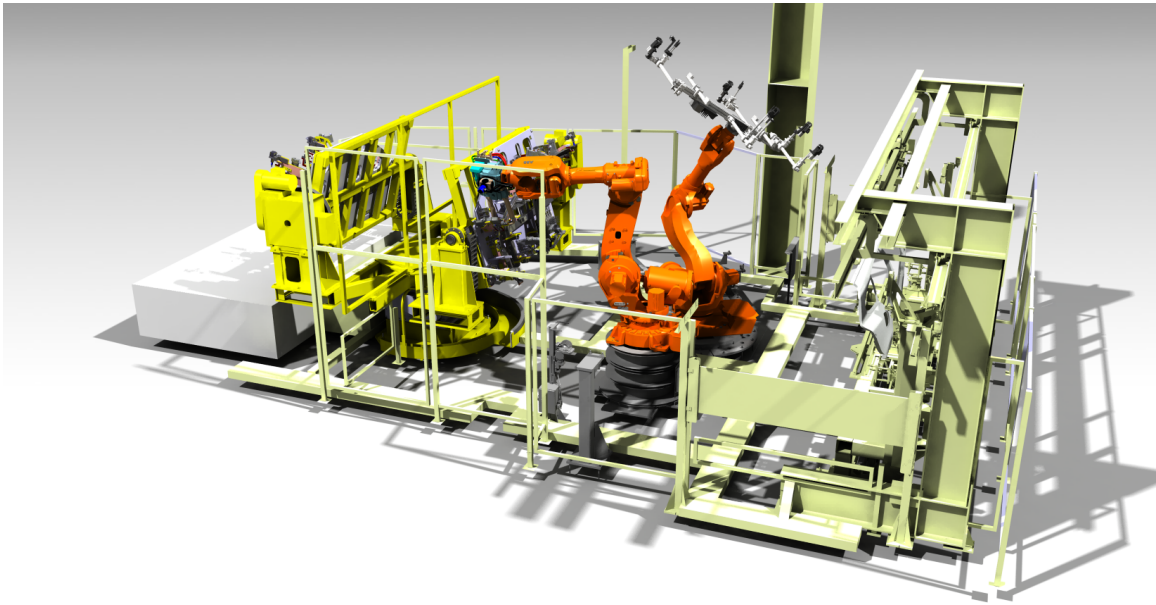




FORDONSSTRATEGISK  
FORSKNING OCH INNOVATION

# Virtuell beredning av tillverkningsstationer inklusive PLC-logik



Författare Stefan Axelsson, Petter Falkman  
Datum 2012-11-05  
Delprogram: Hållbar produktionsteknik

## Innehåll

<b>1. Sammanfattning</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Bakgrund</b> .....	<b>4</b>
<b>3. Syfte</b> .....	<b>6</b>
<b>4. Genomförande</b> .....	<b>7</b>
<b>5. Resultat</b> .....	<b>7</b>
5.1 Bidrag till FFI-mål .....	11
<b>6. Spridning och publicering</b> .....	<b>12</b>
6.1 Kunskaps- och resultatspridning .....	12
6.2 Publikationer .....	12
<b>7. Slutsatser och fortsatt forskning</b> .....	<b>14</b>
<b>8. Deltagande parter och kontaktpersoner</b> .....	<b>15</b>

### Kort om FFI

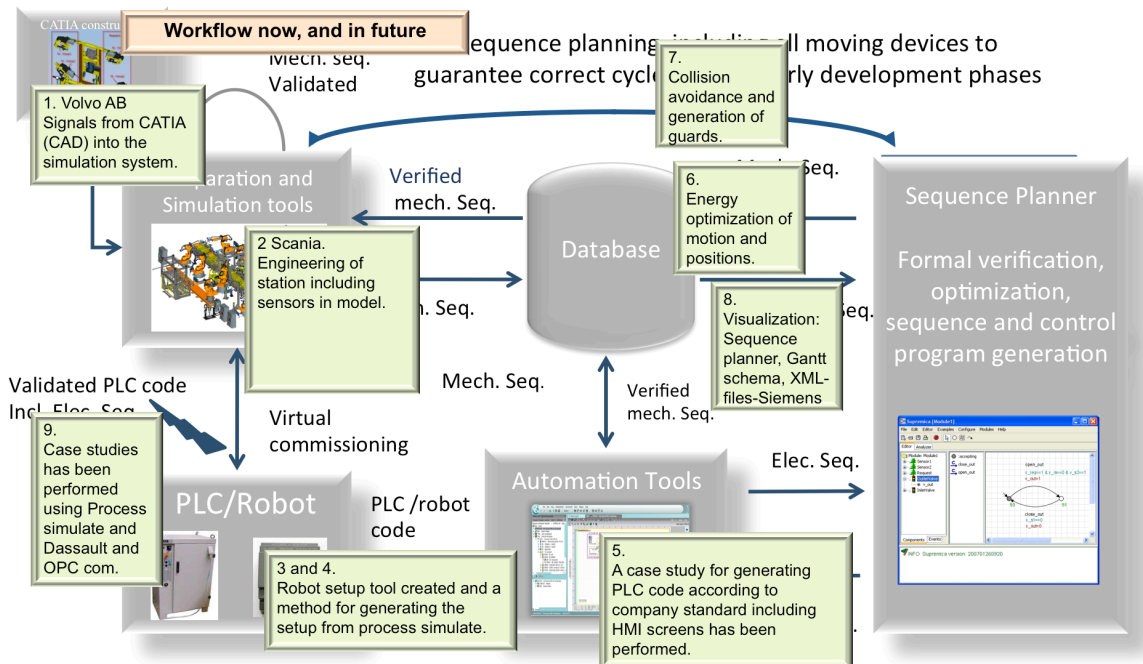
FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings-, innovations- och utvecklingsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Säkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör hälften.

