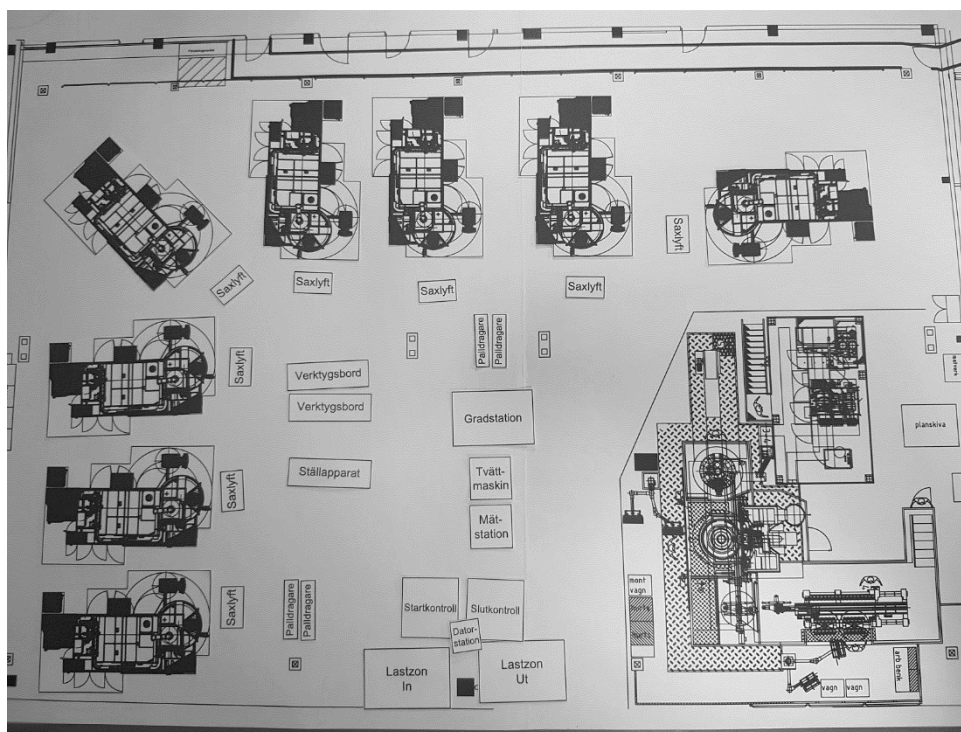
Figur 7 - Planläggningen Juliette.

Den andra huvudplanen, Lodet (Figur 8) utformades som en korridor, med två rader av maskiner på sidorna. Planen tillåter ytan ovanför den fasta Carnaghi-maskinen att vara fri, samt en god närhet mellan maskinerna och grädstationen.



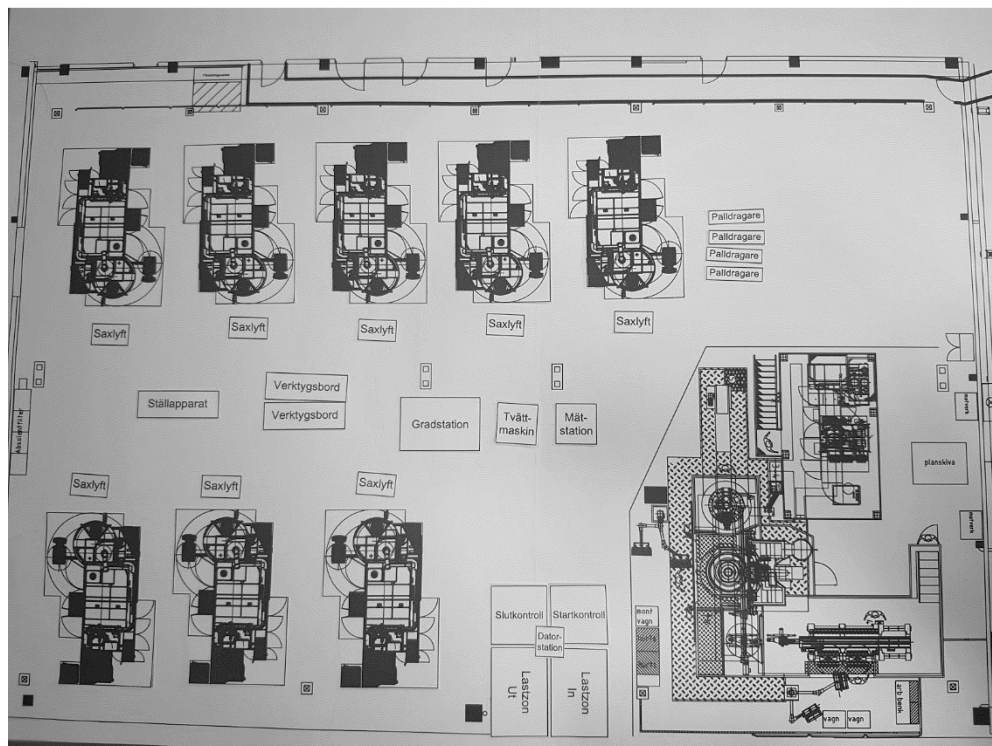
Figur 8 - Planläggningen Lodet.

Lima (Figur 9) är den tredje huvudplanen och utformades genom att utnyttja väggutrymmet så mycket som möjligt för att ge en stor öppen yta framför maskinerna. Detta gjordes genom att placera maskinerna som ett L.



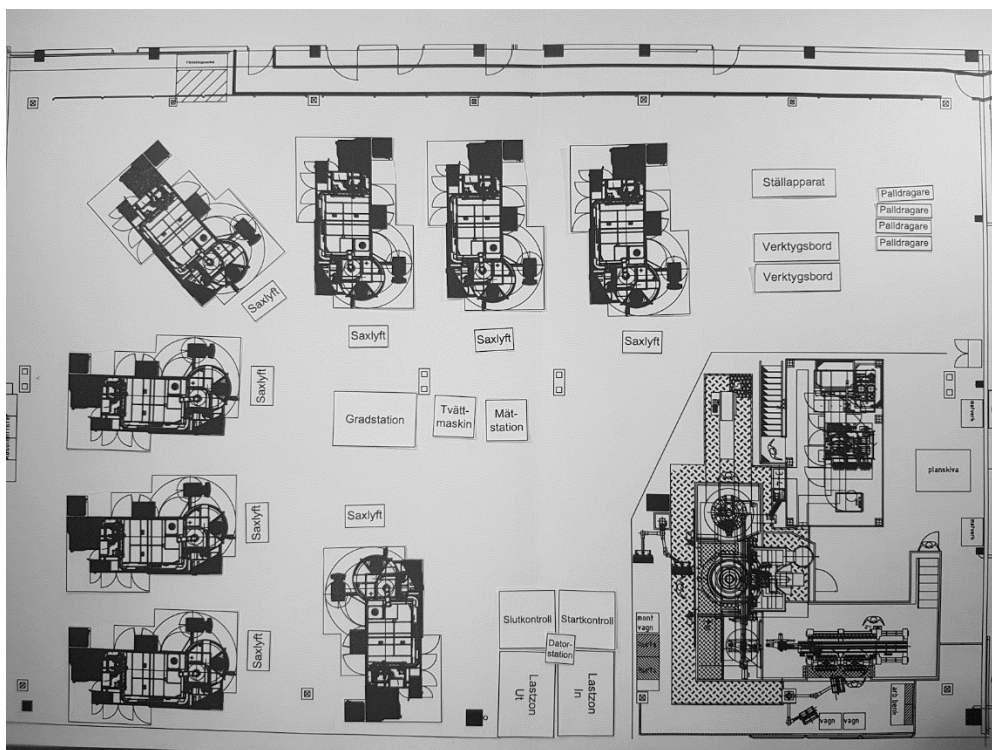
Figur 9 - Planläggningen Lima.

Den fjärde huvudplanen är Vågen (Figur 10). Denna huvudplan liknar Lodet i sin utformning, men skiljer sig då maskinerna placerats i två lodräta rader istället för två vågräta. I liknande stil blir det en stor öppen yta ovanför Carnaghi-maskinen, samt en korridor i mitten som tillåter placering av andra funktioner.



Figur 10 - Planläggningen Vågen.

Den femte och sista huvudplanen är Golf som syns i Figur 11, vilken liknar Lima. Dock skiljer de sig med att Golf har en öppen yta bredvid Carnaghi-maskinen genom att istället ha en maskin vid gången.



Figur 11 - Planläggningen Golf.

Steg 5 - Värdera de olika alternativen

Enligt beskriven metod blev de alternativa huvudplanerna poängsatta utifrån uppmätta avstånd mellan de olika funktionerna, dessa avstånd och poäng sammanfattas i bilaga E. Poängsättningen är relativ och har ingen direkt enhet utan har endast en betydelse när två olika huvudplaners poäng jämförs. I detta moment var det Lodet som fick lägst avståndspoäng, 6 550,5, och var därmed den bästa huvudplanen då målet är att få lägsta möjliga avståndspoäng. Juliette och Golf fick båda med marginal sämst poäng på 8 030,5 respektive 8 110.

De alternativa huvudplanerna poängsattes vilket sammanfattas i ett värderingsschema i Figur 12. Där fick Lima med marginal den högsta Mutherpoängen på 103. Resterande fyra huvudplaner ligger poängmässigt relativt jämt men ändå något efter Lima. Undantaget är Golf som har en lägre poäng. De alternativa huvudplanerna har styrkor inom olika områden där vissa är mer optimala ur ett produktflödesperspektiv medan andra är mer öppna och flexibla. En viktig anledning att Lima fick högst poäng var dess flexibilitet där det fanns möjlighet att placera ytterligare maskiner i lokalen och fortfarande få en lyckad planlösning utan att kompromissa med andra viktiga faktorer.

Plant GKN Aerospace
 Project PPUX03-17-83-2 Date Mars 2017

Description of Alternatives:
 Enter a brief phrase identifying each alternative.
 A. Juliette (Omvänt J-placerade)
 B. Lodet (Parallellplacerade lodrätt)
 C. Lima (L-placerade)
 D. Vågen (Parallellplacerade vågrätt)
 E. Golf (G-placerade)

Weights set by Group Tally by Group
 Ratings by Group Approved by Group

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

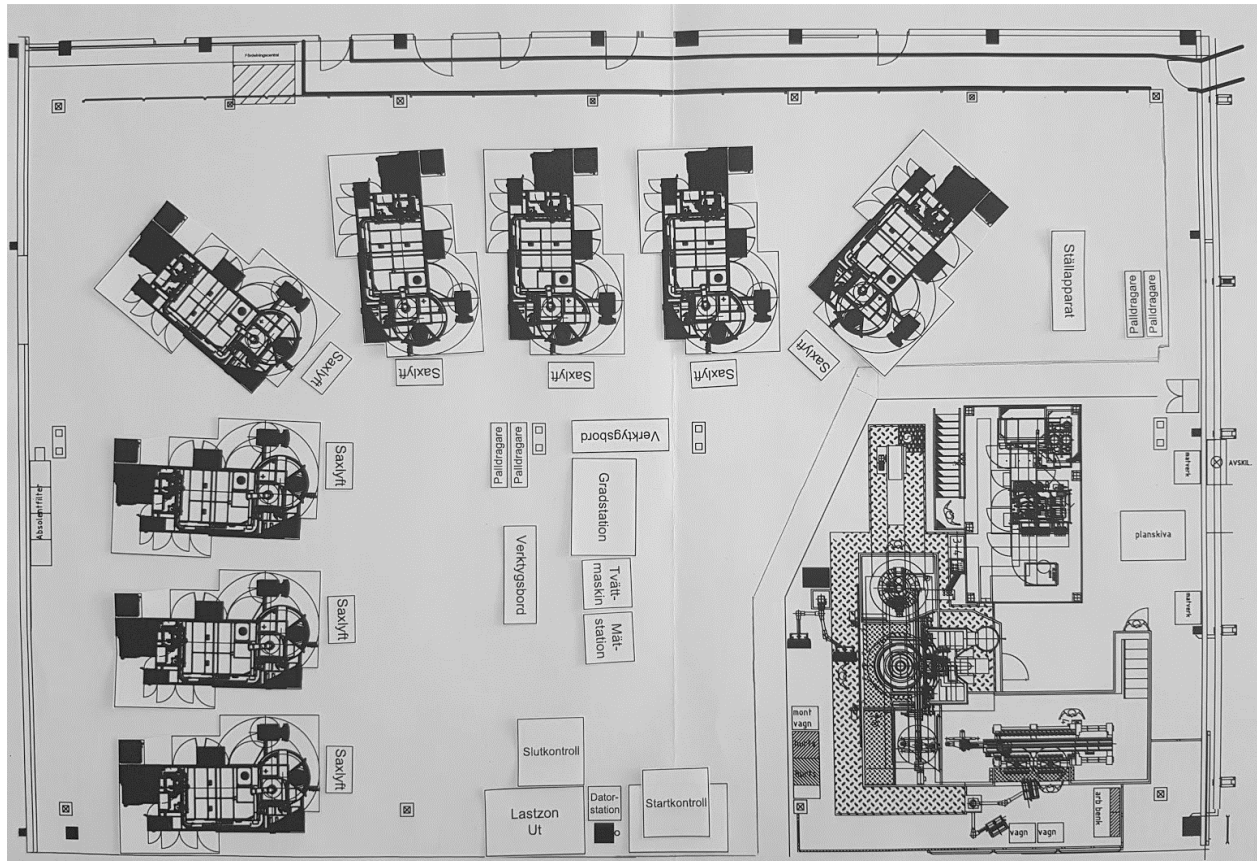
FACTOR / CONSIDERATION	WT.	ALTERNATIVE				
		A	B	C	D	E
1 Positionering (avstånd)	5	<u>I</u> 10	<u>A</u> 20	<u>E</u> 15	<u>A</u> 20	<u>I</u> 10
2 Platseffektivt	2	<u>O</u> 2	<u>A</u> 8	<u>E</u> 6	<u>A</u> 8	<u>E</u> 6
3 Plats för placering av gods	3	<u>E</u> 9	<u>E</u> 9	<u>I</u> 6	<u>A</u> 12	<u>E</u> 9
4 Luftig layout	1	<u>E</u> 3	<u>I</u> 2	<u>A</u> 4	<u>O</u> 1	<u>E</u> 3
5 Plats kring maskinerna	2	<u>A</u> 8	<u>I</u> 4	<u>E</u> 6	<u>I</u> 4	<u>E</u> 6
6 Produktionsflöde med visuell närhet	4	<u>A</u> 16	<u>E</u> 12	<u>A</u> 16	<u>E</u> 12	<u>I</u> 8
7 Snabbt verifiera processen	4	<u>A</u> 16	<u>A</u> 16	<u>A</u> 16	<u>A</u> 16	<u>A</u> 16
8 Flexibilitet (hållbar i framtiden)	5	<u>I</u> 10	<u>O</u> 5	<u>A</u> 20	<u>I</u> 10	<u>I</u> 10
9 Mjuka aspekter	5	<u>A</u> 20	<u>A</u> 20	<u>A</u> 20	<u>A</u> 20	<u>A</u> 20
Totals		92	88	103	95	82

Reference Notes:
 a. _____ d. _____
 b. _____ e. _____
 c. _____ f. _____

Figur 12 - Värderingsschema. Finns som helsida i bilaga F.

Steg 6 - Detaljutforma den valda planlösningen

Utifrån steg 5 kunde konstateras att Lima blev den planlösning med högst Mutherpoäng och därmed den plan som detaljutformats i steg 6. Alltså är den slutgiltiga planen gjord utifrån alternativ Lima med små förändringar. Bland annat flyttades den mest avlägsna maskinen närmare gradmaskinen samt att ställapparaten flyttats eftersom den används sällan. Den detaljutformade planritningen visas i Figur 13. Eftersom GKN Aerospace inte efterfrågar en mera detaljerad planlösning resulterar inte steg 6 i något mer än det som presenteras i Figur 13.



Figur 13 - Den valda planlösningen detaljutformad med några förändringar från steg 5.

3.3 Analys av subjektiv påverkan

Vid granskning av kandidatgruppens utförda FSLP samt systergruppens utförda FSLP togs nedanstående resultat fram. Resultat bygger på antagandet att föregående steg är objektivt utförda. På grund av variationer i indata skapas variation längs stegen i FSLP, vilket gör att ett likvärdigt resultat inte kan förväntas. Först beskrivs dessa skillnader i indata i punktform och sedan sammanställs de aktiva valen som gjorts i Tabell 4.

- *Antal funktioner* - De funktioner som presenterades för projektgruppen gentemot systergruppen skiljer sig märkbart, detta trots att båda grupperna samlade in data på samma företag vid samma tillfälle, dock genom att prata med olika personer. Skillnader som påvisades var att projektgruppen har inkluderat en gradstation, lastzoner för in och utflöde av material, en datorstation samt en start- och slutkontroll vilka systergruppen inte har med bland sina funktioner. Systergruppen har däremot med två stycken verktygsställ och kranar i sin FSLP. Projektgruppen valde istället att skapa funktionen "avställningsytor" vilken innehåller både verktygsställ, ställapparat samt palldragare.
- *Materialflöde* - Projektgruppen fick ett tydligt materialflöde angivet av GKN Aerospace. Flödet börjar med att artiklarna rör sig till GROB-maskinen, sedan till gradstationen, tvättmaskinen och sist mätstationen. Systergruppen fick annan information som säger att materialet flödar direkt från GROB-maskinerna till tvättmaskinen, för att sedan packas ner. Dessutom kontrolleras endast ett fåtal artiklar, och denna kontroll är inte del av det kritiska materialflödet. Deras resultat pekar på att produktion i batcher kan förekomma vilket inte förekommer i projektgruppens flöde.
- *Relationer mellan maskiner* - Information som påverkar närhetsrelationerna skiljer sig mellan grupperna. Projektgruppen fick information om att en operatör skulle ha ansvar över två GROB-maskiner vilket ledde till ett ökat närhetsbehov, något som systergruppen inte har tagit hänsyn till. Detta leder till att systergruppen har ett likvärdigt närhetsbehov mellan alla åtta GROB-maskiner.
- *Kranar och traverser* - Projektgruppens information tyder på att traverserna kan användas över hela verkstadsytan, och på detta sätt behöver inte ytan ha kranar. Detta skiljer sig från systergruppens information, som visar att alla GROB-maskiner måste ha direkt tillgång till kranar där två GROB-maskiner kan dela på en kran.
- *Placeringskrav på maskiner* - Projektets ramar tyder på att önskemål angående lokalplanläggningen kan inkluderas, men det är viktigare att en FSLP utförs oberoende av dessa om de styr placeringen av funktioner. Projektgruppen har därför utvärderat olika placeringsmöjligheter i steg 4 medan systergruppen endast har fokuserat på lösning där GROB-maskinerna är placerade på raka rader. Detta efter att deras kontaktperson på GKN Aerospace lagt detta som ett önskemål från företagets sida.

Tabell 4 - Sammanställning av de aktiva valen gjorda i kandidatgruppens och systergruppens FSLP.

Steg i FSLP:	Aktiva val gjorda av kandidatgruppen	Aktiva val gjorda av systergruppen
1	Orsaker 1. Samma personal 2. Materialflöde 3. Kräver samma service 4. Samma el-, vatten och/eller tryckluftsbehov Samband 59 st. betydande samband fördelade enligt: 2 st. A med orsak 1,2 9 st. E med orsak 1,2 24 st. I med orsak 1, 2, 3 24 st. O med orsak 3,4 Samband - Specifika: • Samma personal rangordnades som viktigare än service och el-, vatten- och/eller tryckluftsbehov	Orsaker 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 Samband 70 st. betydande samband fördelade enligt: 8 st. A med orsak 1 18 st. E med orsak 2, 4, 6 0 st. I 44 st. O med orsak 5, 7 (2, 4, 6) Samband - Specifika: • I och med att de valt att använda orsak 7 är det svårt att komma till grunden med värderingar
2	• Tillägg av servicebehov (Ethernet-uppkoppling) • Avställningsytans storlek • Närhetsbehov till specifik utrustningen	• Närhetsbehov till specifik utrustning
3	• Stegvis utplacering av sambanden • Skapandet av fyra individuella skisser	• Ingen optimering av skissen • Följa personalens önskemål
4	• Antalet skapade alternativa huvudplaner • Placering av funktioner	• Antalet skapade alternativa huvudplaner • Placering av funktioner
5	Värderingsfaktorer med viktning 1. Positionering (avstånd) - 5 2. Platseffektivitet - 2 3. Plats för placering av gods - 3 4. Luftig layout - 1 5. Plats kring maskinerna - 2 6. Produktionsflöde med visuell närhet - 4 7. Snabbt verifiera processen - 4 8. Flexibilitet (hållbar i framtiden) - 5 9. Mjuka aspekter - 5	Värderingsfaktorer med viktning 1. Flexibilitet - 10 2. Låg investeringskostnad - 8 3. Framkomlighet - 6 4. Arbetsmiljö - 8 5. Tillgänglighet för service - 7 • Gjorde inte en positioneringsanalys förrän det visade sig att deras tidigare värderingar var snarlik.
6	<i>Ej utfört i linje med metoden eftersom detta inte efterfrågades av GKN Aerospace</i>	<i>Ej utfört</i>

3.4 Sökning av virtuella verktyg

Nedanstående virtuella verktyg är de verktyg vilka hittades genom undersökningen. En kort beskrivning av vad samtliga program kan användas till samt vilket steg i metoden FSLP de är tänkta att komplettera är listat nedan. Resultatet av vilka sökord som använts och hemsidor verktygen går att hämta från finns sammanställt i bilaga A. Alla hittade verktyg används inte, utan ett urval har gjorts med en Kesselringmatris, se avsnitt 3.5 Sällning av virtuella verktyg.

