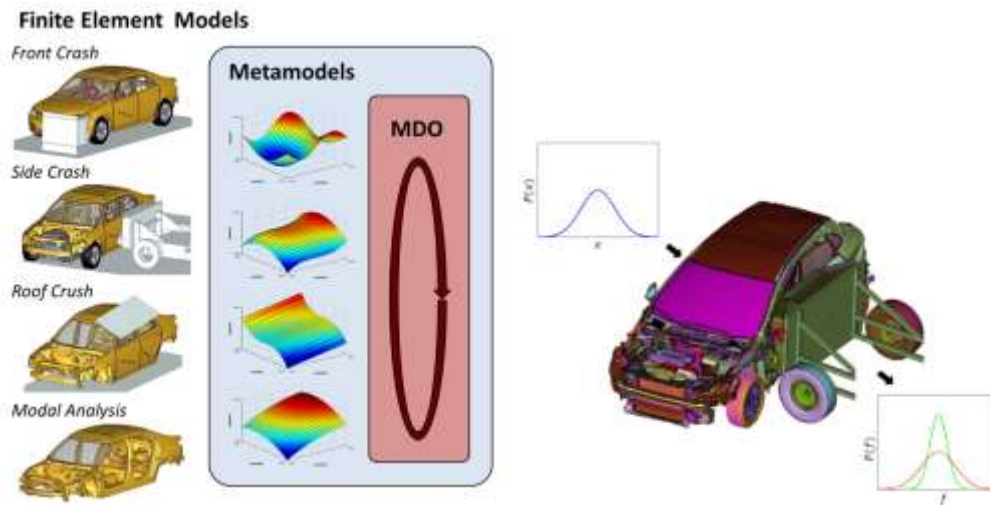


# Robust och Multidisciplinär Optimering av Fordonsstrukturer



Projekt inom Fordons- och trafiksäkerhet

Författare:

Datum 2014-10-31

## Innehåll

<b>1. Sammanfattning</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Bakgrund</b> .....	<b>3</b>
<b>3. Mål</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Projekt genomförande</b> .....	<b>5</b>
<b>5. Resultat och leveranser</b> .....	<b>5</b>
5.1 Leveranser mot FFI-mål.....	5
<b>6. Spridning and publikationer</b> .....	<b>6</b>
6.1 Spridning av kunskap och resultat .....	6
6.2 Publikationer .....	6
<b>7. Slutsatser och framtida forskning</b> .....	<b>7</b>
<b>8. Medverkande företag och kontaktpersoner</b> .....	<b>7</b>
Volvo Car Corporation, Göteborg.....	7
Combitech AB, Trollhättan.....	8
Linköpings University, IEI/Department of solid mechanics, Linköping. ....	8
Altair Engineering AB, Göteborg. ....	8
Enginsoft Nordic AB, Lund. ....	8
Dynamore Nordic AB, Linköping.....	8

### FFI in short

FFI is a partnership between the Swedish government and automotive industry for joint funding of research, innovation and development concentrating on Climate & Environment and Safety. FFI has R&D activities worth approx. €100 million per year, of which half is governmental funding. The background to the investment is that development within road transportation and Swedish automotive industry has big impact for growth. FFI will contribute to the following main goals: Reducing the environmental impact of transport, reducing the number killed and injured in traffic and Strengthening international competitiveness. Currently there are five collaboration programs: **Vehicle Development, Transport Efficiency, Vehicle and Traffic Safety, Energy & Environment and Sustainable Production Technology.**

For more information: [www.vinnova.se/ffi](http://www.vinnova.se/ffi)

# 1. Sammanfattning

Utvecklingen av effektiva fordon strukturer har varit i fokus i bilindustrin för att hantera den globala efterfrågan på minskade utsläpp, ökad säkerhet och konkurrens på den globala marknaden. Följaktligen är det nödvändigt att utveckla verktyg och effektiva metoder för att optimera fordonsstrukturerna. Det främsta syftet med detta projekt är att utveckla effektiv simulering-baserade robust design optimering och tvärdisciplinär design optimering (MDO) metoder som gäller för fordonsutveckling.