För närvarande finns fem delprogram Energi & miljö, Fordons- och trafiksäkerhet, Fordonsutveckling, Hållbar produktionsteknik och Transporteffektivitet. Läs mer på [www.vinnova.se/ffi](http://www.vinnova.se/ffi)

## 1. Sammanfattning

Syftet med projektet har varit att skapa en energi-, tids- och kostnadseffektiv beredning för produktionssystem som producerar komplexa produkter. Projektet skulle också bidra till energieffektiva och flexibla produktionssystem med ett reducerat antal kasserade delar. Ytterligare ett syfte var att kunna hantera en växande mängd fordonstyper i förhållande till miljökrav gällande CO2-utsläpp genom att utforma mer flexibla tillverkningsystem. Syftet var också att öka människo- och maskinsäkerhet genom att utföra virtuell simulering och verifiering av alla ingående komponenter inom en tillverkningsstation. Projektet har varit ett samarbete mellan både fordonstillverkare och leverantörer, något som var avgörande för att kunna nå målen på ett effektivt sätt. Ett av projektets viktigaste syften har varit att förmedla vikten av att information endast ska skapas en gång. Projektet skulle integrera aktiviteter inom produktionsberedningen med olika utvecklingsverktyg för att öka effektiviteten i beredningsfasen. Projektets resultat kommer att integreras in i befintliga verksamheter vid de berörda företagen, liksom i en fysisk demonstrator som byggdes på Chalmers under projektets genomförande. Kommande masterskurser i virtuell beredning kommer att använda denna demonstrator.

Eftersom projektet har täckt hela kedjan, från tidiga produktionsberedningsfaser till slutlig idriftsättning, har det delats in i ett antal delaktiviteter. Ett separat arbetspaket undersökte hur användningen av virtuella utvecklingsverktyg kan utnyttjas för att möjliggöra virtuell beredning och återanvändning av information. Figur 1 visar ett stort antal aktiviteter och utredningar som framgångsrikt har utförts inom projektet.



Figur 1 Deluppgifter som utfördes under projektets gång.

Verksamheten i projektet beskrivs i Figur 1. I den första aktiviteten behandlades problemet med att skapa information angående det logiska beteendet i ett CAD-verktyg och kring möjligheten att använda denna information i ett simuleringsverktyg.

Den andra aktiviteten försökte att fullt ut utnyttja toppmoderna virtuella utvecklingsverktyg för att bereda en automatiserad station. Denna produktionsberedning hade som mål att generera PLC-logik baserat på tidigare skapad information i CAD- och simuleringsverktyg.

I den tredje och fjärde aktiviteten har programvara utvecklats som möjliggör automatisk generering av kompletta robotprogram. Detta innebär att det är möjligt att med hjälp av ett simuleringsverktyg återanvända konfigurationsdata om roboten och dess utrustning samt automatiskt konfigurera robotprogram.

Den femte aktiviteten syftade till att automatiskt generera kompletta PLC-program, inklusive HMIs som bygger på simuleringsresultat och funktionsblocksbibliotek. Resultatet visade lovande möjligheter att automatisera programmeringen av produktionssystem.

Den sjätte aktiviteten visade hur produktionssystem kan optimeras, inte bara med avseende på cykeltid, men också när det gäller energiförbrukning. Resultaten visar att när man utformar ett produktionssystem så bör energiförbrukningen ingå som en begränsning redan i ett tidigt skede, eftersom layouten är en viktig faktor i hur hållbar den slutliga lösningen blir.

Den sjunde aktiviteten utvecklade en metod för att automatiskt utforma effektiva produktionssystem utan kollisionssystem mellan utrustning och produkter. En fallstudie visade att det utifrån ett tre-stations produktionssystem med totalt 12 robotar och en total cykeltid på 3 minuter var möjligt att skapa ett kollisionfritt två-stationssystem med totalt 18 robotar och en sammanlagd cykeltid på 2 minuter

Ett stort problem vid konstruktionen av riktigt komplexa system, så som två-stationssystemet med 18 robotar, är att det är svårt att som ingenjör få en god överblick över systemets beteende. En metod som automatiskt visualiserar alla beteenden på ett användarvänligt sätt har därför utvecklats i aktivitet åtta.

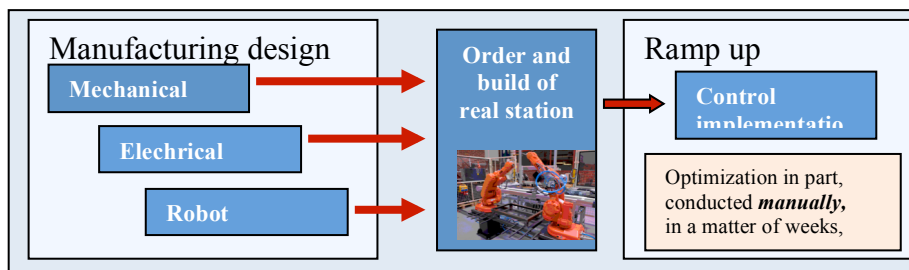
I den nionde aktiviteten genomfördes en virtuell driftsättning av ett befintligt styrsystem. Detta visade tydligt att det är möjligt, och fler och fler företag använder också detta för att spara värdefull tid i idrifttagning.

Ett av de stora målen med projektet var att undersöka hur moderna arbetsflöden bör definieras för att kunna återanvända information i så hög grad som möjligt samt göra detta i en virtuell miljö. Ett annat viktigt mål var att kunna dra slutsatser om vem som ska göra vad för att etablera ett väldefinierat arbetsflöde. Resultatet visar att för att kunna ta all utrustning i beaktande och dra nytta av det senaste inom optimering är det nödvändigt att ändra arbetsflödet och strukturerna kring vem som gör vad och när redan i ett tidigt skede av beredningsarbetet.