Flow Planner

Flow Planner är ett program framtaget av företaget Proplanner och som används för lokalplanläggning såväl som flödesanalys på en fabrik. Med hjälp av AutoCAD kan en flödesanalys utföras på en existerande ritning, där Flow Planner tar fram flödesdiagram för produktionen samt beräknar avstånd, kostnad och tidsåtgång för materialhanteringen (Proplanner, 2017). Utöver flödesanalyser finns möjlighet att tillämpa FLSP där användaren fyller i de två första stegen; Kartläggning av samband och fastställning av funktionskrav. Med hjälp av denna information kan Flow Planner skriva ut ett sambandschema, men framför allt poängsätta en lokalplanläggning utifrån de kartlagda sambanden och funktionskraven (Proplanner, 2017). Detta förutsätter dock att en lokalplanläggning redan existerar.

Flow Planner innehåller inga direkta funktioner som inte kan göras för hand utan är ett verktyg för att snabbare kunna utvärdera olika förslag på lokalplanläggning samt på ett snyggt sätt visualisera olika layouts. Programmet är ämnat att kunna användas till steg 1,2 och 5 i metoden FSLP.

SmartDraw - Facility Planning Software

Programmet hjälper användaren att skissa upp bland annat planritningar över till exempel kontorslandskap men också att skapa olika typer av diagram för presentationer. Verktöget är inte skapat specifikt för just verkstadsplanering. SmartDraw betonar dock flexibilitet, och kan därför appliceras på en mängd olika ritningstyper (SmartDraw, 2017).

SmartDraw kan förenkla metoden genom att underlätta skissering av ritningar och omplaceringen av funktioner i skisserna. Likt Flow Planner, minskar inte Smart Draw antalet beslut som användaren tar, utan förenklar och effektiviserar den relativt långsamma processen i steg 3.

MEDUSA Plant Design Software

MEDUSA Plant Design Software (MPDS4) är framtaget av CAD Schroer och används till att visualisera fabrikslayouter i 2D och 3D. Med en stor databas innehållande olika produktionselement som rullband, robotar, väggar för celler med mera kan en fabrik snabbt och enkelt modelleras och därmed på ett enkelt sätt visualiseras och redovisas (CAD Schroer, 2017). De färdiga modellerna över standardelement i en fabrik kan enkelt skräddarsys för att bättre representera det verkliga elementet. Användaren kan utifrån en 2D ritning bygga upp en 3D modell av fabriken genom att bygga upp väggar, sätta ut maskiner med mera. Alternativt är det möjligt att från en färdig 3D modell skriva ut en 2D ritning över fabriken.

Detta program kan komplettera FSLP genom att kunna skapa både 2D- och 3D-modeller av alternativa planläggningar i steg 4 och den slutgiltiga detaljplanen i steg 6.

AviX Resource Balance

AviX Resource Balance används för att minimera förluster i produktionslinor genom att balansera flöden. I programmet finns möjlighet att bygga upp hela produktionslinor med mängder av olika typer av data för att sedan analysera flödet och enkelt kunna visualisera förluster mellan såväl arbetsstationer som montörer (AVIX, 2017).

Detta program hittades med hjälp av studenter från mastersprogrammet Production Engineering vid Chalmers tekniska högskola. AviX Resource Balance kan användas till att verifiera de olika alternativa huvudplanerna i steg 5 i FSLP.

3DCreate

3DCreate är ett datorprogram skapat av Visual Components där flera olika typer av simulering kan genomföras. Verktöget används främst till att visuellt bygga upp en produktionslinje för att kunna se och följa produktflödet (Visual Components, 2017). Om mer komplexa data anges kan programmet användas för att få fram statistik över bland annat energiförbrukning, koldioxidutsläpp, hur länge maskiner står still eller hur många produkter som kan tillverkas under en viss tid.

3DCreate kan komplettera steg 6 i FSLP genom att ge en tydligare överblick av den valda planläggningen. Här kan exakta mått på maskiner läggas in för att skapa en uppfattning om layoutens "luftighet", produktionsflödet flaskhalsar, och andra faktorer. Eventuellt skulle programmet också kunna användas till att rita upp de alternativa planläggningarna i steg 4 även om det troligtvis finns verktyg för detta som inte är lika omfattande och tidskrävande.

AutoMod

AutoMod är ett kraftigt verktyg vid simulering av produktionslinjer. Programmet tillåter en detaljerad översyn på ett produktionsflöde genom att mäta produktionsvolym, produktionsstopp, blockeringar och andra produktionsindex. Visuellt är det väldigt enkelt, men det tillåter mycket kontroll och hög hastighet i simuleringar eftersom programmet använder sig av "Discrete event simulation" (DES). Genom att använda AutoMod till steg 5 och 6 i FSLP kan olika huvudplaner verifieras samt utvärderas numeriskt.

Process Simulate

Process Simulate är ett verktyg som hjälper användaren med att optimera, pröva och verifiera ett produktionsflöde i en virtuell miljö. Verktöget är användbart vid ökad taktid inom produktion, då det är billigare att simulera det nya produktionsflödet än det är att göra fysiska ändringar (Siemens, 2017). Verktöget kan användas för att verifiera och utvärdera resultaten av en FSLP i steg 5 och 6.

Laserskanning

Laserskanning innebär att ett instrument sveper över ett rum med en laser som mäter avståndet till väggar och objekt i punkter. Instrumentet tar även en bild och matchar denna bild med de punkter som precis mätts upp och tilldelar varje punkt en RGB-färgkod. På så sätt kan ett rum av en stor mängd punkter målas upp. Fördelen med detta är att metoden har hög precision och visar hur det faktiskt ser ut i verkligheten. En laserskanner måste dock köpas in alternativt måste tjänsten hyras in av ett företag. I detta fall kommer projektgruppen inte att göra en egen laserskanning då en redan är utförd av Daniel Nåfors. Denna data har projektet att tillgå om så önskas. Punktmolnet kan komplettera FSLP genom att ge en verklig bild av ytan som ska lokalplanläggas och eventuella felaktigheter i ritningar kan uppdagas. Detta kan utnyttjas då en detaljplan i steg 6 ska konstrueras.

Layout tool 3D Silver

LT3DS är verktöget som utvecklats i samband med projektet 3D Silver. Programmets funktion är att optimera placering av maskiner på en vald yta utifrån de krav som ställs mellan maskinerna. Verktöget är relevant eftersom det kan ge framräknade förslag till steg 4 i FSLP som även visualiseras. Det är även lätt att studera skillnader som uppstår om kraven på till exempel närhet på två maskiner ändras. Nackdelen med detta program är att det fortfarande befinner sig i en alfafas.

AutoCAD

AutoCAD är ett CAD-program från företaget Autodesk. Programmet besitter funktionen att kunna importera ett punktmoln rakt in i CAD-programmet. CAD-filer på maskiner, som ska ingå i produktionen, kan sedan läggas in och på så sätt kan en fabrikslayout testas i AutoCAD. Maskinerna kan placeras i rummet i förhållande till punkterna eftersom varje punkt har koordinater. Med hjälp av detta kan man kontrollera att de förslag på lokallayout, som matas ut ur FSLP, faktiskt får plats i lokalen. Detta med antagandet att CAD-ritningarna på maskinerna stämmer. AutoCAD kan användas för att komplettera steg 4 och 6.

3.5 Sällning av virtuella verktyg

Kesselringmatrixens resultat visas i Figur 14, där det även går att utläsa de viktningar som gjordes av de angivna kriterierna. Kriterierna har diskuterats fram i gruppen av vad som anses relevant att verktyget skall klara för att kunna utgöra en bra komplettering till FSLP. Viktningen togs fram på liknande vis där några kommentarer kan vara noterbara. I och med gruppens tillgång till Chalmers tekniska högskolas datorer samt ett beräkningskluster ansågs inte systemkraven på verktyget utgöra en avgörande del om dess användbarhet. Användarvänligheten viktas också lågt eftersom gruppen endast skall använda verktygen under en begränsad tid.

KRITERIUM	VIKTNING [1-5]	Flow Planner	SmartDraw	MPDS4	AviX	3DCreat	AutoMod	Process Simulate	Laserskanning	LT3DS	AutoCAD
Kompletterar FSLP:n väl	5	1	0	0	-2	1	0	-1	2	2	1
Låg kostnad	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Kort inlärnings tid	3	1	2	-1	1	2	2	-2	-	1	1
Tydlig visualisering	4	1	2	2	1	2	0	2	2	1	2
Relevant visualisering	5	2	1	2	-2	1	-1	-2	2	2	1
Användarvänlig	2	0	2	1	2	1	0	-2	2	0	1
Låga systemkrav på arbetsdator	1	2	2	1	2	0	0	-1	-1	2	0
Viktad poäng		32	33	26	1	34	9	-10	39	37	31

Figur 14 - Kesselringmatrix över de olika virtuella verktygen.

Andra kommentarer gällande Figur 14 vilka är relevanta för resultatet är att poängtera varför samtliga verktyg erhölet en 2:a på kriteriet om låg kostnad. Detta baseras på att verktygen redan finns tillgängliga som gratisversion, testversion eller via Chalmers tekniska högskola. Oavsett alternativ genererar det inga kostnader för projektet och därav den lika kriterieuppfyllnaden. Det baseras alltså inte på vad verktyget skulle medföra för kostnader för ett företag. Verktyg vilka gruppen tidigare har arbetat med erhölet en 2:a i inlärnings tid då tidigare kunskaper redan finns. Övriga siffror baserades på handledningsvideor och

upplevd komplexitet från dessa. Anledningen till att laserskanningen inte har någon inlärningsstid är att projektet redan har erhållit ett inskannat punktmoln att använda sig av.

Det kan konstateras direkt att punktmolnet från laserskanningen och AutoCAD går hand i hand eftersom punktmolnet inte kan öppnas utan ett CAD-program, till exempel AutoCAD. I AutoCAD kan man sedan läsa ut avstånd och placera ut CAD-modeller av maskiner. Laserskanningen i sig har fått höga värden och de verkliga mått på fabriken som den bidrar med är viktiga för att utföra en verklighetstrogen FSLP.

Sammanfattningsvis listas de verktyg gruppen har valt att använda sig av i det fortsatta projektet med respektive steg de har tänkt att komplettera. Vidare diskussion om hur väl de valda verktygen kunde komplettera FSLP finns under diskussionsavsnittet 4.4 Komplettering med virtuella verktyg.

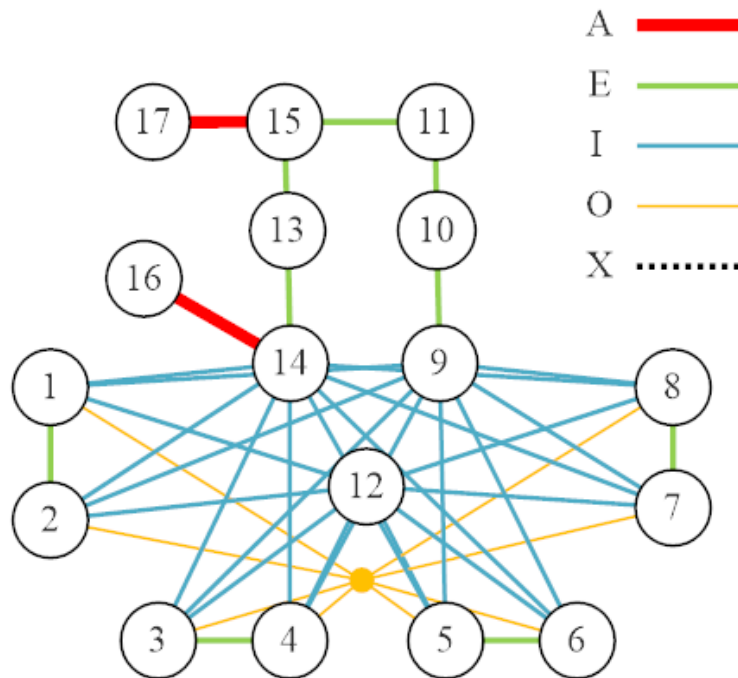
- SmartDraw (Steg 3)
- LT3DS (Steg 4)
- Flow Planer (Steg 5)
- AutoCAD (Steg 4 och/eller Steg 6)
- Laserskanning (Steg 6)

3.6 Komplettering med virtuella verktyg

Resultatet från kompletteringen av kandidatgruppens utförda FSLP med de virtuella verktyg som sållats fram presenteras nedan. Det framgår konkreta resultat samt hur verktyget upplevts och hur det fungerat att använda.

SmartDraw - Facility Planning Software

SmartDraw upplevdes lättanvänt och intuitivt samt möjliggjorde att kunna sammankoppla linjer till cirkelns centrum, vilket visade sig vara användbart och tidsbesparande. Trots sin enkelhet kunde SmartDraw ge möjlighet att underlätta steg 3 på ett bättre sätt än vad Microsoft PowerPoint kunde. Detta beror på att programmet möjliggjorde att enkelt kunna flytta runt cirkelarna (funktionerna) och testa olika lösningar utan att behöva rita om strecken (relationerna) efter varje layout. Ett exempel på det färdiga resultatet från den slutgiltiga skissen i steg 3 ses i Figur 15. Här går det bland annat att ställa in färger, tjocklek och utseende på linjerna. Visualiseringen är dock näst intill identisk med den som presenteras av Microsoft PowerPoint skillnaden programmen mellan ligger som ovan nämnt i att SmartDraw är mera lätthanterligt och tidsbesparande. Jämfört med att utföra steg 3 för hand vilket metoden förespråkar kan SmartDraw reducera tidsåtgången avsevärt. Det möjliggör också att enklare testa flera olika skisser för att minska sannolikheten att den optimala skissen missas.



Figur 15 - Illustrering av steg 3 med hjälp av SmartDraw.

Layout Tool 3D Silver

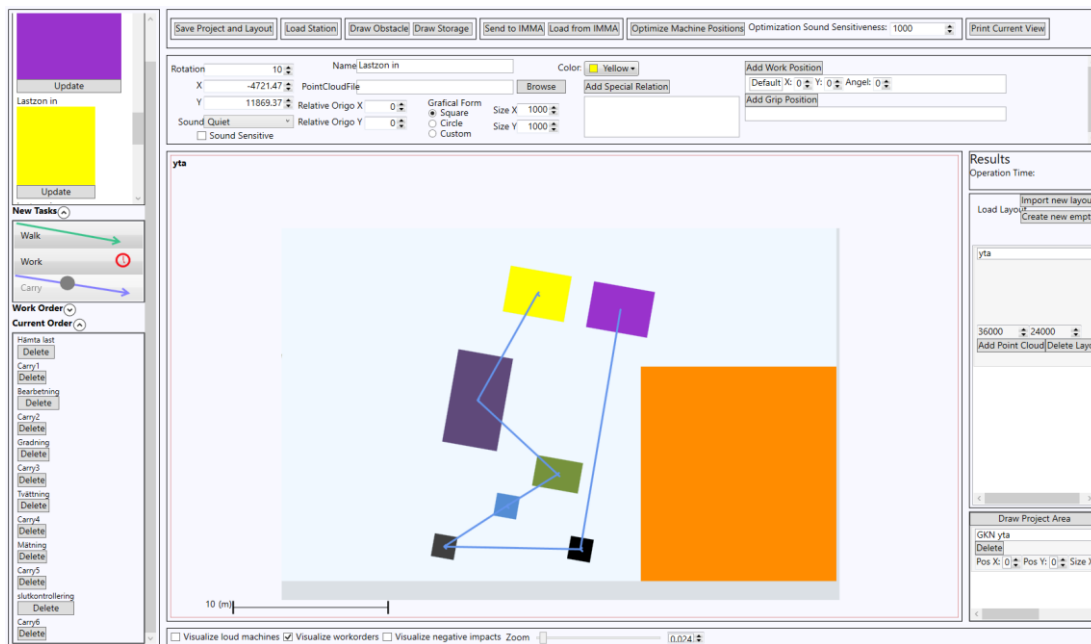
Avsikten med datorprogrammet LT3DS var att komplettera steg 4 i FSLP genom att optimera placeringen av de olika funktionerna. Placeringen baseras på krav för närhet mellan de olika funktionerna. Vid försök att använda programmet uppstod ett antal olika problem som kan delas in i systemproblem och användarvänlighetsproblem. Som nämnt är LT3DS ett datorprogram i alfa-fas, vilket innebär att det inte är färdigutvecklat.

Systemproblemen syftar på LT3DS:s instabilitet. Programmet kraschar utan förvarning och när mer än 5 funktioner har implementerats sker krascherna mer frekvent. Detta leder till stora problem, då LT3DS inte låter användaren spara skapade layouts eller att ordentligt konvertera existerande planer till PDF format. Båda dessa funktioner är utlovade av programmets skapare. Den senare nämnda funktionen ersatte gruppen genom att ta skärmdumpar.

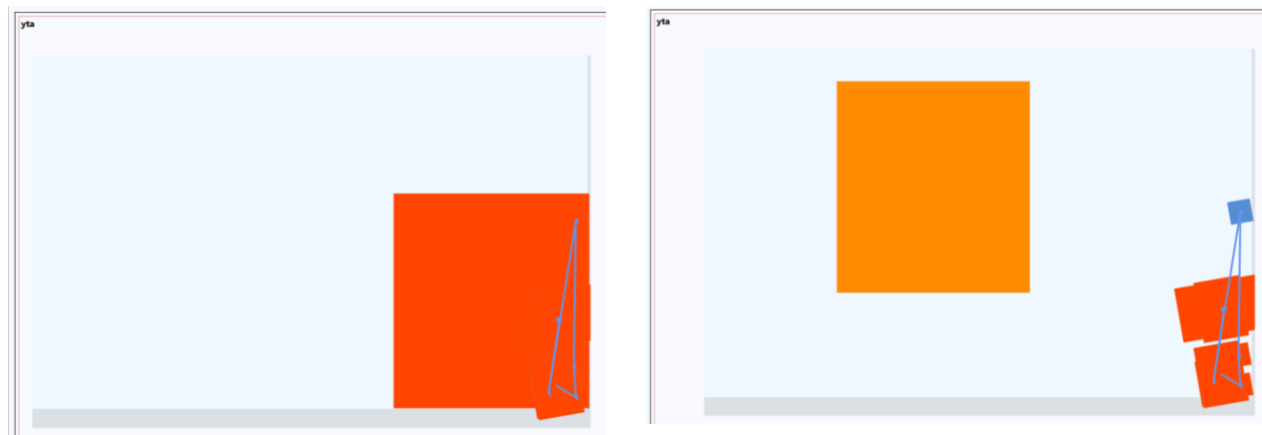
Problemen med användarvänlighet är många och beror framför allt på inkompleta funktioner. Vissa inbyggda programfunktioner är dåligt förklarade och andra fungerar inte. Ett stort problem är att det inte går att ta bort funktioner som har införts på arbetsytan, vilket innebär att när distansoptimeringen utförs tas icke önskade funktioner med i beräkningarna. Ett ytterligare problem är att en oavsiktlig dubblering av funktioner inträffar vid utplacering av funktioner. Kombinationen av dessa problem leder till en svårarbetad optimeringsprocess.

Ett ytterligare problem i LT3DS är de funktioner som inte fungerar, men ändå står beskrivna. Ett tydligt exempel på detta är placeringen av ej användbara ytor, "obstacles" i LT3DS, på arbetsytan. Dessa antyder att det skapas ytor där angivna funktioner inte kan placeras. Men programmet tar ingen hänsyn till "obstacles", och placerar funktioner på dem ändå. I Figur 16 visas de funktioner vilka är inlagda i programmet innan en optimering är utförd. Efter optimeringen placerar sig funktionerna som i Figur 17 (t.v) där det syns att programmet inte tar någon hänsyn till obstacle-ytan. Under optimeringsprocessen tar programmet heller ingen hänsyn till storlekar av funktioner, och resultatet av detta är att LT3DS placerar

funktioner ovanpå varandra, se Figur 17 (t.h). där obstacle-ytan är flyttad för en tydligare visualisering. Detta ger de optimala avstånden, men är en obrukbar lösning då maskinerna inte kan placeras på detta sättet av uppenbara anledningar.



Figur 16 - En skärmdump på LT3DS när alla funktioner, ytor och relationer färdigställts. Placeringen är gjord av kandidatgruppen och optimeringen har ej utförts.