## 2. Bakgrund

Fordonstillverkande företag tvingas idag att hantera en snabbt växande mängd olika typer av fordon på grund av miljö-begränsning i form av energiförbrukning och CO<sub>2</sub>-utsläpp. Ett krav är att införandet av dessa nya innovativa och miljövänliga fordon måste produceras i befintliga fabriker. Dagens tillverkningsystem måste därför vara både effektiva och flexibla för att hantera denna komplexitet. Ett annat viktigt krav är att behovet av energi och material för både förberedelser och drift av dagens produktionssystem måste hållas till ett minimum. Detta ställer

stora krav på tillverkning, systemdesign, utveckling och test innan de implementeras. Det ställer också stora krav på optimerad användning av utrustning, material och energi när produktionssystemet är igång. Detta innebär också att antalet produktionsfel hålls till ett minimum. En effekt av detta är att noggrann simulering, verifiering och optimering måste utföras innan systemen tas i bruk. Det är viktigt att kunna optimera stationerna innan de byggs. Idag genomförs åtkomsttester som minimerar antalet fel i utformningen och relativt goda stationer byggs, vilket naturligtvis är en fördel. Emellertid är det ofta så att de slutliga stationerna är dåligt optimerade. Detta kan leda till två saker. En om-balansering av stationerna blir nödvändig och som en konsekvens är inte längre simuleringsmodellen giltigt. Stationerna inaktiva tid ökar, vilket leder till slöseri med både resurser och energi. Figur 2 visar den aktuella situationen där projektering utförs mer eller mindre manuellt och implementeringskontroll inte genomförs förrän den aktuella stationen är byggd.

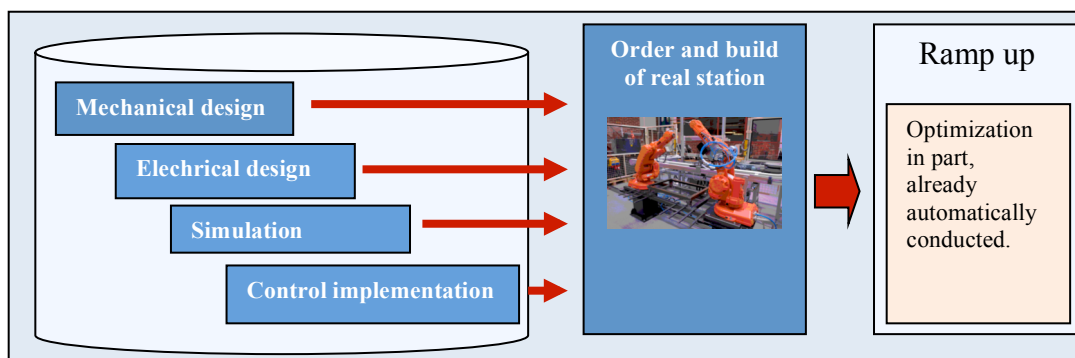


Figur 1 Nuläge: Kontroll implementering utförs efter utrustning beställs och byggs.

I tidig utveckling av tillverkningsstationer utvecklas enheters rörelser utan att någon närmare hänsyn tas till en mer detaljerad samordning av de olika enheterna, inklusive klämmor och feedback från givare. Detta gäller särskilt robotar, men även transportörer och fixturer Detta innebär att utformningen av stationer ofta måste göras om mer eller mindre, när de logiska komplikationerna beaktas.

Ett naturligt steg är då att utöka tidig processdesign och mekanisk simulering med kontroll logik för att säkerställa en korrekt beteende. Med nuvarande teknik är det emellertid svårt att inkludera sensorer och PLC logik, även om det är tekniskt möjligt med hjälp av program som Process & Line Simulate och Delmia Automation. Ny programvara från Siemens och Dassault Systemes kan sedan intressanta möjliggörare.

Figur 2 visar hur projektet syftar till att få kontroller genomförda i förberedelsefasen, innan själva utrustningen är beställd och stationen byggs. Den beskriver också hur förberedelseaktiviteter arbetar självständigt, men i ett nära samarbete genom att använda samma informationsbas.

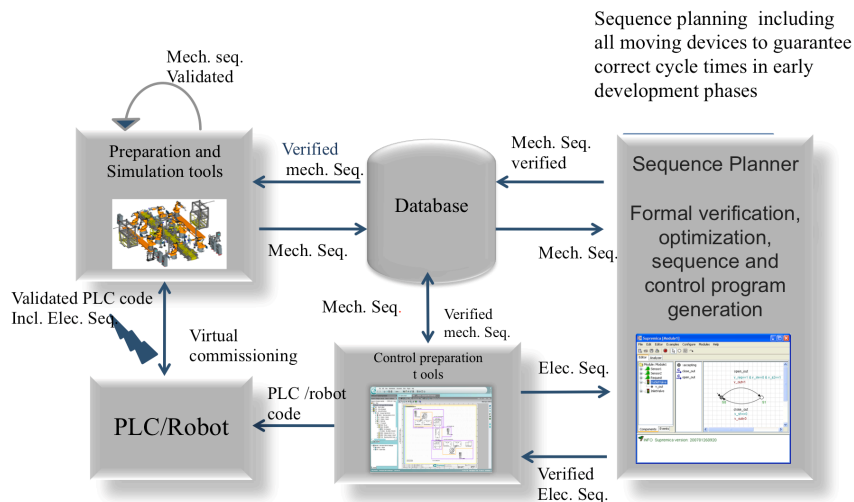


Figur 2 projektmetoden: Inkludera implementering av kontroll i produktionenberedningen och använda gemensam ram.