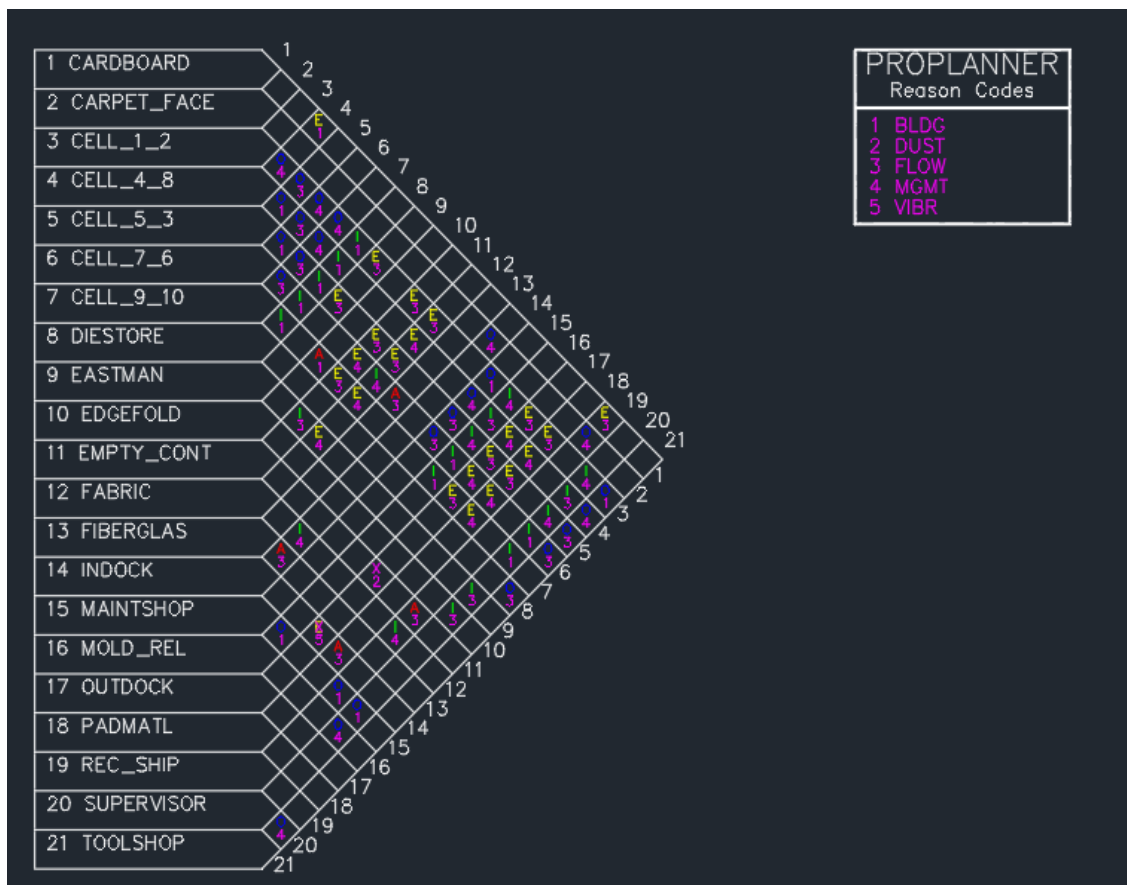


Figur 17 – Optimering utförd av LT3DS (t.v). Obstacle-ytan flyttad för att visa hur funktionerna lagt sig på varandra utan att ta hänsyn till varken varandras storlek eller att de inte får placeras på obstacle-ytan (t.h).

Flow Planner

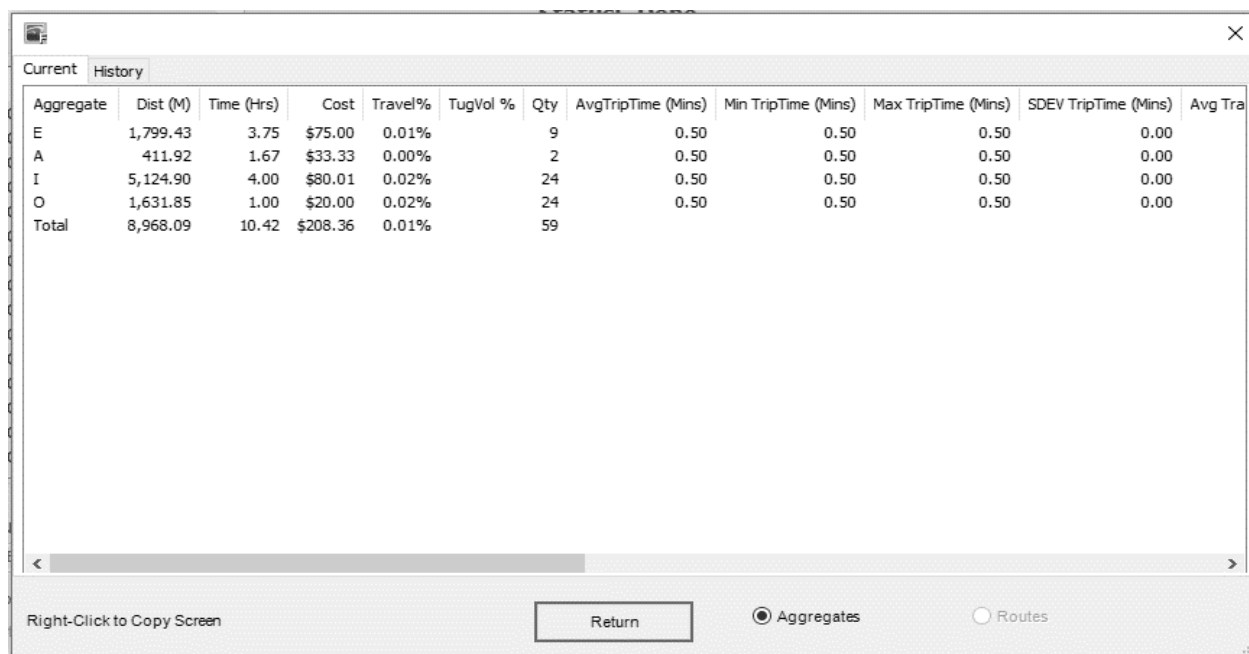
Flow Planner har en inbyggd funktion där programmet utför ett delsteg i steg 5 hos FSLP genom att mäta och beräkna poäng för avstånd mellan de olika funktionerna. Detta är dock endast en delfunktion i programmet där det egentliga syftet med programmet är att visualisera samt räkna ut olika materialflöden med avseende på kostnad, tid och avstånd. Även fast det är möjligt att använda Flow Planner som ett delsteg i FSLP är det inte optimerat för just detta. En anledning till detta är att olika knappar och funktioner i programmet har helt orelaterade namn för vad de används till. Till exempel kallas “närheter” för “produkter” i Flow Planner vilket kan upplevas förvirrande för användaren och därför kan inlärnings tiden öka.

Trots att programmet utger sig för att vara ett fullfjädrat färdigutvecklat program för lokalplanläggning uppfattades det som om det vore i utvecklingsfas. När användaren gjort fel visas varningsrutor som undermåligt beskriver felet. Om användaren kör fast med något finns minimalt eller ingen hjälp att få förutom att maila eller ringa utvecklarna. När gruppen skulle testa programmets funktion där Flow Planner själv ritar ut ett sambandsdiagram som i steg 1 i metoden FSLP, stöttes ett problem på där programmet varnade över att det saknades data för att rita ut diagrammet. Detta trots att gruppen följt de guider som finns tillgängliga. Med mer tid hade detta antagligen varit möjligt att lösa men det prioriterades inte på grund av den ringa tidsbegränsningen. I Figur 18 ses en bild över hur ett sambandsdiagram kan se ut om det skapas genom Flow Planner. Viktigt att påpeka är att detta inte är det verkliga sambandsdiagrammet för kandidatprojektets FSLP, utan endast ett exempel på visualiseringen.



Figur 18 - Exempel på ett sambandsdiagram skapat med hjälp av Flow Planner.

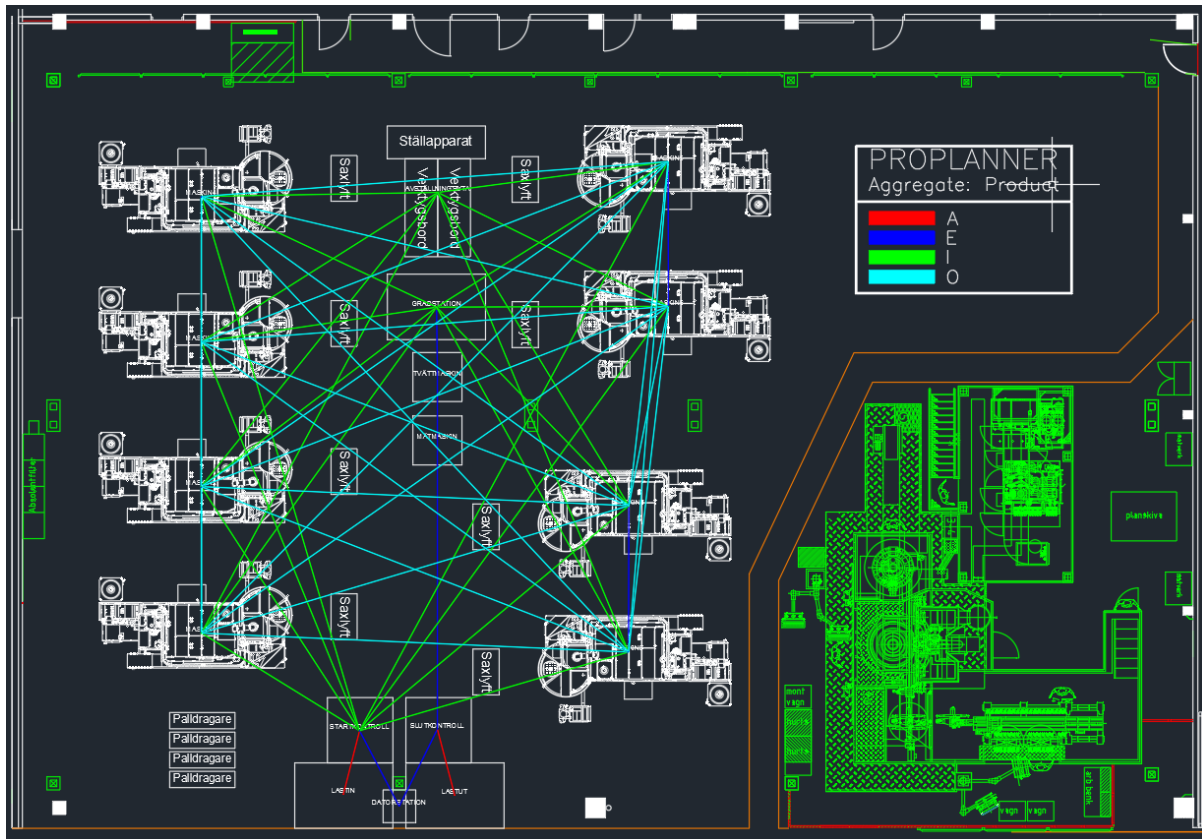
I Figur 19 ses det resultat Flow Planner räknat ihop för Lodet. Under kolumnen “Aggregate” ses de olika närheterna A, E, I och O. Den andra relevanta kolumnen i resultatet är “Dist (M)” där poängen för de olika närheterna står utskrivna. Resterande kolumner är biprodukter från andra funktioner i Flow Planner som inte spelar någon roll i denna utvärdering. Viktigt att beakta är att poängen är enhetslös och inte är jämförbar med den poäng som Lodet fått i steg 5 i kandidatgruppens utförda FSLP. Den poäng som Flow Planner ger kan endast jämföras mot andra huvudplaner som också är gjorda i AutoCAD och utvärderade med hjälp av Flow Planner.



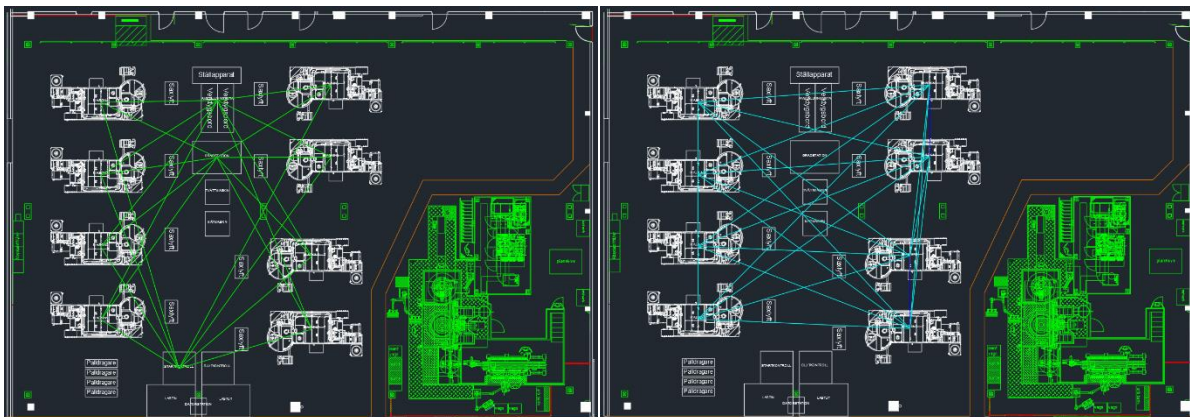
Aggregate	Dist (M)	Time (Hrs)	Cost	Travel%	TugVol %	Qty	AvgTripTime (Mins)	Min TripTime (Mins)	Max TripTime (Mins)	SDEV TripTime (Mins)	Avg Tra
E	1,799.43	3.75	\$75.00	0.01%		9	0.50	0.50	0.50	0.00	
A	411.92	1.67	\$33.33	0.00%		2	0.50	0.50	0.50	0.00	
I	5,124.90	4.00	\$80.01	0.02%		24	0.50	0.50	0.50	0.00	
O	1,631.85	1.00	\$20.00	0.02%		24	0.50	0.50	0.50	0.00	
Total	8,968.09	10.42	\$208.36	0.01%		59					

Figur 19 - Resultatet av avståndsberäkning med hjälp av Flow Planner. Endast kolumnerna Aggregate (närheterna) och Dist (M) (avståndspoäng) som är relevanta för steg 5.

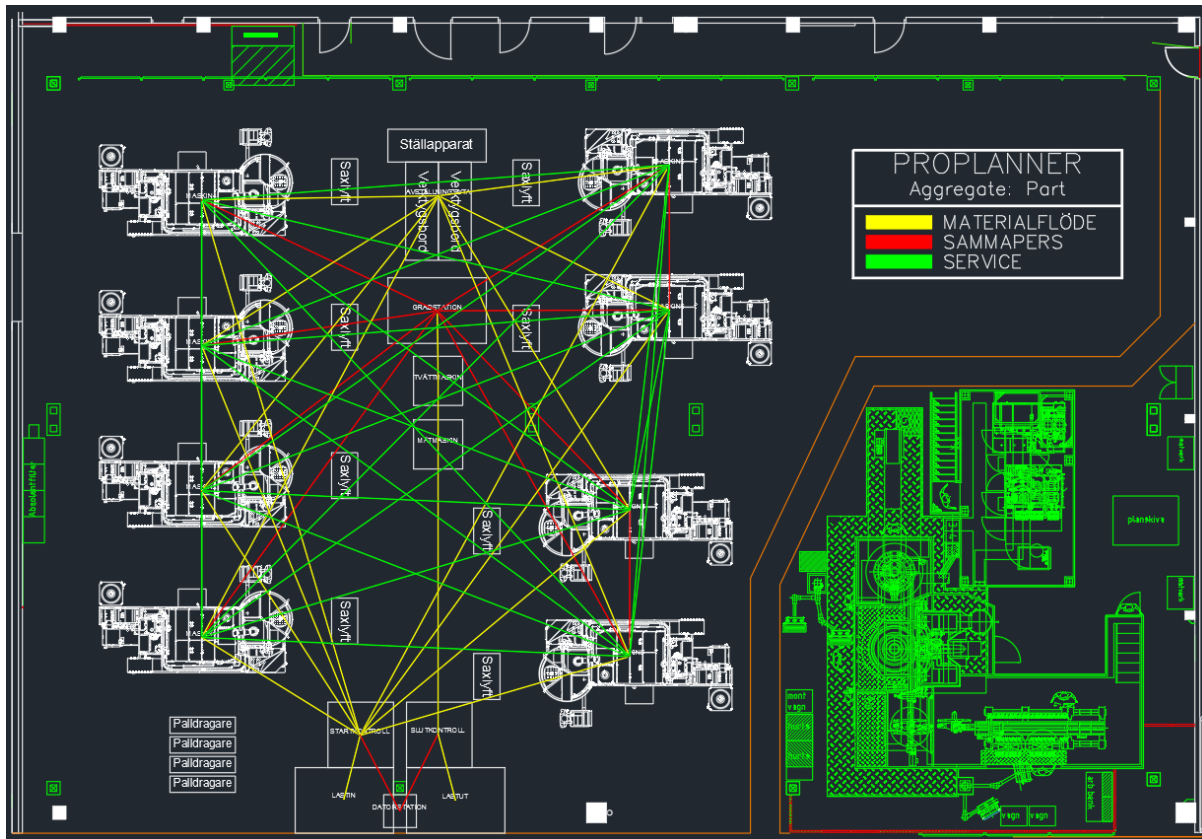
Förutom ett diagram där resultatet kan utläsas ritas även Flow Planner ut färgkodade streck i den befintliga ritning, vilket ses i Figur 20. Detta hjälper användaren att mer visuellt tyda resultatet och enklare se förbättringsmöjligheter. Det är möjligt att filtrera vilka närheter användaren vill visa som i Figur 21 (t.v.), där endast närheten I är utritad. Möjlighet finns även att filtrera så att endast närheter som berör vissa funktioner visas, vilket ses i Figur 21 (t.h.), där närheter kopplade till de 8 GROB-maskinerna visas. Om det önskas går det också att endast rita ut linjerna efter anledningar istället för närheter, se Figur 22. Detta kan hjälpa användare att utvärdera planlösningen från ett annat perspektiv.



Figur 20 - Avstånd mellan maskinerna utritade med hjälp av Flow Planner.



Figur 21 - Avstånden sorterade till att endast visa I-relationerna (t.v.) Avstånden sorterade för att endast visa relationerna mellan de 8 GROB-maskinerna (t.h.).

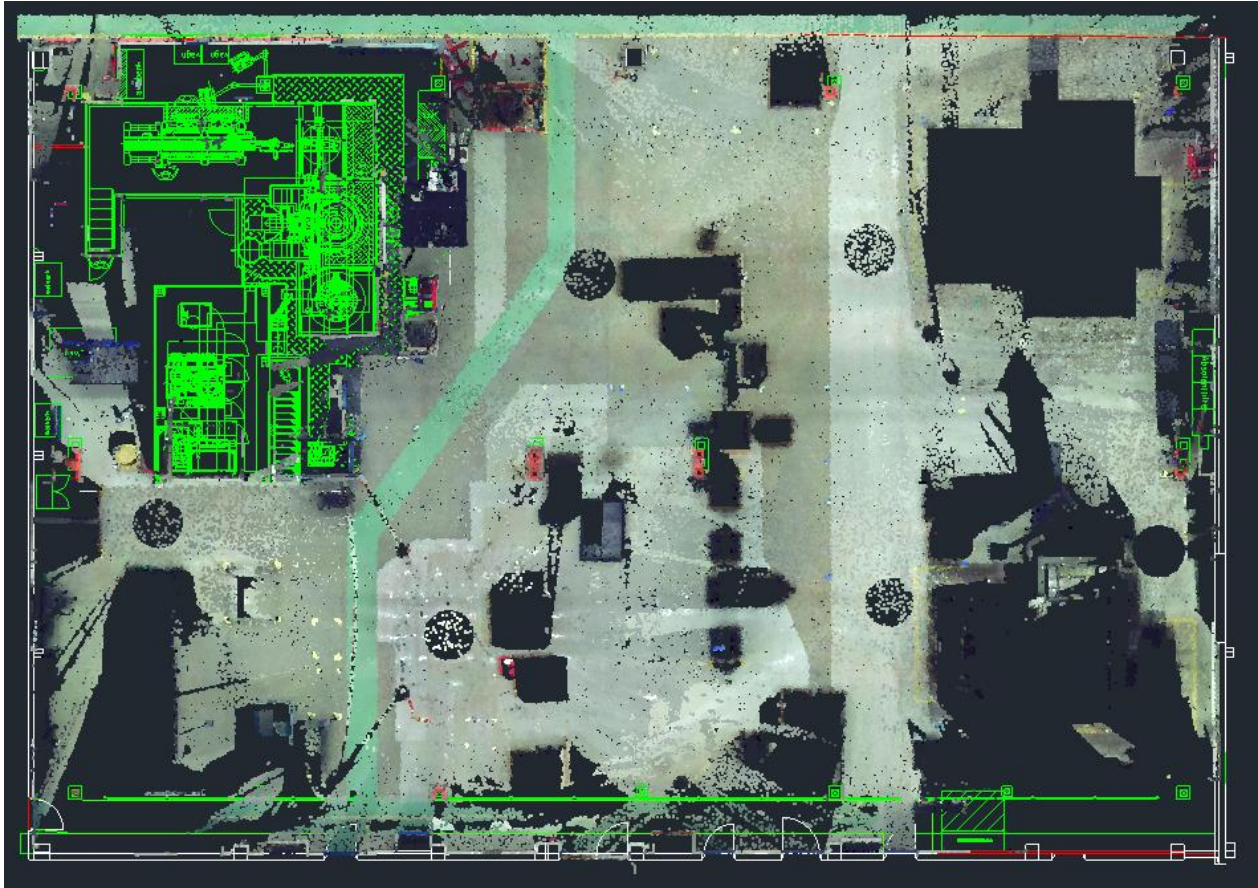


Figur 22 - Linjer utritade för anledningarna istället för funktionernas relationer.

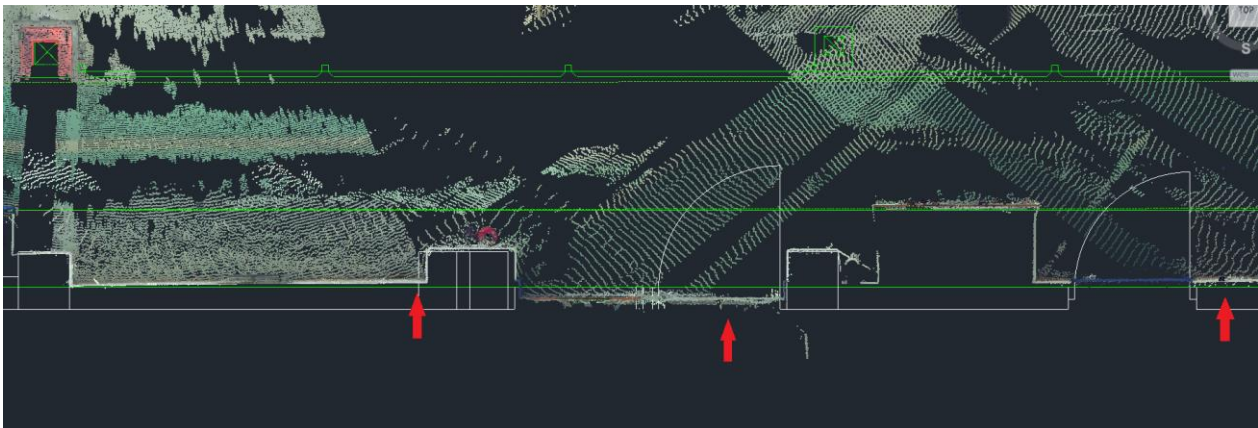
Flow Planner tillåter användaren att på ett smidigt och effektivt sätt utvärdera olika planlösningar. Genom att först rita upp huvudplanerna i CAD-program blir resultatet mer exakt än att, som tidigare, klippa ut figurer på funktionerna och flytta runt på papper. De olika möjligheterna att filtrera tillåter användaren att lättare se förbättringsmöjligheter och på ett snabbt och smidigt sätt utföra dessa med hjälp av CAD och uppdatera resultatet. Det som tar tid är att fylla i närheterna från steg 1 i FSLP, men när det är gjort kan olika huvudplaner snabbt utvärderas utifrån närheterna.

AutoCAD, punktmoln och Navisworks

När jämförelse gjordes mellan den givna 2D-ritningen och punktmolnet i AutoCAD kunde det konstateras att pelarna och traverserna var felplacerade i ritningen samt att väggarna på ritningen inte stämde överens med punktmolnets mått. När placering av punktmolnet gjordes på ritningen har det placerats på sådant vis att det skiljt så lite som möjligt generellt sett. Punktmolnet har alltså inte passats in efter en viss vägg eller liknande. Figur 23 visar hur det ser ut när de två visualiseringarna av lokalen sammanfogas och här kan skillnaden mellan ritningen och punktmolnet ses. Storleken på själva ytan stämde inte heller helt överens. Kandidatgruppen upplevde också att punktmolnet var skevt, se Figur 24. Detta beskrivs mer i diskussionsavsnittet 4.4 Komplettering med virtuella verktyg.

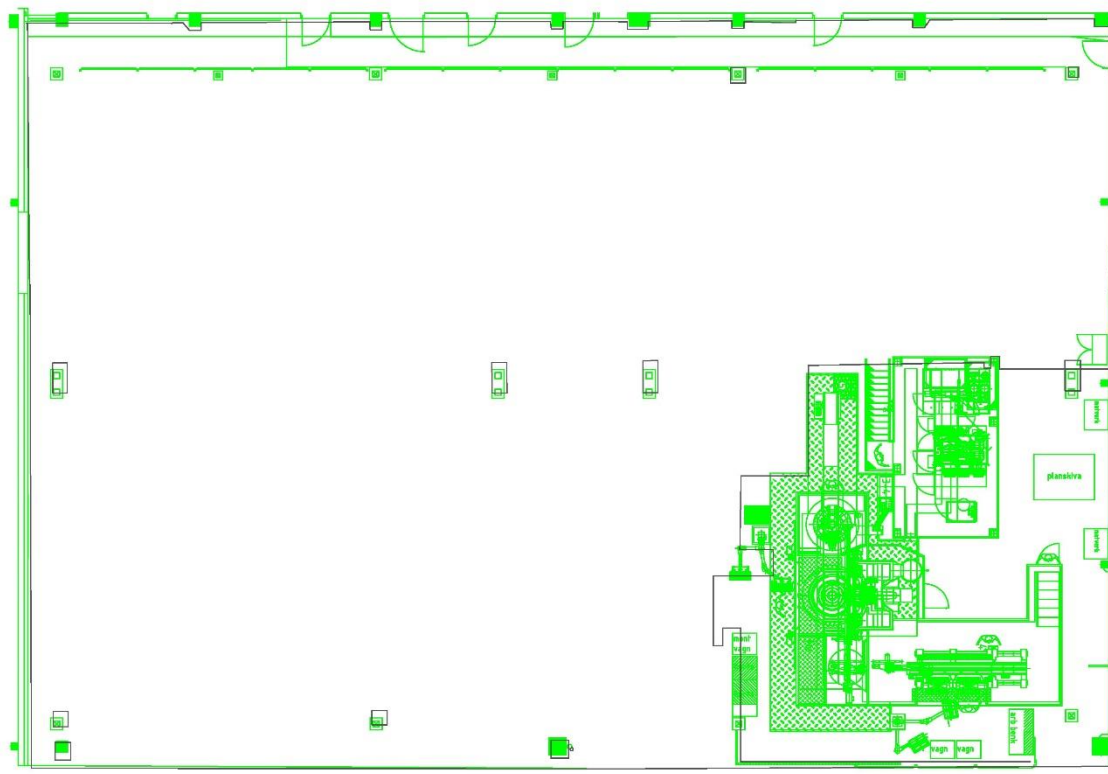


Figur 23 - Punktmolnet är placerat ovanpå 2D-ritningen för att visa på skillnader mellan dem.



Figur 24- Exempel på skevhet i punktmolnet.

Figur 25 visar på tydliga skillnader mellan den nygjorda ritningen som baseras på punktmolnet och den givna 2D-ritningen från GKN Aerospace. Dessa skillnader kan bli avgörande vid en trång lokalplanläggning. Dessutom är korrekt data är en förutsättning för att metoden FSLP ska kunna leverera en högkvalitativ lokalplanläggning.



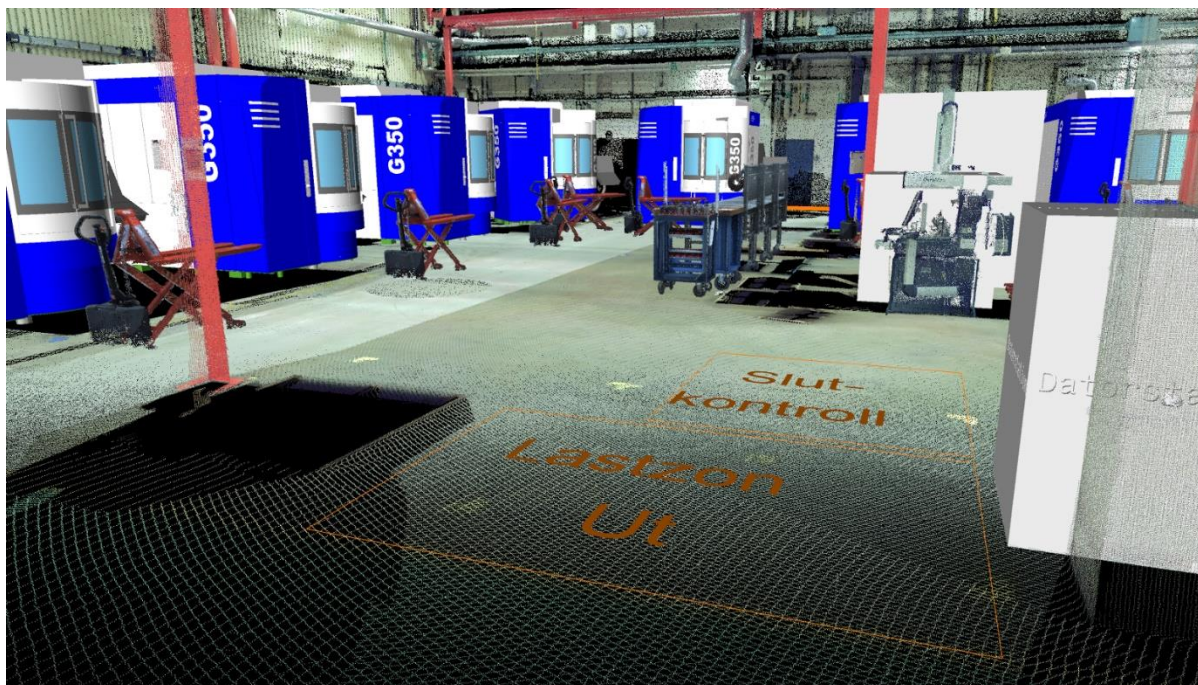
Figur 25 - Ritningen gjord efter punktmolnet är placerad ovanpå 2D-ritningen. De gröna strecken tillhör originalritningen och de svarta är baserade på punktmolnet.

Funktionaliteten hos AutoCAD är god och tillsammans med punktmolnet kompletteras FSLP väl genom att säkerställa korrekta ritningar. Ritningarna är en viktig del av underlaget. Programmet hängde sig en del i och med att punktmolnet är stort och tungt att hantera. Med kraftigare datorer är detta inte ett problem längre.

Den sista kompletteringen som AutoCAD skulle bidra med var att lägga in 3D-modeller av maskiner i punktmolnet av verkstadslokalen i syfte att få en visuell överblick över den slutliga planläggningen. 3D-modellerna som användes var dels punktmoln på olika maskiner som tilldelats kandidatprojektet av handledaren Daniel Nåfors, officiella CAD-modeller på GROB-maskinerna samt egna CAD-modeller på resterande stationer i form av representativa rätblock. För att kunna hantera CAD-modeller (.STP-filer) och punktmoln tillsammans behövdes ett kompletteringsprogram eftersom AutoCAD inte klarade av detta. Detta var något som kandidatgruppen upptäckte sent. Därav att kompletteringsprogrammet inte var med vid sällningen från början. Navisworks, också utvecklat av Autodesk, blev programmet som fick komplettera AutoCAD och resonemanget bakom detta finns i diskussionsavsnittet 4.4 Komplettering med virtuella verktyg.

Navisworks upplevdes som ett relativt användarvänligt program med ett logiskt och användarvänligt gränssnitt. Gränssnittet tillät en ny användare att på ett enkelt sätt flytta runt objekt och skapa en visuell representation av lokalen. Inlärningstiden för programmet var dock begränsad vilket innebar att programmets mer avancerade funktioner och genvägar aldrig användes. Skulle större eller mer invecklade projekt utföras finns möjligheter att använda fler funktioner i programmet. Resultatet av arbetet i

Navisworks, där 3D-modellerna av GROB-maskinerna och övriga maskiner lagts in i punktmolnet, visas i Figur 26. Detta är endast bilder för att visa på vad programmet kan användas till. När det används som verktyg finns möjligheten att se lokalen i dess helhet och att gå runt i lokalen. Detta kan inte kan uppnås genom endast bilder.



Figur 26 – Detaljplanen sett från en persons vy.

4. Diskussion

Efter resultaten samlats och sammanstälts blev de analyserade för att förtydliga de val som har gjorts. Diskussionen är uppdelad i avsnitt och inleds med en diskussion av samtliga steg i metoden FSLP eftersom den kräver en del förklaring av utförandet.

4.1 Förenklad systematisk lokalplanläggning

Diskussionsdelen av FSLP kommer att delas upp efter respektive steg den utförts i, för att förklara de val vilka har gjorts och vilka tankar och åsikter som lagt grunden till dem.

Steg 1 - Kartläggning av samband

De 4 olika orsakskoderna, som används för att kortfattat beskriva varför en närhet finns mellan två funktioner, har tagits fram genom diskussion i gruppen. De sammanfattas i listan nedan:

- *Samma personal* - Närhet mellan dessa funktioner underlättar för den personal som arbetar med flera funktioner eftersom de inte behöver röra sig över längre sträckor. Detta är en fördel då det finns utrymme att minska icke-värdeskapande arbete samt spara in tid som operatören kan lägga på andra arbetsuppgifter istället för på transport.
- *Materialflöde* - Denna orsakskod används för att kunna minimera den sträcka som materialet skall färdas genom lokalen. Transporter är inte värdeökande aktiviteter och blir då en förlust i verksamheten vilket kan undvikas genom optimering av distansen av funktioner.
- *Kräver samma service* - Med samma service menas att olika funktioner kan ha behov av bland annat reparationer av samma underhållspersonal eller underhållsmaskiner. Genom att dessa samlats under samma orsakskod underlättas arbetet för utomstående parter.
- *Samma el-, vatten- och/eller tryckluftsbehov* - För att underlätta ombyggnad av den befintliga lokalen ansågs just denna orsakskod vara av vikt för att kunna spara in pengar genom att funktioner med liknande behov placeras i närheten av varandra.

I ett platsbesparande syfte valdes att sätta en A-relation mellan lastzon in och startkontroll samt lastzon ut och slutkontroll. Detta gjordes för att minska onödig transport av material och personal in och ut på verkstadsytan. Därav tilldelades de orsakskod 1 och 2. Inga andra funktioner ansågs ha detta behov av närhet eftersom processen är uppbyggd som en funktionell verkstad och inte som en linjeorienterad layout.

Datainsamlingen visade att det endast krävdes en operatör för två GROB-maskiner. Därför är relationen mellan GROB-maskin 1 och 2, 3 och 4, 5 och 6 samt 7 och 8 en E-relationen. Det ansågs extra viktigt att operatören inte skall behöva gå längre sträckor mellan sina arbetsstationer. Relationen mellan de övriga GROB-maskinerna fastställdes till en O-relation med orsakskod 3 och 4. De fick en ordinär närhet eftersom ytan är relativt liten och det möjliggör att underhållspersonal enkelt kan transportera sig till respektive GROB-maskin samt att behovet av el, vatten och tryckluft enklare kan tillgodoses.

Den del av hela processen som närmast kan liknas med en linjeorienterad layout är tvättmaskinen, gradstationen och mätstationen. Med detta som grund och det faktum att operatörer bär materialet för hand mellan dessa stationen tilldelades de också en E-relation med samma personal som orsakskod.

Från GROB-maskinerna skall materialet bäras för hand till gradstationen. Efter bearbetningen bedöms materialet vara tillräckligt lätt för att det endast ska behövas en I-relation. Ytterligare en anledning till detta är att cykeltiden är 8 timmar vilket innebär att en operatör bara behöver bära en detalj till

gradstationen var 4e timme. Däremot skulle en O-relation anses för långt bort eftersom de trots allt har samma personal och det är en del i materialflödet.

Avställningsytorna placeras oberoende av alla funktioner förutom I-relationerna de har till GROB-maskinerna, då dessa anses vara de centrala funktionerna och alla övriga bruksytor bör placeras relativt dem.

Start- och slutkontrollen sköts båda av utomstående kontrollanter där det krävs registrering i en dator av dem båda. För att underlätta deras arbete tilldelas de båda närheten E till datorstationen. Tanken med detta är att skapa förutsättningar för att få ett bättre flöde av material in och ut ur verkstadsytan. Ytterligare en förutsättning för att lyckas med detta är att startkontrollen ligger strategiskt placerad i förhållande till GROB-maskinerna eftersom varje låda med material skall transporteras till dem efter startkontrollen.

Steg 1 sammanfattar samtliga behov i det gemensamma sambandsdiagrammet. Diagrammet är lätt att överblicka men svårt att förstå när det studeras i detalj. Detta leder till att överblicken inte ger användaren den förståelsen och informationen som skulle kunna önskas av ett sammanfattande diagram. En av anledningarna till detta är att alla U-relationer är utritade. Detta trots att endast 17 av de 20 möjliga funktionerna har använts i detta specifika fall.

Steg 2 - Fastställning av funktionskrav

Steg 2 ämnar utöka och sammanställa viktiga data gällande maskinernas utrymme- och servicekrav. Samtliga funktioners storlekar som är angivna i diagrammet har antingen angetts av GKN Aerospace eller uppskattats av gruppen. Bland annat några ytor som faller under det sistnämnda är storleken på datorstationen, avställningsytorna samt lastzonerna och start- och slutkontrollen. Lastzonernas storlek valdes för att de skulle kunna innehålla tre lastpallar vardera för att underlätta materialflödet samt för att företaget efterfrågade plats för hantering och placering av gods. Datorstationens yta valdes till $1m \times 1m$, dock är denna yta inte speciellt strikt och skulle den behöva ändras finns utrymme för detta. Start- och slutstationens ytbehov gjordes efter en uppskattning av vad som skall göras på ytan. Vid startkontrollen behöver det finnas plats för en kontrollant att kunna koppla rätt material till rätt order med hjälp av en dator. På slutkontrollen krävs det plats för en maskin för slutkontroll och en kontrollant som skall ha tillgång till dator. Liknande datorstationen är inte dessa ytbehov begränsade på något sätt, de är flexibla i den mån att de skulle kunna förstoras eller förminsas under rimliga omständigheter. Funktionen avställningsytor är en flexibel funktion som kan anpassa sin storlek efter vad den ska innehålla för material. Det som fastställdes som nödvändigt att placera på avställningsytan var verktygsställ, palldragare och en ställapparat, allt i enlighet med den data som angavs av GKN Aerospace. Avställningsytan besitter även förmågan att kunna delas upp till flera avställningsytor för att uppfylla närhetsbehoven bättre.

Behoven under detta steg har angivits som relativt varandra. Det som bedöms som viktigast ges relationen A och övriga behov rangordnas med sjunkande gradering. Alla GROB-maskiner har tilldelats närhetsgraden A till vatten och avlopp, tryckluft, separat ventilation, speciella eluttag och Ethernetkontakt eftersom maskinerna kommer köras till största delen av tiden och behöver dessa resurser att tillgå för att kunna köras. Kravet på Ethernet grundar sig i att GROB-maskinerna måste kunna tilldelas nya bearbetningsprogram. Tvättmaskinen behöver vatten och avlopp samt speciell el, dock i mindre utsträckning än GROB-maskinerna eftersom den inte har samma höga utnyttjandegrad och har därför tilldelats E i närhet till dessa två funktioner. Gradstationen behöver både tryckluft och separat ventilation men precis som tvättmaskinen kommer den inte att användas lika stor del av tiden som GROB-maskinerna, där av närhetsgraden E. Datorstationen bygger på att Ethernet finns tillgängligt och har därför tilldelats A i närhet till Ethernetkontakt. I övrigt kräver inga andra funktioner någon närhet av de listade resurserna.

Samtliga GROB-maskiner kräver separata fundament, vilket är något som GKN Aerospace är medvetna om och planerar att åtgärda efter planläggningen. Oavsett var på verkstadsytan som de kommer placeras finns möjlighet att gjuta nya separata fundament.

Steg 2 lider av att det givna materialet är utdaterat, med till exempel krav på ånga, vilket i dagens industri är mer undantag än standard. Ett annat tecken på detta är att vid en omkonstruktion av en arbetsyta är placeringen av el och Ethernetuppkoppling en minimal process, och det har inte särskilt stor inverkan på placering av maskiner. Steget kan vara viktig för mer komplicerade installationer som funktioner som kräver tryckluft, vatten eller hydraulvätska. Steget kan lätt placeras som en del av steg 5, då det är bättre att utvärdera alternativa huvudplaners funktionalitet, istället för att göra det tidigare.