Projektet kan ses som en naturlig fortsättning på stationslogikdelen av Wingquists MERA-projekt [1], men med större fokus på simulering och optimering samt ett utökat gränssnitt till uppströms information och arbetsmetoder. Tre celler med olika karaktär har implementerats i Process Simulate och en cell i Delmina Automation. Dessa celler kan användas som demo exempel i forskningsprojektet. En robotcell har byggts.

## 3. Syfte

Det generella syftet med projekt är att definiera arbetsprocesser, se exempel i Figur 4, för att möjliggöra virtuell driftsättning av produktionsstationer, inklusive kompletta PLC-och robotprogram. Projektet fokuserar på att leverera metoder för virtuell utveckling av både stationslogik, inklusive all utrustning, och kontrollprogram för robotar, inklusive verktyg. Projektet kommer att utveckla metoder och arbetssätt för att möjliggöra mer noggrann analys av cykeltid i tidiga faser av produktionsberedningen.



Figur 2 Föreslaget arbetsflöde för beredning av styrning av ett produktionssystem

Idag baseras den slutgiltiga programmeringen av PLC-kod på funktionsbibliotek inklusive allmänna återanvändbara funktioner. Målet är att använda samma typ av återanvändbar funktionalitet även i tidiga utvecklingsfaser, vilka enkelt kan inkluderas i tidig tillverkningsdesign och simulering. På detta sätt kan skillnaderna mellan tillverkningsdesign i tidiga faser och design av kontroll för PLC-styrning minskas betydligt.

Simulering kan även användas för automatisk generering av blockerade tillstånd för driftssekvenser i tidiga skeden för att få ett säkert men ändå optimalt beteende för alla typer av rörliga enheter, inklusive robotar, men också transportörer, fixturer och klämmor.

Att inkludera denna typ av simuleringsfunktionalitet tillsammans med formell specifikation, verifikation och optimeringsverktyg kommer också att förenkla utformningen av effektiva

produkt-och resursoperationer, med hänsyn tagen till exempelvis cykeltid, val av resurser, cell layout, materialflöde, operatörernas arbetsbörda, sekvens av operationer samt en balansering mellan olika resurser inom stationer och zoner.

Det föreslagna konceptet kommer att stödja sena produktändringar, men också göra det möjligt att mata tillbaka online justeringar i fabriken till den tekniska plattformen.

Mer specifikt detta projekt syftar till att **investera:**

- Hur de senaste designverktygen för simulering och automation kan anpassas för att förenkla analysen av en komplett tillverkningstation (inklusive relevant PLC-logik) redan i tidiga utvecklingsfaser.
- Hur simulering och designverktyg kan kombineras med formell verifiering och optimering för att generera kollisionsfria driftssekvenser samt en optimal cykeltid, resursutnyttjande, linjebalansering samt arbetsbelastning för operatören.
- Hur simuleringsverktyg kan användas för specifikation och generering av all nödvändig information för att möjliggöra automatisk generering av PLC-program med hjälp av generella funktionsbibliotek.
- Hur komplett robotprogram, inklusive alla relaterade enheter som svets pistol, tips klänning etc, kan genereras automatiskt med generella programmoduler.

## 4. Genomförande

Eftersom omfattningen av projektet var mycket bred och täcker alla aktiviteter, hela vägen från tidig design till slutligt driftsättning, arrangerades ett antal workshops för att få en klar bild av den senaste tekniken och även diskutera vilka strategiska frågor som är aktuella inom den närmaste framtiden på de olika partnerföretag som ingår i projektet. Ett stort antal examensarbeten definierades med syfte att undersöka olika delar av beredningsfasen och även testa nyligen utvecklade metoder. Detta gjordes som ett led i att inkludera partners på ett mer aktivt sätt. Syftet för de doktorander var aktiva i projektet var att utveckla mer djupgående kunskap och också arbeta fram nya metoder som sedan testades i olika examensarbeten. Nyutvecklade verktyg från programvarupartners har också testats och utvärderats under projektets gång.

## 5. Resultat

Projektmålen som de beskrevs i ansökan:

1. En minskning av tidsåtgången för utveckling och upprampning genom en fullständig virtuell driftsättning när nya tillverkningssystem byggs eller nya produkter lanseras i befintliga tillverkningslinjer.
2. En minskning av utvecklingstiden för tillverkningssystem genom att minska antalet gånger information måste specificeras med hjälp av en gemensam informationsplattform genom alla utvecklingsfaser.

3. Effektivare tillverkningsystem genom att tillämpa tidig verifiering och optimering av det totala beteendet som inkluderar alla enheter inom ett system.
4. En minskning av utvecklingstiden genom att möjliggöra automatisk generering av både PLC och kompletta robotprogram.

Planerade resultat var i ansökan beskrivna på följande sätt:

- Arbetsflöde för fullständig virtuell beredningskontroll
- Metoder och mjukvara för återanvändning av information (exporterande / importerande)
- XML-scheman som definierar nödvändig styrinformation (kontrolldatabas)
- Allmänna algoritmer för sekvensering av operationer
- Metoder och mjukvara för samordning och optimering av multipla robotceller, inklusive all utrustning
- Metoder och mjukvara för optimering av cykeltiden och anläggningens
- Metoder och mjukvara för automatisk generering av PLC-styrning kod för stationen logik i en virtuell miljö, som grundar sig på produkt-och bearbeta information.
- Metoder och mjukvara för automatisk generering av kompletta robotprogram inklusive utrustning
- Metoder och mjukvara för kontroll av större PLC-program med hjälp av formella metoder
- En fysisk demonstrator för verifiering, utvärdering och kunskapsöverföring byggd på Chalmers
- industridoktorander
- Tekniska rapporter och publikationer i tidskrifter och vid konferenser

***En minskning av tiden för utveckling och upprampning genom fullständig virtuell driftsättning när nya tillverkningsystem byggs eller nya produkter lanseras i befintliga tillverkningslinjer.***

En komplett virtuell driftsättning skiljer sig från befintliga sekventiella utvärderingar eftersom den kommer att omfatta:

1. Händelsebaserad simulering,
2. Sanna kinematiska rörelser hos alla rörliga enheter, inklusive robotar,
3. Alla typer av sensorer och korrekt beteende/utlösande när den aktiveras i simuleringsmiljö,
4. Signalschema och anslutningar,
5. Sanna tidsfördröjningar för all fysiska utrustning och kontrollutrustning, t.ex. signal- och responsförseningar från PLC-utrustning,
6. Möjligheter att förändra och påverka händelserna i simuleringen på ett kontrollerat sätt för att kunna utvärdera fall av "what-if".





FORDONSSTRATEGISK  
FORSKNING OCH INNOVATION

Resultatet av detta projekt är att det idag inte finns en enda mjukvarulösning. Denna teknik är fortfarande under utveckling, och mycket fortsatt forskning krävs. Genom att kombinera flera lösningar kan dock de flesta delar av komplett virtuell driftsättning utvärderas.

I projektet har mycket arbete lagts ner på export/import av data från olika programverktyg. Med framtida utveckling förväntas denna typ av problem minska dramatiskt.

Under resten av arbetet, har ungefär samma arbetstid måste spenderas som vid mer traditionell PLC-programmering. De främsta fördelarna är:

1. Minskad on-line programmering och testning i linje, ca 50%. Den här tiden är mycket kritisk under driftsättning och inte flexibel.
2. Kvalitetssäkrade och kompletta program redan när den fysiska idrifttagningen startar.
3. Färre misstag och mindre tid som krävs för anpassning och korrigeringar

***En minskning av utvecklingstiden för tillverkningssystem genom att minska antalet gånger information måste specificeras genom att använda en gemensam informationsplattform genom alla utvecklingsfaser.***

Den logiska informationen skapas först i Bill-of-process (BOP). Logikinformationen kommer att användas i:

1. 3D-simuleringsverktyg för robotar,
2. Verktyg för generering av PLC kod, HMI-gränssnitt, elektriska scheman etc.
3. Verktyg för virtuell driftsättning av PLC kod,
4. Den verkliga PLCn i fysisk installation.

Många av dessa verktyg kommer från olika företag och det finns ingen drivkraft för att skapa gemensamma gränssnitt. Lösningen kan vara en gemensam databas eller standardiserade filformat, t.ex. AML eller andra XML-format. En lösning med en gemensam databas finns ännu inte.

Projektet fick hämta och importera data med hjälp av antingen AML eller XML-format. CAD-data måste hanteras med hjälp av STEP-standarden. Det är uppenbart utifrån erfarenheter i projektet att logik och CAD-dataöverföring mellan system är ett av de största hindren och också något som konsumerar mycket tid.

Det är klart att för en lyckad virtuell idrifttagning måste arbetet med dataöverföring reduceras till ett minimum.

***Effektivare tillverkningssystem genom att tillämpa tidig verifiering och optimering av det totala beteendet, inklusive alla enheter inom ett system.***

En av fördelarna med virtuell driftsättning är att ett mycket mer komplett styrsystem kan existera i ett tidigare skede av ett projekt. Det ger många fördelar.

1. Möjlighet att utvärdera många fler alternativ i tidiga faser,

2. Möjlighet att testa ny utrustning i en virtuell miljö,
3. Möjlighet att spendera mer tid på att optimera stationen för att förbättra robustheten och optimera cykeltiden.

Dessa fördelar har varit svårt att mäta i tid och pengar, men en fallstudie utfördes där en tre-stationslinje ändrades till en två-station linje med resultatet att den totala cykeltiden minskades med 30 % och den nödvändiga golvytan med 50 % genom att formella kontrolltekniker och optimering tillämpades.

En annan studie genomfördes också där visualiseringstekniker tillämpades i en fallstudie som visar att det är möjligt att utvinna och visualisera beteendet i en operation, vilket leder till en bättre förståelse för en särskild produktionslösning och dess beteende.

En studie har också visat att det är möjligt att minimera energiförbrukningen vid tillverkning av en bilmodell. Denna studie fokuserade på energiförbrukningen hos de inblandade robotarna och visade tydligt att det är möjligt att minimera energiförbrukningen utan att ändra cykeltiden för en produktionsstation.

#### ***En minskning av utvecklingstiden genom att möjliggöra automatisk generering av PLC-program.***

En stor del av projektet har syftat till att utvärdera hur PLC-kod automatiskt kan genereras från simuleringsmodellen med hjälp av Automation Designer. Resultatet från "Automatisk generering av styrkod för PLC-system (WP4)" var att det inte var möjligt att extrahera logiken från simuleringsmodellen och överföra denna till **PLC generation verktyg** på ett automatiskt eller enkelt sätt genom att använda tillgänglig programvara. Problemet har inte kunnat lösas inom projektets tidsram.

Det som projektet kunde visa var att det är möjligt att generera kod som följer bilföretagens specifikation utan manuell inblandning. Beräknad tidsminskning skulle vara minst 50%. Andra fördelar var att annan dokumentation kan genereras från dessa verktyg och därmed spara mycket arbetstid. Projektet kunde bara testa och verifiera funktionaliteten i HMI generationen.