Det är svårt att göra en jämförelse då steget är dåligt definierat. Många av de krav vilka ska listas anses som självklara och en uppspaltning av dem kan ses som överflödigt arbete, speciellt då det rör sig om få funktioner vilka har specifika servicekrav som i det givna fallet. Det blir då en bedömning om en funktion behöver något eller inte vilket riktas mot en ja eller nej fråga snarare än en skalenlig bedömning om hur mycket de behöver närhet till en viss servicefunktion. Detta för att antingen fungerar en maskin med eller utan en servicefunktion, det finns inte rum för något alternativ mellan.

Steg 3 - Skissning av funktionernas samband

Gruppmedlemmarna gjorde individuella skisser över funktionernas placering för att skapa variation. Dessa sammanställdes för att minska den enskilda individens påverkan på layouten och även minska subjektivitetens inverkan på resultaten. Skissen från varje person skapade underlag för diskussion och därigenom sammanflätades alla åsikter. Däremot fick inte de individuella skisserna den effekt vilket var tänkt från början. De bidrog inte med att vi hittade ytterligare möjligheter att utföra skissen på utan de bidrog snarare till att varje enskild medlem fick tänka fritt utan att påverkas av någon annan. Om det finns tid inom projektet kan denna variant av metoden vara att rekommendera eftersom det bidrar till en inkludering av samtliga personer. Däremot gav det inte någon direkt effekt på den slutgiltiga skissen.

I detta steg finns det möjlighet att matematiskt hitta den utformning som ger kortaste avstånd mellan alla funktioner, med kraven på närhet i åtanke. LT3DS:s funktion är något liknande, men där tas även ytan om funktionerna med i beräkningarna.

Valet att göra skissningen i Microsoft Powerpoint ansågs ligga i linje med det som metoden förespråkar. Verket ansågs vedertaget, därför räknades det inte till de virtuella verktygen. Microsoft Powerpoint har mindre nackdelar men fungerade. Tiden för skissningen minskades avsevärt jämfört med att göra skisserna för hand på papper.

Steg 3 har upplevts minst givande för hela metoden. Inget konkret kommer fram i detta steg då det är svårt att anpassa skissens utformning till en yta som inte är fyrkantig med en öppen planlösning. Skissen tappar sitt syfte när den skall implementeras i steg 4 då många parametrar avseende ytan måste tas i beaktning som inte inkluderas i steg 3. Det skulle kännas mera tidseffektiv och ge ett bättre resultat om funktionernas och lokalens storlek togs hänsyn till i detta steg.

Steg 4 - Ritande av alternativa huvudplaner

Steg 4 saknar formell struktur utifrån tillvägagångssättet från metoden FSLP. Mycket av placeringen beror på användarens erfarenheter och kunskap, och därför är det svårt att få fram en optimal lösning. I senare steg kan den optimala huvudplanen etableras utifrån de skapade huvudplanerna i steg 4. Det finns dock ingen garanti att huvudplanerna i detta steget är den optimala sett utifrån FSLP parametrar.

Vid utförandet av steg 4 användes olika “teman” för att variera placeringen av GROB-maskinerna. Ett av dessa teman var “Lodet” där maskinerna placerades lodrätt på ytan sett från gången. Även om dessa teman behövde anpassas för att få plats med de krävda maskinerna och andra funktioner, var det den tydligaste och mest konsekventa metoden för att få varierade och realiserbara huvudplaner.

När de olika huvudplanerna jämförs blir det tydligt att vissa funktioner placerades liknande på de olika lösningarna. Detta kan lättast förklaras av att det fanns dominerande förutbestämda krav på vissa funktioner, till exempel att lastzonerna måste placeras bredvid gången för att underlätta för trucktrafiken. Dessa typer av krav har förmågan att begränsa placeringen av de övriga funktionerna.

Ytterligare en reflektion gällande steg 4 är att GROB-maskinerna gärna placerades på ett traditionellt sätt, det vill säga på raka rader eller i led. Att detta görs på ett traditionellt sätt efter användarens erfarenhet och utbildning betyder att layout får till en viss mån liknande utformning, samt att lösningar som är “outside the box” kanske inte ens beaktas. Detta var anledningen till att vissa av lösningarna erhöll GROB-maskiner placerade diagonalt för att utmana det annars fyrkantiga tankesättet.

Steg 5 - Värdering av de olika alternativen

Värderingen av de olika alternativa huvudplaner bestod av 9 kategorier som var olika viktade och bedömda. Den första av dessa var positioneringsvärderingen, som byggde på avstånden mellan de olika funktionerna och deras relationer. Varje alternativ huvudplan fick ett individuell värderingspoäng som gruppen konverterade till en bokstav i värderingsschemat. De två huvudplaner med lägst avståndspoäng valdes att värderas som A, och de huvudplaner som följde blev värderade på sjunkande skala. Positionsvärderingen valdes att användas som ett värderingsalternativ eftersom den hade använts vid en tidigare kurs, Virtuell Produktion vid Chalmers tekniska högskola, då ett liknande projekt gjordes. Den ansågs som en bra del att ha med för att få ut i konkreta siffror hur väl en planläggning hade uppfyllt de satta relationerna från steg 1.

Platsutnyttjande valdes att bedömas utifrån hur mycket av den tillgängliga ytan som fanns fri. Om maskinerna placerades väldigt tätt och områden av verkstadsytan inte användes tydde det på en dålig användning av den tillgängliga ytan. Detta är ingen kritisk faktor och fick därför värderingsfaktorn 2. Gruppen resonerade att om en icke platseffektiv planlösning skulle användas, skulle det vara lätt att öka dess platseffektivitet.

Tillgängligheten på ytan för placering av gods är en relativt viktig faktor då gods kommer vara i rörelse. Processer kan bli ineffektiva om operatörerna inte har bra tillgång till ytor avsedda för placering av gods. Faktorn ansågs dock inte kritisk för verkstadens funktionalitet, och angavs därför värderingsfaktor 3.

För operatörernas trevnad och en mindre flexibilitet i produktionen är det fördelaktigt att ha en luftig layout. Detta speglar hur mycket utrymme operatörerna kan röra sig på, samt som kan vara temporära ställetor. Relativt alla andra kriterier är detta ett minimalt önskemål, men har ändå en inverkan. Bedömning gjordes på hur lätt det är att röra sig mellan funktioner samt medlemmarna bedömning av luftighet.

Ett säkerhetsavstånd på 1.2 meter är ett krav av GKN, men ytterligare avstånd kan vara önskat för att underlätta arbetet för operatörerna. Då alla huvudplaner måste uppfylla säkerhetsavståndet, är extra avstånd efter detta bara ett önskemål, inte ett krav och har därför inte värderats som väldigt viktigt.

Produktionsflödets visuella närhet baserades på hur lätt det var att se från en maskin till de resterande maskinerna. Detta gjordes genom att se vilka hinder det fanns mellan maskinerna. Detta är en relativt viktig faktor, då det kommer vara ett litet antal operatörer på ytan, och vid fel eller andra problem är det viktigt att de kan se det.

I dagsläget tar det lång tid att verifiera samt kvalitetssäkra de producerade artiklarna. Därför är det viktigt att det inte är svårt att flytta produkterna från GROB-maskinerna till gradstationen och sedan vidare till mätstationen där själva verifieringen kommer äga rum. I samtliga lösningar är detta enkelt, och med denna anledning får de alla A på den kategorin.

I produktion är flexibilitet en väldigt viktig faktor, då det tillåter snabb anpassning till förändrade behov. I planläggningen är detta dock svårt att definiera, då det kan innebära ett antal olika saker. Därför valdes det att definieras som antalet extra GROB-maskiner som går att placera på ytan om behovet skulle uppstå. Planlösningarnas flexibilitet rangordnades, och tilldelas sedan värderingar i sjunkande ordning.

De mjuka aspekterna omfattar ett samlat begrepp för faktorer vilka kan påverka arbetarnas psykiska hälsa. Inom denna kategori hör det att alla operatörer ska kunna se varandra när de arbetar för att kunna upptäcka olyckor i tid men också för att skapa en gemenskap. Andra mjuka aspekter vilka räknas in är närheten till en nödutgång för att skapa en trygghet hos de anställda vid händelse av en nödsituation. Till denna värderingsfaktor hör också att bullriga maskiner inte skall störa varken rastutrymmen eller kontor. Det visades efter diskussion inom gruppen att samtliga av de 5 alternativa huvudplanerna uppfyllde kraven på de mjuka aspekterna på ett lika bra sätt då ingen utav dem visade någon indikation på att ha negativ inverkan på arbetarnas hälsa. Det skall tas i beaktning att ingen analys har gjorts utifrån ergonomi eftersom inte tillräckligt med data har funnits för det.

Steg 6 - Detaljutformning av den valda planlösningen

Vid detaljutformning av Lima uppmärksammades att mindre ändringar krävdes. Positionen av en GROB-maskin justerades för att minska avståndet till gradmaskinen. Även verktygsborden flyttades för att frigöra plats vid maskinerna.

Kandidatgruppens uppfattning är att steg 2 i FSLP är överflödigt då de krav som tas upp där inte är speciellt begränsande för en lokalplanläggning. Speciellt är det bland annat el- och vattendragning som känns onödig att ta hänsyn till eftersom det är mycket mindre kostnad än själva maskininvesteringarna. Det kan dock finnas en poäng i att utnyttja gamla fundament vid lokalplanläggning men även det måste ofta gjutas nytt. Detta kan istället tas i beaktning i steg 6, där små ändringar görs av den vinnande layouten. Denna ändring behöver dock inte vara aktuell för alla lokalplanläggningar där FSLP används.

Som nämnt i avsnitt 2.2 under steg 6 är den slutgiltiga planläggningen inte gjord med den detaljrikedom som metoden påbjuder. Detta gjordes delvis då GKN Aerospace inte har efterfrågat färdiga ritningar. Utöver detta ansåg gruppen att projektets huvudmål inte är att ta fram en högt detaljerad lokalplanläggning som direkt kan användas vid konstruktion, utan en analys av metoden. På grund av tidsbegränsningar valdes det att skapa en mer övergripande detaljplan.

4.2 Analys av subjektiv påverkan

När den insamlade data mellan de två grupperna jämfördes uppstod tydliga skillnader. Trots att samma arbetsgrupp från GKN Aerospace intervjuades fick kandidatgrupperna olika data. Skillnaden i data ledde senare till att gruppernas resultat inte blev speciellt lika. Detta medför att ett identiskt resultat skulle vara osannolikt och bekräftar tesen om att FSLP är känslig för felaktiga data (Muther & Wheeler, 1962). En mer givande analys av metodens subjektivitet hade kunnat göras om båda grupperna haft samma data att utgå från. Påståendet att metoden ska ha producerat den mest optimala lokalplanlösningen känns i detta skede svagt eftersom indata spelar en central roll för slutresultatet. Analysen utförs dock fortfarande med antagandet att föregående steg är korrekta och utförda helt objektivt för att kunna belysa subjektiva åsikter i respektive steg.

Steg 1 behandlar en hel del val som görs eftersom samtliga närhetsbehov ska bestämmas mellan funktionerna. Oberoende av antalet funktioner kunde en jämförelse i Tabell 4 visa att orsakskoderna skiljer mellan de två grupperna. Kandidatgruppen har ett fåtal orsakskoder medan systergruppen använder ett större antal orsaker samt att vissa orsakskoder är kombinationer av andra koder. Inget av tillvägagångssätten går emot metoden vilket påvisar att subjektiva åsikter enkelt kan komma att påverka när användaren av metoden själv får välja vilken orsak den finner mest passande för sitt specifika fall. Detta gör att väldigt unika relationer kan uppkomma vilka endast är anpassade för en handfull funktioner. Likheter mellan gruppernas orsakskoder är "materialflöde" och "samma personal"/"personaltrafik" vilket kan anses som en självklarhet när en verkstadsyta för en produktionsanläggning skall planläggas.

I Tabell 4 kan det även noteras att de två grupperna ger olika närhetsbehov (E och O) till GROB-maskinerna i steg 1 trots att de delar samma orsakskod (personaltrafik). Detta tyder på en intern värdering på funktionerna, som inte kan avläsas i sambandsdiagrammet. Processen i vilket valet av närhetsbehov och orsak bestäms lider av osedda faktorer. När användaren skall bedöma huruvida två funktioner skall placeras bredvid varandra, görs en bedömning av funktionens vikt i operationen. Till exempel anses GROB-maskinerna betydligt mycket viktigare än datorstationen i lokalplanläggningen, vilket då leder till att närhetsbehoven och orsakerna anpassas därefter. Detta innebär att en "gömd" subjektiv bedömning görs på om två funktioners relation är viktigare än två andras, fastän de kan ha samma närhetsorsak. Detta blir en svårkontrollerad process där aktiva val tas utan att de kan kontrolleras av metoden. Ytterligare variation mellan de två gruppernas samband skulle även kunna bero på att närhetsbehoven inte är tillräckligt tydligt definierade i metoden vilket leder till att användaren måste göra ett aktivt val mellan två närhetsbehov. Valet, som beror på åsikter, bakgrund och erfarenhet, leder till variation längre fram i FSLP, då sambandsskisserna och de alternativa huvudplanerna baseras på detta val.

Graden av subjektiva åsikter i steg 2 är svår att avgöra eftersom stegets syfte är att sammanställa viktig information om de berörda funktionerna snarare än att ta aktiva beslut. Det som däremot kunde fastställas från Tabell 4 är att kandidatgruppen valde att addera ytterligare ett servicekrav till listan som systergruppen inte gjorde. Hur detta påverkar själva objektiviteten är även det svårt att fastställa eftersom det endast ger mer information om funktionernas servicebehov snarare än att resultatet kommer att påverkas av en subjektiv åsikt. Däremot kan det konstateras att funktionernas arealer skiljer sig något åt, vilket kan peka på en skillnad i utförandet i steget som sedan kan komma att ge olika resultat i efterföljande steg. Anledningen till detta grundas i den indata respektive grupp har samlat in.

De aktiva valen som togs i steg 3 begränsas till positioneringen av funktionerna relativt varandra. Det som skiljde sig mellan systergruppen och projektgruppen var hur den slutgiltiga designen valdes att tas fram. Systergruppen baserade sin skiss på önskemål från GKN, medan projektgruppen valde att skapa en design helt baserat på egna erfarenheter och bakgrunder med utgångspunkt i det tillvägagångssätt som FSLP

säger. Gruppernas resultat blev markant olika, då projektgruppens skiss blev mer avståndsoptimerad medan systergruppens tog en mer traditionell form. Likt tidigare steg lider steg 3 av en dåligt definierad arbetsgång. Användaren skall endast själv försöka optimera avstånden mellan funktionerna baserat på sambanden utan någon matematisk eller vetenskaplig modell. Detta tillvägagångssätt lägger därför en grund för att låta subjektiva åsikter få fotfäste i den skiss vilken kommer lägga grunden för de alternativa huvudplanerna i steg 4 och till sist den slutgiltiga lokalplanläggningen.

Steg 4 är helt baserat på subjektivitet, då användaren själv avgör de alternativa huvudplanlösningarna och steget har den vagaste beskrivningen av utförandet. Denna kombination leder till att resultatet är starkt beroende på användarens erfarenhet inom produktionsverksamheter. Erfarna utövare baserar huvudplanläggningarna på utformningar de har sett i liknande verkstadsytor, medan oerfarna utövare placerar maskiner utan förutfattade åsikter. Medan detta kan ge mer kreativa och ibland användbara lösningar, kan det även leda till att orealiserbara huvudplaner tas fram. I en jämförelse mellan de två grupperna blir detta tydligt, då båda grupperna är relativt oerfarna. Därför baserade de sina lösningar på de få gånger de har utfört planläggningar tidigare och den information de har givits av GKN. Då systergruppen följde önskemålet av rak placering av maskinerna blev deras utformningar mycket mer traditionella än projektgruppen, som kunde placera maskiner på olika vinklar och liknande.

Utvärderingen av de alternativa huvudplanerna i steg 5 är det steg i metoden där den största skillnaden mellan projektgruppen och systergruppen uppstår. De värderingskategorierna som används för att jämföra de olika huvudplanerna har vissa likheter, till exempel betygsätts huvudplanernas flexibilitet och framkomlighet/yta runt maskiner. Dock värderar systergruppen investeringskostnader, något projektgruppen har valt att förbise. Skillnaden i värderingskategorierna påverkar starkt de slutgiltiga resultaten, och många av dessa dessutom inte kan kontrolleras på ett objektivt sätt.

Den mest objektiva värderingskategorin, positioneringen, skiljer också mellan de två grupperna. I systergruppens metodik valdes positioneringsvärderingen inte att utföras förrän det bedömdes att det andra resultatet av var för snarlikt. Efter dess implementering blev den tidigare vinnande huvudplanen lägst rankad. Detta tyder starkt på, likt de tidigare stegen, att stegets resultat beror främst på vilka värderingskategorier som väljs. Då FSLP inte beskriver hur detta görs på bästa sätt blir det en betydande orsak till subjektivitet.

Eftersom steg 6 inte utfördes av systergruppen och endast begränsat genomförts av kandidatgruppen är det svårt att göra en fullständig analys av var de subjektiva åsikterna kan komma att påverka steget. Det som däremot kan konstateras utifrån metoden är att stegets syfte är att sammanställa all viktig data vilken har uppkommit ur de tidigare stegen och införa det i den valda lösningen från steg 5. Eftersom detta steg inte innehåller de kritiska och avgörande valen kan det ses som viktigare att lägga fokus på tidigare steg för att kunna öka metodens objektivitet.

FSLP som metod för lokalplanläggning av en produktionsanläggning är effektiv då den ger ett ramverk att utgå från och göra en bedömning. Metoden är dock väldigt starkt beroende på den indata som används, samt vilken bakgrund och koppling till ytan användarna har. Beroende på erfarenhet inom produktionsverksamheter blir resultatet varierande. Erfarna produktionstekniker kan "blindas" av erfarenhet samtidigt som nyare användare kan skapa orealiserbara huvudplaner. Allt detta härstammar från en generellt dålig definierad arbetsgång vilket gör det svårt för användaren att ta korrekta beslut.

4.3 Sökning och sällning av virtuella verktyg

Valet att använda en Kesselringmatris grundas i att kandidatarbetets medlemmar använt den i tidigare arbeten. Verktöget gör det lättare att systematiskt bedöma varje alternativ och jämföra dem rättvist. Det ska dock noteras att de siffror som fås från Kesselringmatrisen är subjektiva bedömningar, och inget som är matematiskt framtaget. Detta speglas i bedömningen. Till exempel är det subjektivt att avgöra hur väl ett verktyg kompletterar FSLP.

I efterhand har kandidatgruppen konstaterat att vissa av kriterierna var mindre viktiga än andra. Ett exempel på det är kostnaden. Eftersom bedömningen gjorts utifrån kandidatgruppens förutsättningar och många programvaror kan testas gratis i en begränsad tid har kostnad i princip inte varit ett problem för någon av programvarorna.

Ett problem som uppstått vid sällningen är att gruppen inte haft tillräcklig kunskap om verktygen. Det ger inte en rättvis bedömning och hade åtgärdats om kandidatprojektet haft mer tid att läsa på om de olika verktygen. Mer tid till sökningen hade förmodligen resulterat i fler funna verktyg, eftersom till exempel systergruppen använt virtuella verktyg som den egna kandidatgruppen inte hittat.

4.4 Komplettering med virtuella verktyg

Detta delkapitel sammanfattar diskussion och analys av de virtuella verktyg vilka sällades fram med hjälp av Kesselringmatrisen i Figur 14.

SmartDraw - Facility Planning Software

Programmet användes för att förenkla steg 3. Däremot är SmartDraw inte avsett att användas för att göra denna typ av arbete. Trots detta lyckas programmet att uppfylla de krav som ställdes för att skapa skisser i steg 3 i FSLP. Programmet är också väldigt lättanvänt eftersom det har ett intuitivt gränssnitt.

Layout Tool 3D Silver

I dagsläget är programmet LT3DS inget verktyg som tillför något till projektet och till utförandet av FSLP. Programmet har potential till att bli ett praktiskt verktyg, men i dagsläget är det oanvändbart. Det innehåller ett stort antal buggar och programmets funktioner fungerar inte som utlovat. Innan programmet kan användas i någon större utsträckning för att underlätta en FSLP krävs det mycket vidareutveckling. Med tillgång till ett färdigutvecklat LT3DS kan steg 4 effektiviseras eftersom programmet matematiskt beräknar den optimala placeringen av funktioner på en yta. Även antalet aktiva val användaren behöver ta i steg 4 reduceras och därmed minskar subjektiviteten.

Flow Planner

Även om möjligheten finns att använda Flow Planner som delsteg i FSLP är det inte optimerat för just detta vilket medför att användargränssnittet blir ologiskt. Det verkar som att utvecklaren till programmet, Proplanner, insåg att det fanns möjlighet att slänga in FSLP som en extra funktion i programmet. Med enkla förbättringar som att byta namn på olika flikar och knappar skulle användarvänligheten öka dramatiskt, även om det inte eliminerar alla problem med programmet. Felhanteringen i programmet är även den bristfällig, där användaren får minimal hjälp att hitta felkällan till varför saker inte fungerar. För en erfaren användare är dock detta inga direkta problem och Flow Planner kan då vara till stor nytta som komplement till traditionella metoder.