Förutsatt att verktyget inom en snar framtid kan kompletteras med en funktion för att läsa logik från simuleringsverktyget och kombinera detta med de funktioner som redan finns, kommer en omfattande mängd av den fullständiga och slutgiltiga PLC-koden att kunna genereras inom loppet av timmar i stället för dagar. Tillsammans med de arbetsbesparingar som kan åstadkommas genom att generera HMI gränssnitt och elektriska scheman, skulle kostnadsbesparingen vara relativt stor redan inom ett projekt.

En nackdel är dock att ett omfattande mallbibliotek krävs och måste skapas en gång. Frågan är hur mycket arbete som krävs för att göra detta och vad underhållskostnad blir. Är detta något som kan delas mellan flera företag?

#### ***En minskning av utvecklingstiden genom automatisk generering av kompletta robotprogram.***

Resultatet från "Automatisk generering av kontrollkod för **robot funktion paket** (WP5)" visar att det är möjligt att automatiskt läsa den information som krävs direkt från simuleringsystemet.

Detta kan ersätta ett manuellt val av **block robot kod** och alstras inom sekunder istället för flera minuter per **robot funktion paket**. Resultatet kommer också att vara mer felfritt och den slutliga koden kan verifieras, testas och kontrolleras i tidigare skeden av projektet. Denna metod ger färre fel som måste lösas och justeras i en slutfas där tiden är mycket kritisk.

Om man tänker sig ett projekt med cirka 100 funktionspaket till robotar och att de flesta av dessa är hanteringsrobotar, skulle tiden kunna minskas från 2-3 dagar till några timmar. Om även feLEN minskas från en 10 % justering till mindre än 1 % justering, kommer man att kunna spara ytterligare en dag. Den här tiden är mycket viktig eftersom det då är en del av en on-line idriftsättning, som är begränsad.

## 5.1 Bidrag till FFI-mål

Projektet syftar till att bidra till programmets övergripande mål inom produktionsberedning och produktion:

- 40 % ökning av produktiviteten inom området produktionsberedning

En minskning av utvecklingstiden genom att möjliggöra automatisk generering av PLC-program. Vad som har visat sig vara möjligt är att generera kod som kommer att följa ett bilföretags specifikation utan manuell inblandning. En beräknad tidsbesparing skulle kunna uppgå till minst 50 %. Ytterligare fördelar är att även annan dokumentation kan genereras från dessa verktyg och därmed sparas en stor mängd arbetstid. Projektet kunde bara testa och verifiera funktionaliteten i HMI generationen.

En minskning av utvecklingstiden genom automatisk generering av kompletta robotprogram. I ett projekt med cirka 100 funktionspaket till robotar där de flesta är hanteringsrobotar, kan tiden minskas från 2-3 dagar till några timmar. Om även feLEN minskas från en 10 % justering till mindre än 1 % justering, kommer det att innebära ytterligare en dags besparing. Den här tiden är mycket viktig eftersom det då är en del av en on-line idriftsättning som är begränsad.

Effektivare tillverkningsystem genom att tillämpa tidig verifiering och optimering av det totala beteendet, inbegripet alla enheter inom ett system.

En annan studie genomfördes också där visualiseringstekniker tillämpades i en fallstudie som visar att det är möjligt att utvinna och visualisera operationens beteende, vilket förbättrar förståelsen av en specifik produktionslösning och dess beteende.

- 30 % ökning av produktiviteten i produktionsprocessen.

Effektivare tillverkningsystem genom att tillämpa tidig verifiering och optimering av det totala beteendet, inklusive alla enheter inom ett system.

En fallstudie genomfördes där en tre-stationslinje ändrades till en två-stationslinje med följden att den totala cykeltiden minskades med 30 % och golvytan med 50 % genom att formella kontrolltekniker och optimering tillämpades. Ytterligare en fallstudie genomfördes där visualiseringstekniker tillämpades. Denna studie visade att det är möjligt att utvinna och visualisera en operations beteende samt att detta förbättrar förståelsen av en specifik produktionslösning och dess beteende.

- 30 % minskning av miljöpåverkan från produktionsprocesser

Effektivare tillverkningsystem genom att tillämpa tidig verifiering och optimering av det totala beteendet, inklusive alla enheter inom ett system.

En studie har visat att det är möjligt att minimera energiförbrukningen vid tillverkning av en bilmodell. Denna studie fokuserade på energiförbrukningen hos de robotar som är inblandade och visade tydligt att det utan att ändra cykeltiden för en produktionsstation är möjligt att minimera energiförbrukningen.

## 6. Spridning och publicering

### 6.1 Kunskaps- och resultatspridning

Möjligheten att kunna genomföra en fullständig virtuell beredning och driftsättning åtföljs av en stor möjlighet att förverkliga en effektiv beredning av produktionssystem och effektiva produktionssystem. Eftersom programvaran och verktygen har blivit mer kraftfulla är detta område nu starkt i fokus, både inom många industrisektorer och inom den akademiska världen. Tidigare genererad kunskap och tidigare erfarenheter har ständigt spridits till både industrin och inom den akademiska världen. Relaterade projekt där ingående parter är inblandade har kontaktats för att jämföra metoder och kunskap. Detta gäller både nationella och internationella projekt, till exempel, Lisa (FFI nationella), Know4Car och MyCar (EU-projekt). Projektet har också närmat sig ett stort antal företag med presentationer av idéer och resultat.

### 6.2 Publikationer

#### Master thesis

- [1] Sathyamyla Kanthabhabhaja, Ruben Eduardo Pabello, Rodriguez Automatic generation of control code for robot function packages. Generation of robot set-up descriptions based on data in the simulation. Master thesis, Department of Signals and Systems, Chalmers University of Technology, ISSN 99-2747920-4; nr EX020/2010. Involved companies: KUKA, Volvo Cars, Siemens, Chalmers
- [2] Daniel Wahlberg, Zhang Yixian, Automatic generation of control code for robot function packages. Master thesis, Department of Signals and Systems, Chalmers University of Technology, ISSN 99-2747920-4; nr EX093/2010. Involved companies: KUKA, Volvo Cars, Siemens, Chalmers
- [3] Mikael Andersson, Erik Helander, Automatic generation of PLC programs using automation designer. Master thesis, Department of Signals and Systems, Chalmers University of Technology, ISSN 99-2747920-4; nr EX063/2010. Involved companies: Siemens, Volvo Cars, Chalmers
- [4] Muzaffar Ahmad, Enrique Garcia Ruiz, Virtual preparation of automation station at Volvo Trucks using Delmia solutions. Master thesis, Department of Signals and Systems, Chalmers University of Technology, ISSN 99-2747920-4; nr EX078/2010. Involved companies: Volvo Truck, Dassault Systemes, Chalmers
- [5] Nina Sundström, Automatic generation of operations for Flexa production system. Master thesis, Department of Signals and Systems, Chalmers University of Technology, ISSN 99-2747920-4; nr EX024/2010. Involved companies: Volvo Aero, Chalmers.

- [6] Johan Lindqvist, August Rydberg, Energy optimization of robot cells. Departments of Signals and Systems, Chalmers University of Technology, ISSN 99-2747920-4; nr EX059/2010. Involved companies: Chalmers, ABB
- [7] Andreas Larsson, Henrik Nilsson, Visualize an event-based simulation model made in Process Simulate. Master thesis, Department of Signals and Systems, Chalmers University of Technology, ISSN 99-2747920-4; nr EX044/2011  
Involved companies: Volvo Cars, Chalmers, Siemens
- [8] Umair Qadeer, Muhammad Sualeh, Automatic coordination and collision avoidance using sequence planning and process simulate. Master thesis, Departments of Signals and Systems, Chalmers University of Technology, ISSN 99-2747920-4; nr EX071/2011  
Involved Companies: VCC, Chalmers, Siemens.
- [9] Emil Åkesson, Virtual preparation of advanced production system. A case study for body-in-white industrial applications. Master thesis, Departments of Signals and Systems, Chalmers University of Technology, ISSN 99-2747920-4; nr EX096/2010.  
Involved companies: Scania, Chalmers, Dassault Systemes.
- [10] Oliver Salamon, Ali Heidari, Virtual commissioning of an existing manufacturing cell at Volvo Car Corporation using DELMIA V6. Master thesis, Departments of Signals and Systems, Chalmers University of Technology, ISSN 99-2747920-4; nr EX023/2012

#### Conference proceedings

- [11] Falkman, Petter; Göransson Hedvall, Jonathan; Holmblad, Anders; Lennartson, Bengt: Vendor independent control database for virtual preparation and formal verification. *International Conference on Information and Automation, ICIA 2011; Shenzhen; 6 June 2011 through 8 June 2011*, pp. 851-857. ISBN/ISSN: 978-145770268-6
- [12] Patrik Magnusson, Nina Sundström, Kristofer Bengtsson, Bengt Lennartson, Petter Falkman, Martin Fabian, Planning transport sequences for flexible manufacturing systems. Proceedings of the 18th IFAC World Congress, 2011, Milano, 28 August - 2 September 2011, ISBN/ISSN: 978-3-902661-93-7.
- [13] Petter Falkman, E. Helander, M. Andersson, Automatic generation: A way of ensuring PLC and HMI standards. IEEE 16th Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA 2011, Toulouse, 5-9 September 2011, ISBN/ISSN: 978-145770018-7.
- [14] Zhennan FEI, Sajed Miremedi, Knut Åkesson, Bengt Lennartson, Efficient Symbolic Supervisory Synthesis and Guard Generation: Evaluating partitioning techniques for the state-space exploration. ICAART 2011 - Proceedings of the 3rd International Conference on Agents and Artificial Intelligence, p. 106-115, ISBN/ISSN: 978-989842540-9, 2011.
- [15] Alberto Vergnano, Carl Thorstensson, Bengt Lennartson, Petter Falkman, Marcello Pellicciari, Chengyin Yuan, Stephan Biller, Francesco Leali, Embedding detailed robot energy optimization into high-level scheduling. Proc. of the IEEE International Conference on Conference on Automation Science and Engineering, Toronto, Canada, August 21-24, 2010.
- [16] Mohammad Reza Shoaie, Bengt Lennartson, Sajed Miremedi Automatic Generation of Controllers for Collision-Free Flexible Manufacturing Systems. Proc. of the IEEE International Conference on Conference on Automation Science and Engineering, Toronto, Canada, August 21-24, 2010.
- [17] Mohammad Reza Shoaie, Sajed Miremedi, Kristofer Bengtsson, Bengt Lennartson; Reduced-Order Synthesis of Operation Sequences. . 16th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation ETFA 2011; 5 September through 9 September 2011, Toulouse, France.
- [18] Shoaie, Mohammad Reza, Feng, Lei, Lennartson, Bengt, Abstractions for Nonblocking Supervisory Control of Extended Finite Automata. 8th IEEE International Conference on Automation Science and Engineering, August 20-24, 2012, Seoul, Korea.

- [19] Kristofer Bengtsson, Bengt Lennartson, Chengyin Yuan, Petter Falkman, Stephan Biller, Operation-Oriented Specification for Integrated Control Logic Development. 2009 IEEE Conference on Automation Science and Engineering, CASE 2009, Bangalore, India, p. 183-90, ISBN/ISSN: 978-1-4244-4578-3, 2009.
- [20] Submitted article to conference Based on robot code generation.