Rent objektivt bidrar inte programmet inte nämnvärt. Däremot minskar Flow Planner avsevärt tiden att ta fram och utvärdera nya layouter. Istället för att för hand rita ut och mäta alla linjer sköter programmet

detta automatiskt. Med funktioner som att släcka vissa närhetsbehov för att lättare utvärdera andra, kan justeringar i layouten snabbt utföras för att sedan räkna om resultatet.

En annan fördel med programmet är att layouten och strecken blir mer exakt då allt ritas upp i CAD. Detta eliminerar en eventuell mänsklig felkälla då det inte går att mäta lika exakt för hand.

AutoCAD, punktmoln och Navisworks

Anledningen till att laserskanningen är ett bra verktyg är för att det ger en korrekt bild av verkligheten om mätningen utförts korrekt. När punktmolnet behandlats har kandidatgruppen upplevt en viss skevhet i punktmolnet, framför allt har väggarna upplevts sneda. Detta kan antingen vara sanningen eller beror det på mätfel alternativt fel vid hopsättning av de olika laserskanningarna. Hela fabriksytan skannas inte i ett svep utan det sker i segment. Hopsättning av dessa segment görs med hjälp av fasta referenspunkter. Detta är en stor felkälla, då hela funktionaliteten bygger på en korrekt laserskanning.

Ett mindre problem som uppstått med punktmolnet var att det hade rensats på objekt, till exempel tillfälligt stående containrar. Vid rensning av ytan i molnet ersätts inte de borttagna objekten med ytor, istället blir det "hål" i punktmolnet. Detta ledde till svårighet att få en övergripande blick på ytan, då det var svårt att differentiera mellan borttagna ytor och objekt som var höga nog att deras toppyta inte hade skannats in. Detta var dock nödvändigt för att kunna använda ytan i presentationssyfte. Klart bäst hade det varit om ytan varit rensade innan laserskanningen utfördes, vilket dock inte var möjligt.

Navisworks är det program som var lösningen till problemet med att bearbeta punktmoln och CAD-filer tillsammans. Programmet rekommenderades av projektets handledare, Daniel Nåfors och används flitigt för just detta ändamål. Det finns fler alternativ såsom ReCap Pro, ett annat program från Autodesk, men av de två skälen ovan valdes Navisworks. Navisworks togs inte upp i sällningen eftersom det långt efter sällningen var gjord upptäcktes AutoCAD inte kunde hantera CAD-filer och punktmoln på det sätt som kandidatgruppen önskade.

4.5 Felkällor

Kandidatgruppens utförda FSLP begränsades av att den gjordes utifrån metodens specificerade steg, vilka presenterades under metodavsnittet. Här kan människans ibland dåliga förmåga att inte se helhetsperspektivet spela in när lokalplanläggningen skall visualiseras i en verklighetstrogen miljö. Det var därför som den kompletterades med virtuella verktyg vilka eventuellt gjorde resultatet ännu bättre. Dock skall det nämnas att huvudsyftet med projektet har varit att göra en analys av objektiviteten hos FSLP, med hjälp den oberoende systergruppens resultat bland annat.

Den data som samlades in hos företaget har under projektets gång antagits vara korrekt och överensstämmande med verkligheten. Dock skall det tas i beaktning att denna data är insamlad av gruppen själva genom samtal med personer på företaget. Detta ger ingen garanti att det är helt korrekta data. Om detta inte skulle vara fallet och felaktigheter finns påverkas precisionen av layoutens slututförande. Ett försök till att hantera detta har varit att använda sig av punktmolnet från laserskanningen och jämfört data från den med den givna ritningen av ytan. På så vis har projektet förhoppningsvis minskat risken för att lokalens verkliga utformning inte skall stämma överens med underlaget till lokalplanläggningen.

I jämförelsen mellan den kandidatgruppens egna FSLP och systergruppens FSLP noterades stora skillnader i den data som samlats in, bland annat innehåller inte systergruppens FSLP en gradstation. En anledning till detta är att olika personer från samma arbetsgrupp har intervjuats. Det skulle därför varit bättre att ha intervjuat flera personer eller alla personer som är involverade i planeringen av den nya

produktionen och verkstadsytan. Ett annat alternativ hade varit om de båda grupperna hade tilldelats samma info samtidigt genom att endast ett intervjutillfälle genomförts med de båda grupperna närvarande.

Kesselringmatrisen som användes för sållningsprocessen av de virtuella verktygen byggde dels på viktade kriterier och dels hur väl de olika verktygen uppfyllde dessa kriterier. För att kunna bestämma hur väl ett verktyg uppfyller ett visst kriterium krävs kunskap om själva verktyget. Ingen i gruppen har någon form av expertiskunskap i något av verktygen. Detta betyder att bedömningen av verktygens uppfyllnad av kriterierna gjordes utifrån svaga tidigare erfarenheter av ett fåtal av verktygen samt informationssökande om dem på internet. Detta kan leda till osäkerheter i Kesselringmatrisens resultat eftersom verktygen inte är rättvist representerade.

Som nämnt i diskussionen är felaktiga mätvärden i punktmolnet en stor felkälla. Korrekt data här säkerställs genom noggranna mätningar. Dock är denna felkälla utom projektgruppens påverkan eftersom punktmolnet tilldelats gruppen av handledaren Daniel Nåfors.

5. Rekommendationer och vidareutveckling

I detta avsnitt sammanfattas projektgruppens rekommendationer och möjliga vidareutvecklingsområden som kan ligga till grund för fortsatt arbete för såväl 3D SILVER som en tredje part. Avsnittet är uppdelat efter respektive steg, i metoden FSLP, där både objektivitet och komplettering med virtuella verktyg tas i beaktning för rekommendationerna. Den sista delen innehåller en kort reflektion kring vad som bör tas i beaktning om projektet skulle utföras på nytt.

5.1 Förenklad systematisk lokalplanläggning

Innan en FSLP startas ska en datainsamling i form av intervju utföras där det rekommenderas att ett flertal, eller alla, anställda som är involverade i den nya verkstadsytan samt produktionen närvarar. Detta eftersom att de arbetar med olika områden och har insikt i olika delar av produktionen. På så vis kan en mer korrekt data säkras, vilket i sin tur ger metoden bättre förutsättningar för att producera en bra lokalplanläggning.

Det skulle även kunna vara aktuellt att göra 2D-ritningar utifrån punktmolnet. Förutsättningen för detta är att laserskanningen av punktmolnet görs korrekt och noga. Görs detta innan påbörjandet av en FSLP förhindrar det även att orealiserbara planläggningar skapas.

Steg 1 - Kartläggning av samband

Det konstaterades i avsnitt 4.2 Analys av subjektiv påverkan att det obestämda formatet på orsakskoderna tillåter subjektiva åsikter att spela in i beslutstagandet. Det kan lösas genom att etablera ett begränsat antal orsakskoder som täcker in alla möjliga orsaker som kan komma uppkomma vid en layoutplanering av en produktionsanläggning. Om detta skulle vara fallet kan en sammanställning av dessa leda till en ökad objektivitet hos metoden eftersom det begränsar användarens val. Det skulle också förenkla utförandet av steget för användaren om ett begränsat antal orsakskoder kunde fastställas.

Ytterligare ett alternativ för att förenkla steg 1 för användaren är en tydligare beskrivning av de olika sambanden vilket skulle kunna leda till att valen som görs blir mindre subjektiva då förståelsen ökar. Även att flera människor är med och diskuterar fram närhetsbehoven i steg 1 kan hjälpa till att sänka den subjektiva påverkan. Då kan inte en enskild individs åsikter och erfarenhet influera de slutgiltiga valen i lika stor utsträckning.

Steg 2 - Fastställning av funktionskrav

Relativt de andra stegen är steg 2 ett mindre steg, men viktigt för att prioritera funktionernas behovssamband. Som det diskuterades i avsnitt 4.2 lider steg 2 av att metoden för värderingen av de olika funktionernas behovssamband är odefinierade. Skulle dessa struktureras tydligare hade metoden gynnats, då tydligare prioriteringar bland funktionernas behov hade kunnat göras.

Steg 3 - Skissning av funktionernas samband

SmartDraw gör steget väldigt enkelt och presenterbart. Programmet i sig är inget speciellt men ett program med liknande funktion som kan sammankoppla geometrier rekommenderas för att genomföra steg 3 eftersom att skissa för hand är tidskrävande. Stegets relevans kan däremot komma att ifrågasättas om en alternativ lösning tas fram till steg 4 vilken medför en matematisk framställning av de alternativa huvudplanerna.

Steg 4 - Ritande av alternativa huvudplaner

En fortsatt utveckling av LT3DS rekommenderas då det kan förenkla steg 4 samt minska subjektiv påverkan i steget eftersom en planläggning tas fram rent matematiskt. Om programmet lyckas bli "komplett" kan det ersätta både steg 3, 4 och 5 eftersom endast en planläggning tas fram. Viktigt är att inte de mjuka aspekterna glöms bort för att få en socialt hållbar lokalplanläggning.

Steg 5 - Värdering av de olika alternativen

Flow Planner kan minska tidsåtgången avsevärt gällande positionsberäkningen eftersom programmet gör det lätt att justera layouterna och få exakta beräkningar. Det kan däremot inte bidra till minskad subjektivitet eller förenkla värderingsschemat på något sett.

Likt steg 1 bör även de olika värderingsalternativen och betydelsen av dess viktningar förtydligas för att underlätta användarens val. Detta skulle då kunna minska utrymmet för den fria tolkningen av de olika värderingsskalorna. På liknande sätt som steg 1 skulle det även kunna finnas ett bestämt antal värderingsfaktorer som är anpassade just för en produktionsbaserad lokalplanläggning.

Funktionen att definiera gångytor i Flow Planner har inte använts i projektet, men kan vara intressant. Istället för att mäta avstånd fågelvägen kan avstånden istället mätas genom att följa gångytorna. Detta ger en avståndsmätning som är mer relevant.

Steg 6 - Detaljutformning av den valda planlösningen

Att använda sig av laserskanning för att få fram ett punktmoln över verkstadsytan rekommenderas. Punktmolnet kan utesluta felaktiga ritningar som leder tillorealiserbara planläggningar. Det finns stora fördelar med att använda Navisworks och AutoCAD för att visualisera resultatet i steg 6 genom att placera 3D-modeller i ett punktmoln respektive hantera ritningar. Det går då att skapa sig en känsla för om layouten kommer kännas trång eller om någon placering visar sig vara kritisk.

5.2 Framtida förbättring av projektet

Om projektet skulle utföras igen rekommenderas det att datainsamlingen sker under lika förutsättningar och den egna gruppen och jämförelsegruppen får samma data. Det skulle också underlätta och förbättra resultatet om de båda grupperna fick lika tillgång till material och virtuella verktyg. På så sätt skulle det ge en mera rättvis analys där det finns förutsättningar för att jämföra ett mera exakt utförande av metoden FSLP.

Det rekommenderas även att planera för en längre tidsåtgång för den jämförande analysen. Endast två veckor på ett totalt fem månader långt projekt är för kort tid för att kunna skapa en fullt kvalitativ analys. Det skapade tidsnöd och gav inte det djup i analysen vilket hade varit önskvärt.

För att gynna företagen som medverkar i projektet skulle de virtuella verktygen kunna väljas på ett sådant sätt att de är applicerbara för industrin. I detta projekt togs ingen hänsyn till de virtuella verktygens förekomst i industrin, utan endast preliminära sökningar gjordes utifrån studenternas erfarenhet och resurser. Det finns därför en risk att de virtuella verktygen kan bidra med en relevant komplettering utan att egentligen vara implementerbara i industrin.

6. Bidragsrapport över individuella bidrag

I linje med den givna rapportstrukturen tillhandahållen av Chalmers tekniska högskola skall en bidragsrapport finnas med för att styrka varje enskild medlems bidrag till slutresultatet. För att enklare strukturera upp gruppmedlemmarnas bidrag har bidragsrapporten delats in i tre avsnitt. De två första delarna utgörs av beskrivande texter medan den sista endast är en lista över huvudförfattare till respektive avsnitt.

6.1 Ansvarsområden

I början på varje vecka har gruppen samlats och haft genomgång om vad som skall vara klart efter den kommande veckan. Detta gjordes med hjälp av det Gantt-schema som skapades tillsammans med planeringsrapporten. Gantt-schemat kom sedan att uppdateras under projektets gång efter att nya förutsättningar uppkommit. I samband med veckogenomgången har varje gruppmedlem fått en uppgift att göra under veckan. I början av projektet etablerades en gruppledarroll som gruppmedlemmarna turats om att axla. Gruppledaren har suttit på sin post två veckor åt gången och har skött kommunikation utåt, organiserat arbetet samt haft avgörande röst vid oavgjorda diskussioner.

Gällande informationshämtning har kandidatgruppen gjort en sökning efter virtuella verktyg. Johan och Oscar hade huvudansvaret för själva letandet. När potentiella verktyg var hittade delades ansvaret upp på alla medlemmar att undersöka verktygen närmare. I avsnitt 6.3 finns det specificerat vem som har huvudansvar.

Metoden som skulle användas var given av projektets utformning. Däremot saknades det en metod för att kunna analysera graden av objektivitet hos FSLP. Denna fastställdes genom samtal med Lars-Ola Bligård och diskussions inom kandidatgruppen. Framförallt Oscar var ledande i diskussionen kring definitionen av både objektivitet och subjektivitet.

Sammanhållningen mellan samtliga gruppmedlemmar har varit mycket god vilket har lett till att arbetet till största del har fortskridit genom att sitta tillsammans och arbeta. Undantag för detta har varit när de virtuella verktygen skulle användas då bland annat Johan arbetade hemma med Flow Planner eftersom han använde sin stationära dator. Gruppen har applicerat teorin "arbete under eget ansvar" vilken har varit mycket lyckad då ingen medlem har varit sen med att producera sin del.

6.2 Bidrag till problemlösning

Som nämnt i tidigare avsnitt har gruppen haft en väldigt bra sammanhållning. Detta har lett till att några större problem aldrig har uppstått. När gruppen har haft splittrade åsikter har beslut fattats genom omröstning där veckans projektledare har haft utslagsröst för att kunna avgöra ett oavgjort resultat eftersom gruppen endast består av fyra medlemmar.

Gruppens "idéspruta" har varit Anna och resten av gruppen har hjälpt till att utveckla och realisera dessa idéer. Projektet har inte riktigt haft utrymme för någon speciell typ av kreativitet. Det närmsta som kan liknas vid detta var i steg 4 i metoden FSLP när de alternativa huvudplanerna skulle skapas. Då satt gruppen tillsammans och diskuterade fram olika typer av lösningar där alla fick möjlighet att testa sina idéer.

Projektets version av att skapa en modell är den slutgiltiga lokalplanläggningen som fastställdes med hjälp av FSLP. Eftersom alla i gruppen har varit med och bidragit i de olika stegen är alla delaktiga i den

slutgiltiga layouten. Däremot var de Johan som visualiserade den valda planläggningen i Navisworks med hjälp av punktmoln och tillhandahållna CAD-modeller av GROB-maskinerna.

Anna och Oscar bar huvudansvaret för analysen av metodens objektivitet. Detta eftersom Victor och Johan förberedde presentationen och redovisningen av den obligatoriska uppgiften i forskningsmetodik. Återigen har gruppen haft en tydlig uppdelning av arbetsuppgifter vilka har sett till ett lyckat resultat. Grunden i de analyser och slutsatser som gjorts har använt diskussion mellan medlemmarna som verktyg för att uppnå önskat resultat.

Diskussion har genomsyrat hela kandidatarbetet och varit ett naturligt arbetssätt för gruppen. Samtliga medlemmar har varit delaktiga och att lyssna på allas åsikter, vilket har varit nyckeln till en produktiv diskussion. Eftersom medlemmarna kommer från olika programinriktningar, har läst olika kurser samt har olika arbetslivserfarenheter har allas åsikter varit värdefulla för diskussionerna.

Slutsatserna från arbetet sammanfattas i avsnitt 5 Rekommendationer och vidareutveckling. Eftersom medlemmarna har bidragit med olika delar till stegen i FSLP kunde rekommendationer lämnas utifrån egna erfarenheter. Exempel på detta är att Oscar och Victor använde LT3DS där det upptäcktes en del brister samt att Anna kunna dra generella slutsatser om metoden och Johan såg potential i att använda punktmoln kombinerat med 2D-skisser.

6.3 Huvudansvarig författare av avsnitt

Sammandrag	Victor
Abstract	Oscar
1. Inledning	Oscar
1.1 Bakgrund	Oscar
1.2 Syfte	Victor
1.3 Förutsättningar och begränsningar	Anna
1.4 Introduktion till subjektivitet och beslutsfattande	Oscar
1.5 Introduktion av verkstadsyta	Victor
2. Metod	Anna
2.1 Datainsamling	Victor
2.2 Förenklad systematisk lokalplanläggning	Anna
Steg 1 - Kartläggning av samband	Anna
Steg 2 - Fastställning av funktionskrav	Anna
Steg 3 - Skissning av funktionernas samband	Anna
Steg 4 - Ritande av alternativa huvudplaner	Anna
Steg 5 - Värdering av de olika alternativen	Anna
Steg 6 - Detaljutformning av den valda planlösningen	Anna
2.3 Analys av subjektiv påverkan	Victor
2.4 Sökning av virtuella verktyg	Oscar
2.5 Sällning av virtuella verktyg	Victor
2.6 Komplettering med virtuella verktyg	Oscar
Layout Tool 3D Silver	Victor
Flow Planner	Johan
SmartDraw - Facility Planning Software	Anna
AutoCAD, punktmoln och Navisworks	Victor, Johan

3. Resultat	Oscar
3.1 Datainsamling	Johan
3.2 Förenklad systematisk lokalplanläggning	Anna
Steg 1 - Kartlägga samband	Oscar
Steg 2 - Fastställa funktionskrav	Victor
Steg 3 - Skissa funktionernas samband	Anna
Steg 4 - Rita alternativa huvudplaner	Oscar
Steg 5 - Värdera de olika alternativen	Johan
Steg 6 - Detaljutforma den valda planlösningen	Victor
3.3 Analys av subjektiv påverkan	Oscar, Anna
3.4 Sökning av virtuella verktyg	Victor
Flow Planner	Johan
SmartDraw - Facility Planning Software	Victor
MEDUSA Plant Design Software	Johan
AviX Resource Balance	Johan
3DCreate	Anna
AutoMod	Oscar
Process Simulate	Oscar
Laserskanning	Victor
Layout Tool 3D Silver	Victor
AutoCAD	Victor
3.5 Sällning av virtuella verktyg	Anna
3.6 Komplettering med virtuella verktyg	Oscar
SmartDraw - Facility Planning Software	Anna
Layout Tool 3D Silver	Oscar
Flow Planner	Johan
AutoCAD, punktmoln och Navisworks	Victor, Johan
4. Diskussion	Oscar
4.1 Förenklad systematisk lokalplanläggning	Anna
Steg 1 - Kartläggning av samband	Anna
Steg 2 - Fastställning av funktionskrav	Anna
Steg 3 - Skissning av funktionernas samband	Oscar, Victor
Steg 4 - Ritande av alternativa huvudplaner	Oscar
Steg 5 - Värdering av de olika alternativen	Oscar
Steg 6 - Detaljutformning av den valda planlösningen	Victor
4.2 Analys av subjektiv påverkan	Oscar, Anna
4.3 Sökning och sällning av virtuella verktyg	Victor
4.4 Komplettering med virtuella verktyg	Anna
SmartDraw - Facility Planning Software	Anna
Layout Tool 3D Silver	Oscar
Flow Planner	Johan
AutoCAD, punktmoln och Navisworks	Victor, Johan
4.5 Felkällor	Anna
5. Rekommendationer och vidareutveckling	Anna
5.1 Förenklad systematisk lokalplanläggning	Anna, Oscar
5.2 Framtida förbättringar av projektet	Anna, Oscar
6. Bidragsrapport över individuella bidrag	Anna
6.1 Ansvarsområden	Anna

6.2 Bidrag till problemlösning
6.3 Huvudansvarig författare av avsnitt

Anna
Anna

Referenser

- AVIX. (2017). AVIX. Hämtat från AVIX: <http://www.avix.eu/> den 23 Mars 2017
- CAD Schroer. (2017). CAD Schroer. Hämtat från CAD Schroer: <http://www.cad-schroer.com/products/mpds4/factory-layout.html> den 25 Mars 2017
- Chalmers tekniska högskola. (den 8 Februari 2016). Hämtat från Research.Chalmers.se: <https://research.chalmers.se/project/6640> den 17 Februari 2017
- Johannesson, H., Persson, J.-G., & Petterson, D. (2004). *Produktutveckling - effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber AB.
- Muther, R., & Wheeler, J. D. (1962). *Förenklad systematisk lokalplanläggning*. (K. Hagenäs, & G. D. Svensson, Övers.) Stockholm: Sveriges rationaliseringsförening.
- Proplanner. (2017). Proplanner. Hämtat från Proplanner: http://www.proplanner.com/en/products/flow_planner/ den 25 Mars 2017
- Siemens. (2017). PLM Automation Simens. Hämtat från PLM Automation Simens: https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/assembly/process-simulate.shtml den 25 Mars 2017
- SmartDraw. (den 24 Mars 2017). Hämtat från SmartDraw: <https://www.smartdraw.com/floor-plan/facility-planning-software.htm> Mars 2017
- Visual Components. (2017). Visual Components. Hämtat från Visual Components: <http://www.visualcomponents.com/> den 24 Mars 2017

Bilagor

A. Sammanställning sökord virtuella verktyg

Programnamn/verktygsnamn:	Sökord/Hur metoden hittats:	Beskrivning:	Relaterat Steg i FSLP:	Hyperlänk:
Proplanner, Flow Planner	http://imgtfy.com/2q-Systematic-Layout-planning-program	Poängsätter olika layouts. Smidigare användning FSLP för hand.	Steg 3	http://www.proplanner.com/en/products/flow_planner/
Smart Draw - Facility Planning Software	production layout planning, software	Ett program som underlättar skisseringen av verkstäder och minskar tiden drastiskt	Steg 3	https://www.smartdraw.com/floor-plan/facility-planning-software.htm
3D Factory Layout Software – MPDS4	production layout planning, software	Layout planeringsverktyg	Steg 6	http://www.cad-schroer.com/products/mpds4/factory-layout.html
AVTX	Från Production-Master Studenter	Nedbrytning av manuell monterning		http://www.avix.eu/
3DCreate*	3D Create	Visuellt verktyg för att bygga upp och simulera en fabrik i	Steg 5/6	http://www.visualcomponents.com/
AutoMod*	AutoMod	Kraftigt program för snabb analys av produktionsflöden	Steg 5	Kursen Virtuall Production vid institutionen PPU på CTH
Process Simulate	Tips från Production-Master Studenter	Ett verktyg som tillåter optimering, provning och verifiering i en virtuell miljö, så att man slipper produktions stopp vid upp-rampning	Steg 5	https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/assembly/process-simulate.shtml
Laserscanning	Givet från handledare	Scanningen görs i lokalen som skall lokalplanläggas. Detta genererar ett punktmoln över hela lokalen där varje punkt har exakta mått och färgkod.	Steg 4,6	-
Layout Tool 3D Silver*	Önskemål från handledare/projektets deltagare	Optimerar placering av maskiner på en vald yta. Här kan punktmolnsscanning användas.	Steg 4	http://layouttool.codeplex.com/
AutoCAD*	Tips från handledare till projektet	Genom att föra in ett punktmoln i AutoCAD och sedan lägga in CAD-ritningar över maskiner kan man undersöka om saker och ting faktiskt får plats.	Steg 4,6	http://www.autodesk.com/education/free-software/autocad

* Program vilka var kända av gruppen innan sökningen inleddes

B. Sambandsdiagram

Plant (Company) GKN Aerospace

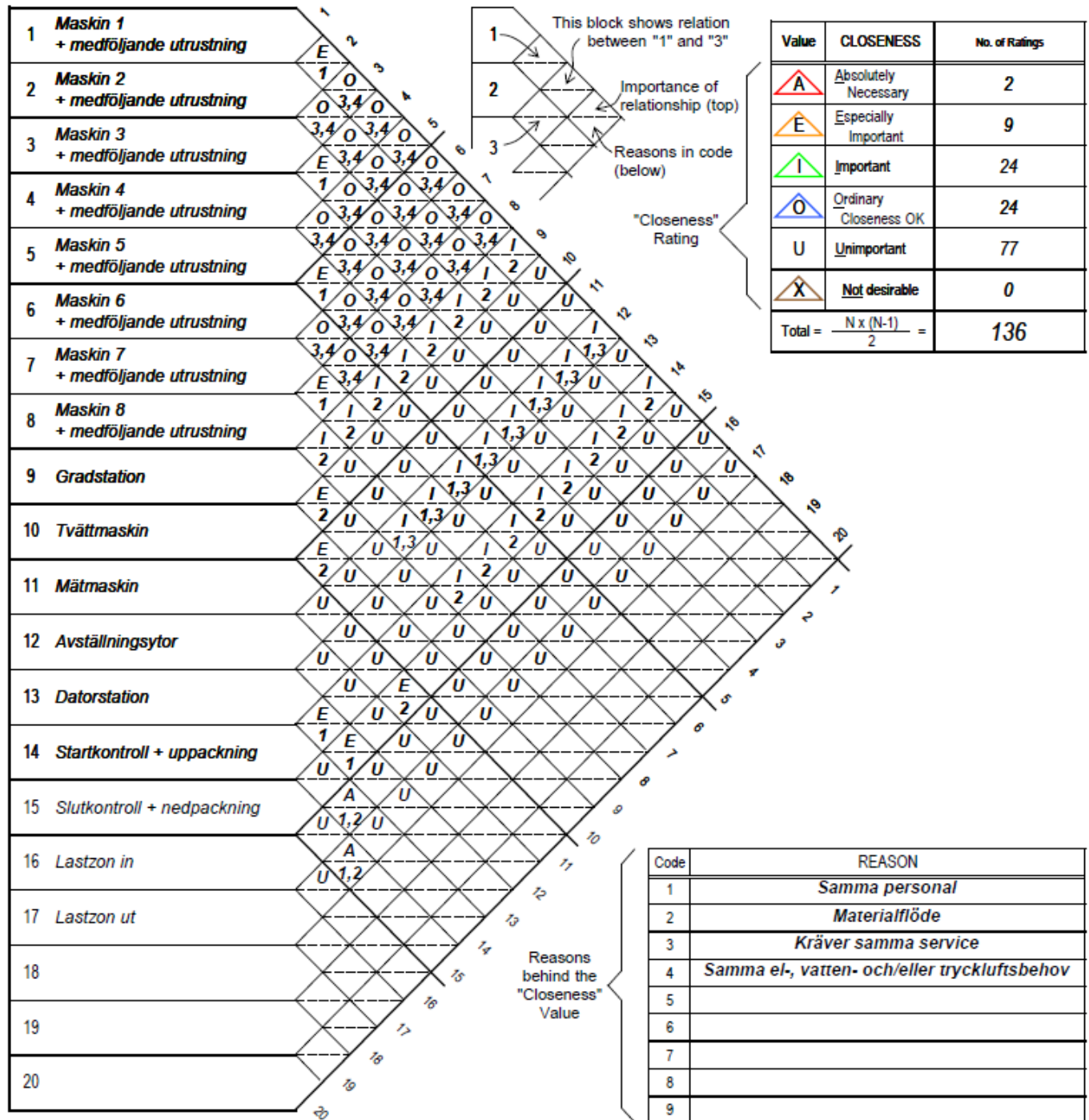
Project PPUX03-17-83-2

Chartered by A. Palmqvist

With O. Palmqvist, V. Björk, J. Larsson

Date Mars 2017

Sheet 1 of 3



C. Utrymmes och servicebehov

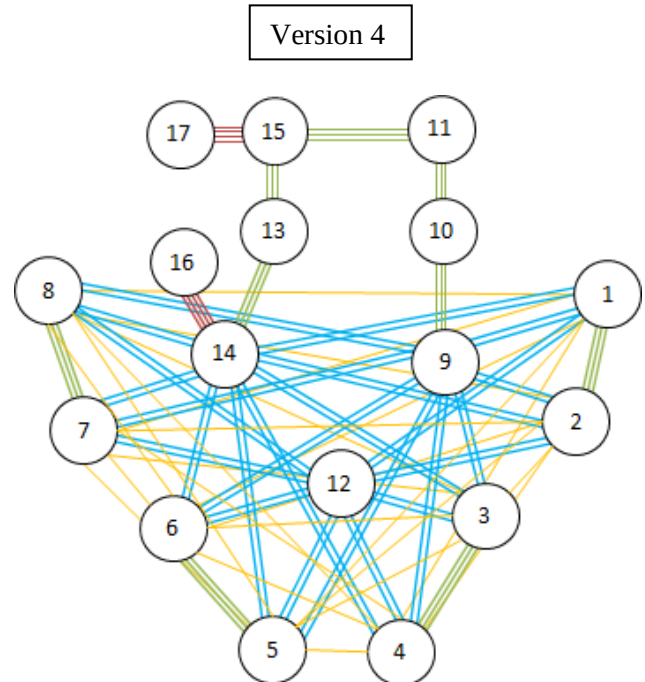
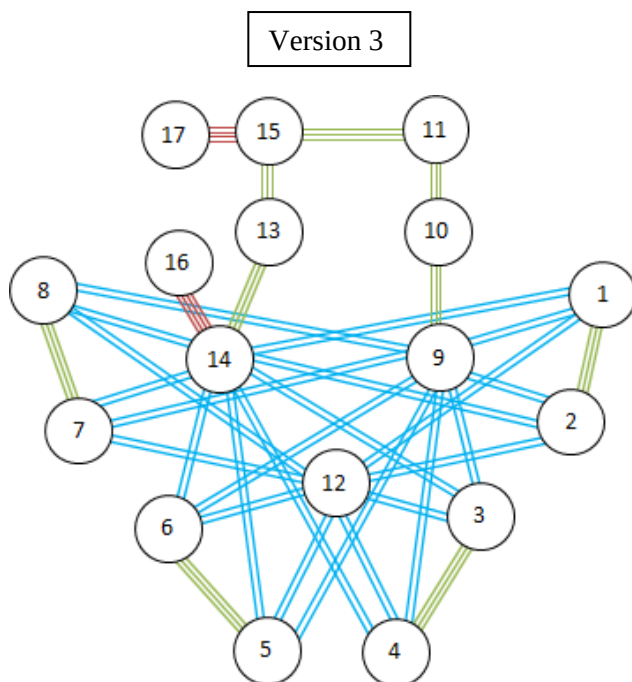
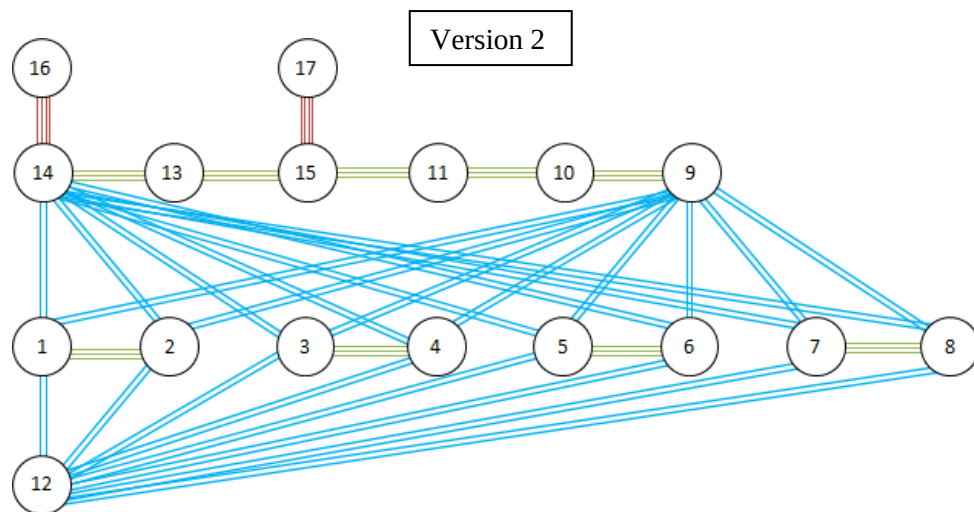
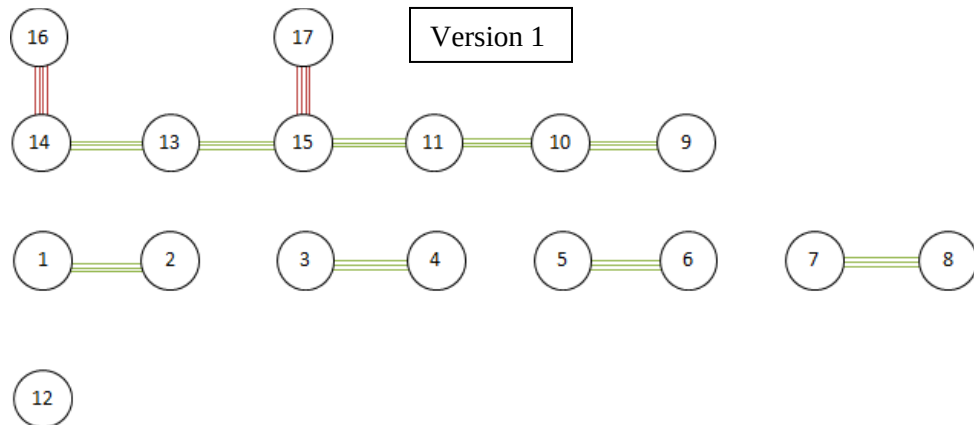
Nr.		Namn	Requirements for Shape or Configuration of Area (Space)											
			Overhead Clearance		Max. Overhead Supporter Lc		Max. Floor Loading		Min. Column Spacing		Relative Importance of Features		Enter Requirements for Shape or Configuration	
			Area [m ²]	Total: 222	Enter Unit and Required Amount under each						A - Absolutely Necessary E - Especially Important I - Important		O - Ordinary Importance - - Not Required	
					m	ton	ton/m ²	m	Fundament byggs oavsett placering av funktionerna					
					Nuvarande takhöjd räcker				Redan existerande traverser är överdimensionerade					
					Pelare redan upplacerade i befintlig lokal									
1.		Maskin 1 + medföljande utrustning	3.5x6.2	21.7							A	-	A	A
2.		Maskin 2 + medföljande utrustning	3.5x6.2	21.7							A	-	A	A
3.		Maskin 3 + medföljande utrustning	3.5x6.2	21.7							A	-	A	A
4.		Maskin 4 + medföljande utrustning	3.5x6.2	21.7							A	-	A	A
5.		Maskin 5 + medföljande utrustning	3.5x6.2	21.7							A	-	A	A
6.		Maskin 6 + medföljande utrustning	3.5x6.2	21.7							A	-	A	A
7.		Maskin 7 + medföljande utrustning	3.5x6.2	21.7							A	-	A	A
8.		Maskin 8 + medföljande utrustning	3.5x6.2	21.7							A	-	A	A
9.		Gradstation	3x1.5	4.5							-	E	E	-
10.		Ivättmaskin	1.5x1.5	2.25							E	-	-	E
11.		Mätmaskin	1.5x1.5	2.25							-	-	-	-
12.		Avställningsyor	6x3	18							-	-	-	-
13.		Datorstation	1x1	1							-	-	-	A
14.		Startkontroll + uppackning	2x2	4							-	-	-	-
15.		Slutkontroll									-	-	-	-
16.		Laszon in	2x2	4							-	-	-	-
17.		Laszon ut	3x2	6							-	-	-	-
17.		Laszon ut	3x2	6							-	-	-	-

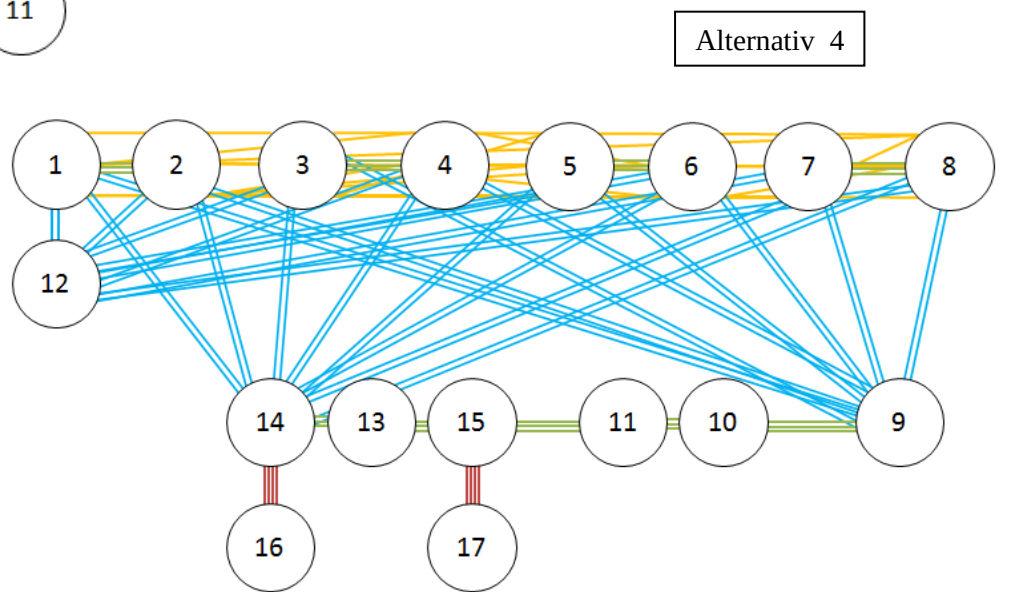
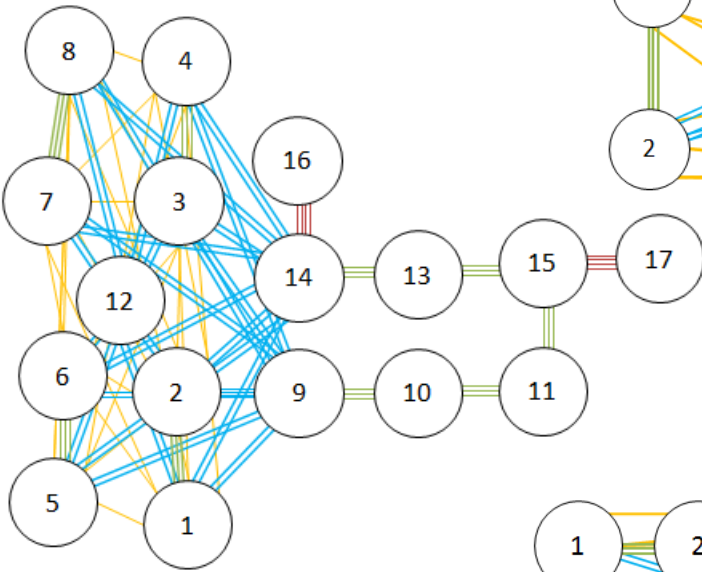
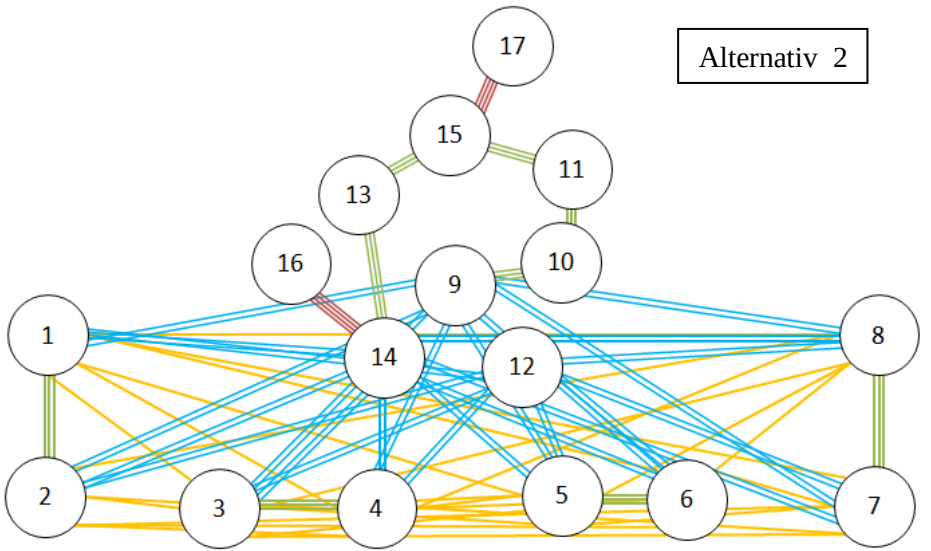
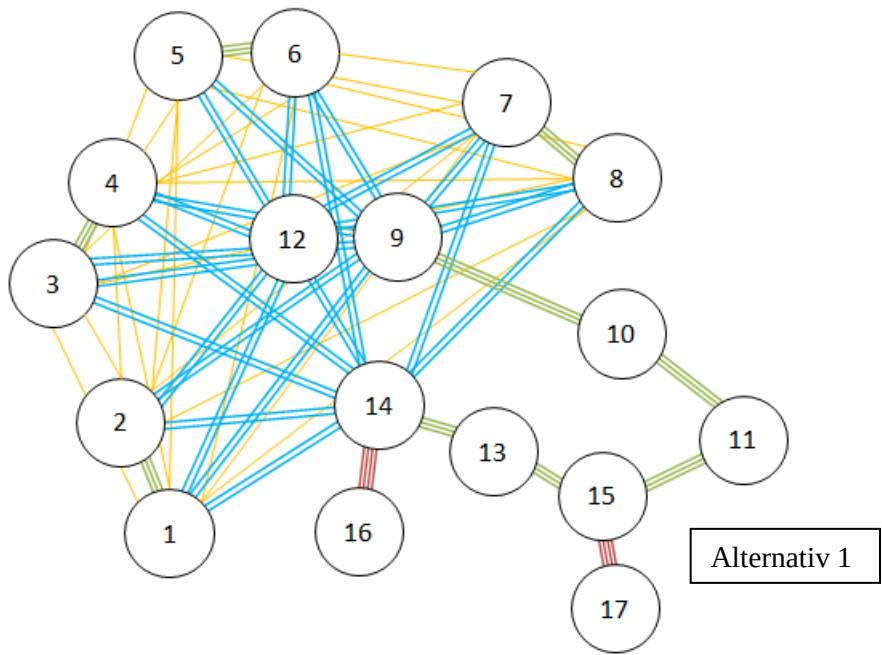
Dess form är beräknad som en rektangel för att förenkla matrisberäkningarna