### Journal publications

- [21] Petter Falkman, Erik Helander, Mikael Andersson; Automatic Generation: A way of ensuring PLC and HMI standards. Invited to be submitted to Journal of Mechanics and Automation Engineering, 2012.
- [22] Bengt Lennartson, K. Bengtsson, C. Y. Yuan, Kristin Andersson, Martin Fabian, Petter Falkman, Knut Åkesson, Sequence Planning for Integrated Product, Process and Automation Design. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 7 ( 4 ) p. 791-802 ISBN/ISSN: 1545-5955, 2010.

## 7. Slutsatser och fortsatt forskning

Detta projekt har gjort det möjligt att djupgående undersöka alla aspekter av ett framtida förfarande och utvärdera de verktyg som för närvarande finns tillgängliga inom området logisk förberedelse och simulering. Tack vare många av leverantörerna har vi kunnat arbeta med verktyg och processer långt innan de officiellt har släppts ut på marknaden.

Under perioden för detta projekt har aktörer inom bilindustrin, haft möjlighet undersöka många och diversifierade arbetsmetoder och verktyg. Detta hade inte varit möjligt utan stöd och resurser som ställts till förfogande av projektet och av FFI.

Följande områden har undersökts och utvärderats:

- Automatisk generering av sekvenskod och set-up för robothantering och processsystem
- Generering och överföring av logiskt beteende mellan systemen.
- Förstå hur XML och AML-protokoll kan arbeta och vilken information som kan finnas i de olika protokollen.
- Testning och utvärdering av olika metoder för att extrahera logisk information från tillgängliga simuleringssystem. Detta var ett av de viktigaste målen från Volvo Personvagnar och det var också ett mål som tyvärr inte kunnat uppnås. Anledningen till detta var tekniska begränsningar i nuvarande system.
- Visualisering av tidiga logiska lösningar för att enkelt dela och förklara sekvenser för alla inblandade parter.
- Undersöka möjligheterna att automatiskt generera HMI, elektriska ritningar etc. Potentiella kostnads- och tidsbesparare i en nära framtid.
- Skapa en modell av en multirobotstation för att minska golvyta och energiförbrukning samt effektivisera nuvarande stationer. Det var möjligt att göra detta och förhindra kollisioner, även om många överlappningar förelåg.

- Göra en djupdykning i de begränsningar som föreligger vid virtuell idrifttagning av en befintlig station med hjälp av moderna simuleringsverktyg.
- Starta utvärdering av kommande virtuell driftsättning verktyg och konsekvenserna.

Allt detta har blivit basen för Volvo Car Corporation att börja skapa en strategi och ett arbetssätt för framtida robotsystem i kombination med annan utrustning och elektriska sekvenser. Detta är ett måste för att kunna minska ledtiderna i framtiden med upp till 50%. En nödvändighet för att kunna

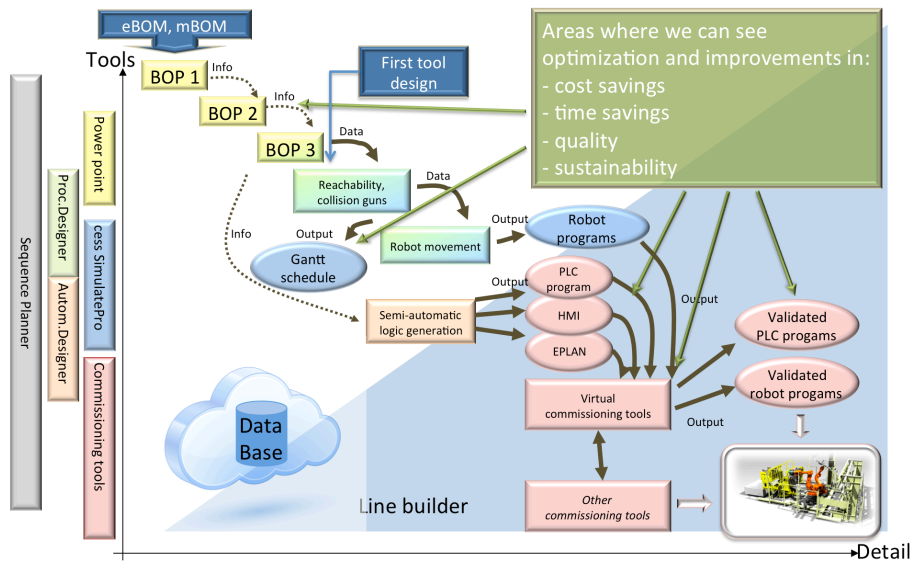





Figure 3 Identifierat områden där optimering och förbättringar med inom virtuella förberedelser och driftsättning kan uppnås.



konkurrera i fordonsbranschen.

## 8. Deltagande parter och kontaktpersoner

	Volvo Car Corporation	Stefan Axelsson
	SCANIA	Meit Larsson
	AB VOLVO	Rikard Ottosson
	LEAX	Anna Wik
	KUKA Sverige AB	Andres Nuudi
	ABB	Steve Murphy
	Siemens	Micael Amandusson



FORDONSSTRATEGISK  
FORSKNING OCH INNOVATION

	Dassault Systemes Sweden AB	Agneta Lundquist
	Schneider	Peter Grönwall
<b>CHALMERS</b>	Chalmers University of Technology	Petter Falkman



FORDONSSTRATEGISK  
FORSKNING OCH INNOVATION

Adress: FFI/VINNOVA, 101 58 STOCKHOLM  
Besöksadress: VINNOVA, Mäster Samuelsgatan 56, 101 58 STOCKHOLM  
Telefon: 08 - 473 30 00