2x verktygsställ (3x1), 4x palldragare (0.5x2), ställapparat (3x1)

a) Förutsätter separat fundament

D. Tidiga versioner och individuella skisser





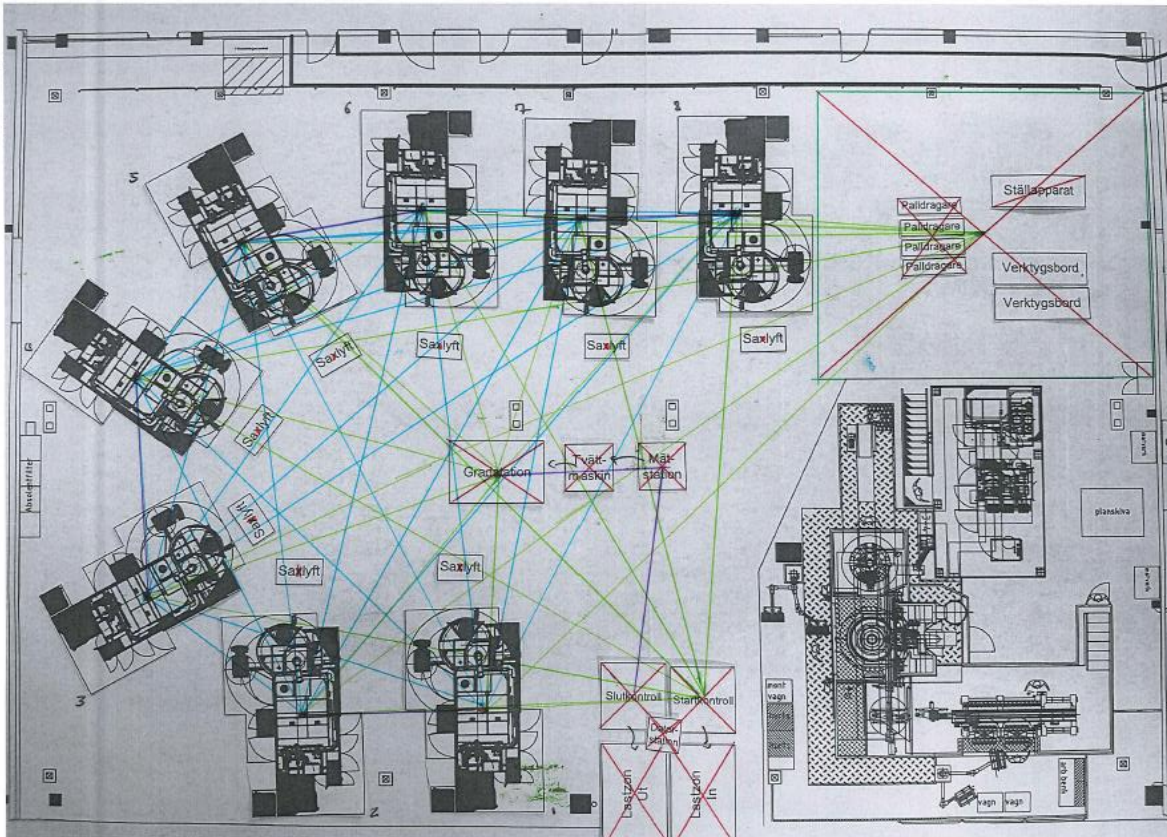
E. Avståndspoäng och mätningar på huvudplanerna

			Juliette		Lodet		Lima		Vågen		Golf	
Funktioner		Vikt	Avst.	Poäng	Avst.	Poäng	Avst.	Poäng	Avst.	Poäng	Avst.	Poäng
A												
14	16	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	17	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E												
1	2	50	4.1	205	3.5	175	3.7	185	4	200	6.6	330
3	4	50	5.2	260	3.8	190	4.6	230	10.4	520	3.8	190
5	6	50	4.1	205	3.8	190	3.6	180	3.5	175	4.6	230
7	8	50	3.5	175	3.8	190	6.5	325	3.5	175	3.8	190
9	10	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	15	50	5.5	275	4.7	235	2.5	125	5.8	290	5.6	280
13	14	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	15	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I												
1	9	20	5.6	112	6.8	136	2.6	52	5.3	106	6.1	122
1	12	20	16.6	332	6.1	122	9	180	6.8	136	17	340
1	14	20	5.1	102	13.6	272	9	180	5.5	110	5.5	110
2	9	20	7.5	150	5.8	116	11	220	7.5	150	9.5	190
2	12	20	20	400	6.8	136	6.3	126	5.2	104	23.1	462
2	14	20	9.4	188	10.3	206	9.3	186	9.8	196	12.3	246
3	9	20	8.8	176	7.7	154	10.8	216	10.6	212	7.1	142
3	12	20	21.8	436	10.1	202	5.8	116	6.5	130	21.2	424
3	14	20	13.4	268	6.2	124	10.9	218	13.5	270	12.3	246

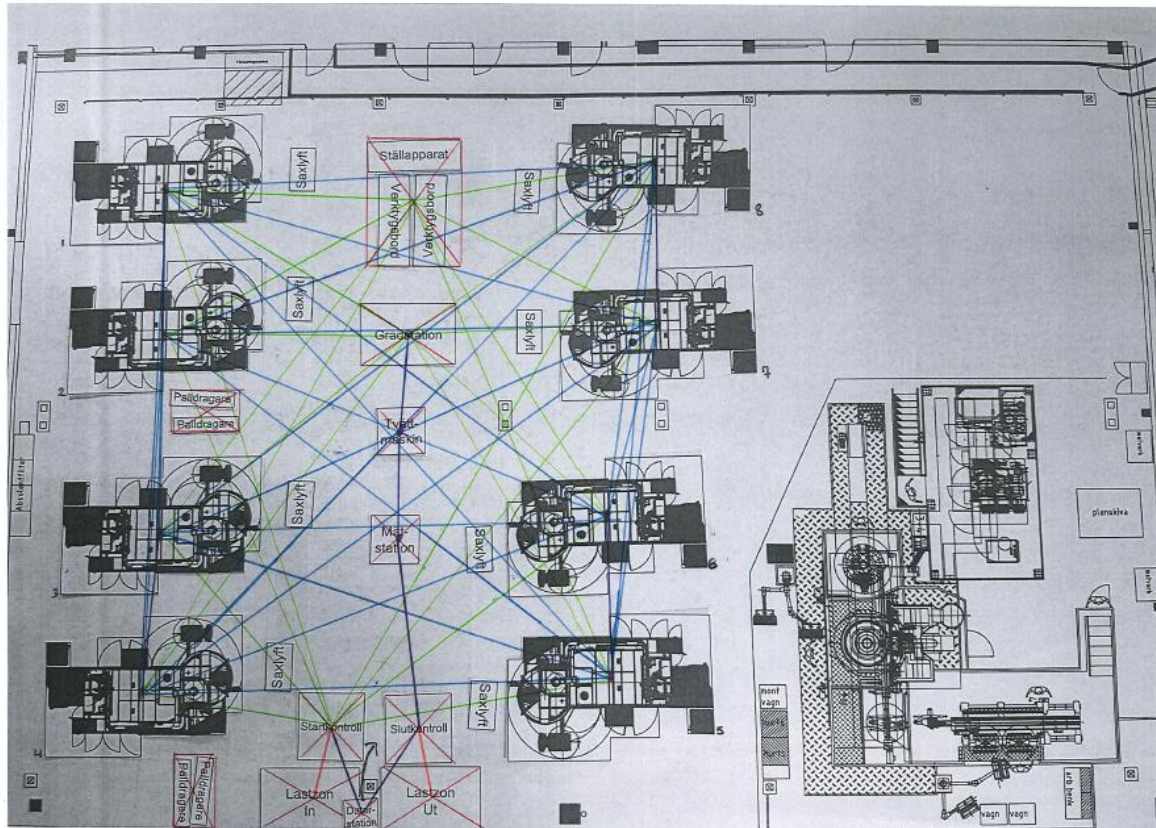
4	9	20	8.8	176	10.9	218	12	240	11.4	228	6.3	126
4	12	20	20.6	412	13.6	272	8.1	162	6.3	126	19.8	396
4	14	20	15.5	310	4.7	94	14.2	284	17.6	352	13.6	272
5	9	20	8.2	164	9.7	194	9	180	8.3	166	7.6	152
5	12	20	17.7	354	12.3	246	7	140	5.4	108	18.5	370
5	14	20	15.5	310	7	140	12.9	258	15	300	15.8	316
6	9	20	6.6	132	6.4	128	7.3	146	6.3	126	5.6	112
6	12	20	13.5	270	8.9	178	7.5	150	6.1	122	13.7	274
6	14	20	13.5	270	8.4	168	12.4	248	12.6	252	13	260
7	9	20	6.5	130	6	120	7.3	146	6.2	124	6.6	132
7	12	20	9.7	194	6.4	128	10	200	9.7	194	10	200
7	14	20	11.9	238	12.5	250	13.1	262	11.4	228	11.4	228
8	9	20	8.5	170	7.2	144	10.6	212	7.8	156	8.7	174
8	12	20	5.7	114	5.8	116	14.9	298	5.9	118	6.1	122
8	14	20	11.6	232	15.8	316	15.7	314	11.3	226	10.9	218
O												
1	3	5	8.3	41.5	8.3	41.5	7.3	36.5	7.8	39	7.1	35.5
1	4	5	11.4	57	12.2	61	12.2	61	13	65	9.3	46.5
1	5	5	12.6	63	16.1	80.5	14.2	71	11.4	57	12.7	63.5
1	6	5	12	60	13.3	66.5	15.9	79.5	10.6	53	11.6	58
1	7	5	11.9	59.5	12.3	61.5	18.7	93.5	10.9	54.5	11.8	59
1	8	5	13.3	66.5	11.9	59.5	23.5	117.5	12.5	62.5	13	65
2	3	5	4.5	22.5	4.6	23	3.6	18	3.5	17.5	3.6	18
2	4	5	8.9	44.5	8.6	43	8.3	41.5	10.9	54.5	7.5	37.5
2	5	5	11.3	56.5	13.6	68	10.8	54	10.5	52.5	12.3	61.5
2	6	5	12.5	62.5	11.6	58	13	65	11	55	13.7	68.5
2	7	5	13.1	65.5	11.9	59.5	16	80	12.5	62.5	15.5	77.5

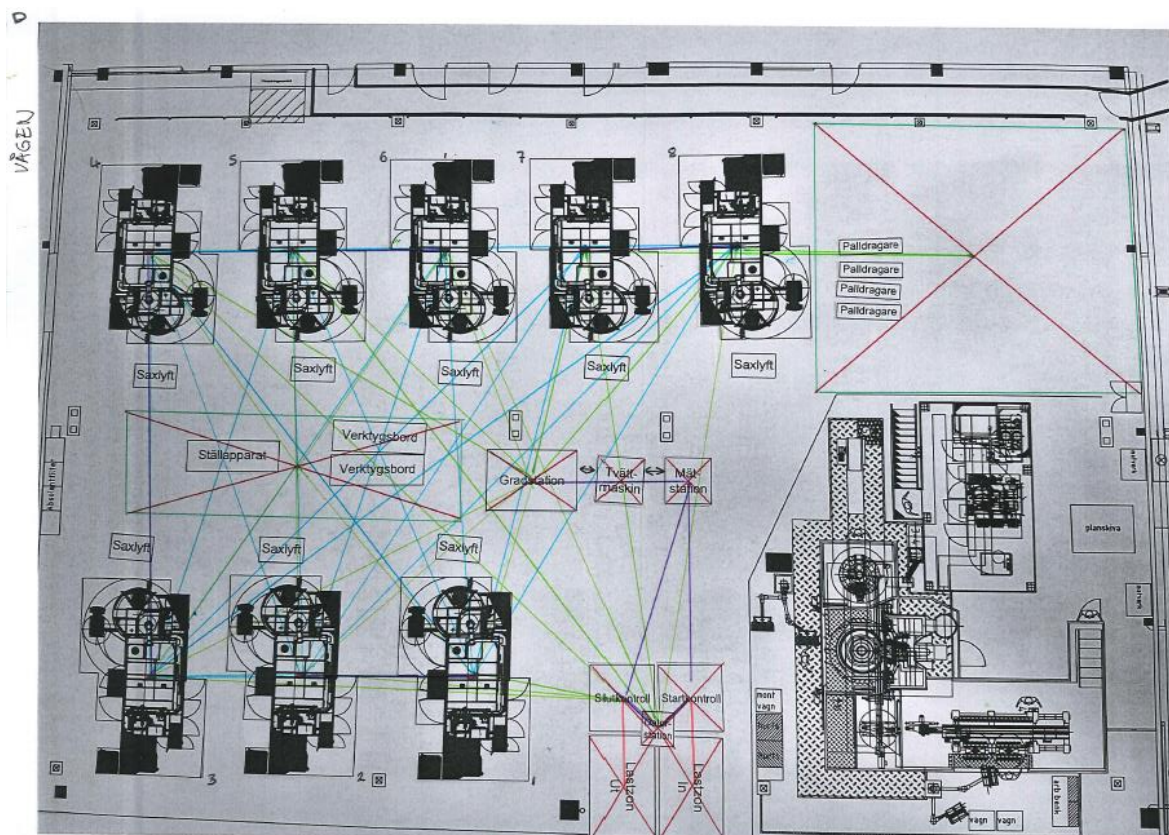
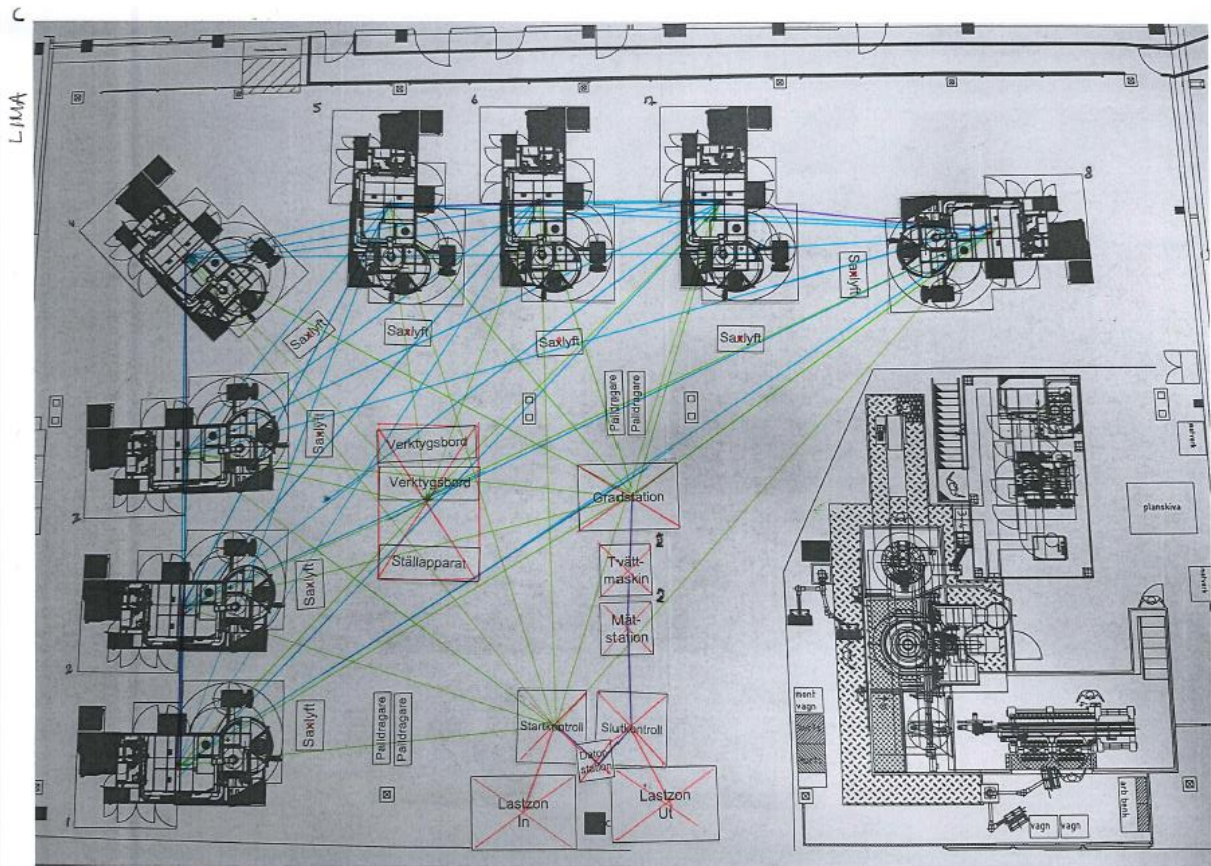
2	8	5	15.7	78.5	12.5	62.5	21	105	15	75	18	90
3	5	5	8.8	44	11.5	57.5	7.6	38	11.2	56	8.5	42.5
3	6	5	11.3	56.5	10.8	54	10.3	51.5	12.7	63.5	10.3	51.5
3	7	5	13.6	68	13	65	14	70	15	75	12.6	63
3	8	5	16.7	83.5	15.1	75.5	19.9	99.5	17.9	89.5	15.7	78.5
4	5	5	4	20	11.3	56.5	4.9	24.5	4.5	22.5	4.6	23
4	6	5	7.8	39	12.2	61	8.3	41.5	7.2	36	7.8	39
4	7	5	11.2	56	15.4	77	12.6	63	10.5	52.5	10.2	51
4	8	5	14.7	73.5	18	90	19	95	14.3	71.5	13.8	69
5	7	5	8	40	8.4	42	8	40	7	35	8.2	41
5	8	5	11.6	58	12.5	62.5	14.3	71.5	10.8	54	12.3	61.5
6	7	5	3.6	18	4.5	22.5	4.3	21.5	3.2	16	3.5	17.5
6	8	5	7.3	36.5	8.5	42.5	10.8	54	6.9	34.5	7.6	38
Total summa			8030.5	6550.5		7271.5		6854		8110		

JULIETTE



LOBET





F. Värderingsschema

Plant GKN Aerospace

Project PPUX03-17-83-2

Date Mars 2017

Weights set by Group Tally by Group

Ratings by Group Approved by Group

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. Juliette (Omvänt J-placerade)
 B. Lodet (Parallellplacerade lodrätt)
 C. Lima (L-placerade)
 D. Vågen (Parallellplacerade vågrätt)
 E. Golf (G-placerade)

FACTOR / CONSIDERATION	WT.	ALTERNATIVE				
		A	B	C	D	E
1 <i>Positionering (avstånd)</i>	5	<u>I</u> 10	<u>A</u> 20	<u>E</u> 15	<u>A</u> 20	<u>I</u> 10
2 <i>Platseffektivt</i>	2	<u>O</u> 2	<u>A</u> 8	<u>E</u> 6	<u>A</u> 8	<u>E</u> 6
3 <i>Plats för placering av gods</i>	3	<u>E</u> 9	<u>E</u> 9	<u>I</u> 6	<u>A</u> 12	<u>E</u> 9
4 <i>Luftig layout</i>	1	<u>E</u> 3	<u>I</u> 2	<u>A</u> 4	<u>O</u> 1	<u>E</u> 3
5 <i>Plats kring maskinerna</i>	2	<u>A</u> 8	<u>I</u> 4	<u>E</u> 6	<u>I</u> 4	<u>E</u> 6
6 <i>Produktionsflöde med visuell närhet</i>	4	<u>A</u> 16	<u>E</u> 12	<u>A</u> 16	<u>E</u> 12	<u>I</u> 8
7 <i>Snabbt verifiera processen</i>	4	<u>A</u> 16	<u>A</u> 16	<u>A</u> 16	<u>A</u> 16	<u>A</u> 16
8 <i>Flexibilitet (hållbar i framtiden)</i>	5	<u>I</u> 10	<u>O</u> 5	<u>A</u> 20	<u>I</u> 10	<u>I</u> 10
9 <i>Mjuka aspekter</i>	5	<u>A</u> 20	<u>A</u> 20	<u>A</u> 20	<u>A</u> 20	<u>A</u> 20
Totals		92	88	103	95	82

Reference Notes:

- a. _____
 b. _____
 c. _____

- d. _____
 e. _____
 f. _____