I detta arbete har effektiva metoder och processer utvecklats för att genomföra robust design optimering och tvärdisciplinär designoptimering i den befintliga produktutvecklingsprocessen. Dessa metoder har visats vara lämpliga för fordonsutveckling. I den första delen av projektet har en beskrivning av skillnaderna mellan MDO inom flyg- och fordonsindustrin beskrivits och en process som är lämplig för MDO av fordonsstrukturer har presenterats. Denna process illustreras med ett enkelt exempel men har även testats på storskaliga industriella tillämpningar. I den andra delen har potentiella metoder och verktyg för att utföra robust och tillförlitlighetsbaserad design optimering identifierats och effektiva metoder har utvecklats. Dessa metoder har visats med storskaliga fordonets tekniska tillämpningar.

# 2. Bakgrund

Utvecklingen av fordonet strukturer består av många olika faser från början konceptutveckling till detaljerad slutfasen där den kompletta produkten analyseras. Under de senaste åren, har simulering-baserad designprocess blivit en integrerad del av utvecklingsprocessen för att uppnå kostnads- och energieffektivitet. Optimeringsmetoder har en viktig del i dessa utvecklingsfaser. CAE-baserade optimering kommer att bli en viktig del av den virtuella designprocessen, att skapa optimerade konstruktioner. Robust design optimering av strukturer, som innehåller osäkerheter i indataparametrar i optimeringsprocessen, är viktigt att skapa en robust och pålitlig design. Dessutom är det också nödvändigt att beakta alla relevanta discipliner samtidigt under optimering för att skapa en balanserad optimal design.

Utvecklingen av optimeringsmetoder och verktyg har ökat markant och många industriella tillämpningar kan ses i litteraturen. Dock fordonets struktur utveckling är en komplex process och innebär många discipliner. Några av svaren är mycket icke-linjära och computational ansträngningen är också mycket hög. Följaktligen används Meta-modeller för att hantera tidskrävande simuleringar under optimering.



## 3. Mål

The main aim of the project is to identify efficient methodologies and process for performing robust design optimization and multidisciplinary design optimization of vehicle structures, which can be implemented into the existing product development process.

The FFI goals, which are relevant for this project, are given below

### **Industriella mål:**

Genomförandet av MDO och robust design optimering som:

- minskar utvecklingstiden produkt.
- Ökar möjligheten att hitta lätta lösningar.
- Ökar förmågan att generera ett system med robusta funktioner.
- Ökar förståelsen system.

### **Kommersiella mål:**

Robusta lätta lösningar som kommer att öka möjligheten för företaget att vara konkurrenskraftiga på den globala marknaden och att erbjuda produkter som uppfyller kundens och marknadens krav på miljö och säkerhetsfunktioner.

### **Akademiska mål:**

Undersöka befintliga och utveckla nya teorier och metoder i multiobjective strukturell optimering.

Undersöka befintliga och utvecklar nya metoder i robusthet och tillförlitlighetsbaserad strukturell optimering.

Nationell forskningsmiljön runt optimering driven design, interaktion med parallell forskning, som tidigare ProViking forskningsprogrammet.

### **Transportrelaterade mål:**

System med låg vikt att möta de krav som CO<sub>2</sub> och bränsleeffektivitet.

Robust utförande (Krock, dynamik, etc.) för "verkliga livet".



## 4. Projekt genomförande

Projektet genomfördes på Volvo Car Corporation och Combitech AB i nära samarbete med Linköpings universitet, Dynamore Nordic AB, Altair AB och Enginsoft AB. Två doktorander, Ann-Britt Ryberg och Sandeep Shetty, ansvarade för projektets genomförande. Professor Larsgunnar Nilsson vid avdelningen för hållfasthetslära vid Linköpings universitet, dr Harald Hasselblad och Dr Mikael Fermér från Volvo Car Corporation och Thomas Sjödin från Combitech har övervaka projektarbetet. Regelbundna möten hölls mellan parter att styra projektet.

## 5. Resultat och leveranser

I detta arbete, har effektiva metoder och processer för att genomföra robust design optimering och tvärvetenskaplig design optimering i befintliga produktutvecklingsprocessen utvecklats. Akademiska resultaten från projektet presenteras två licentiatavhandling, förutom på plats presentationer vid den industriella parterna.

En beskrivning av skillnaderna mellan MDO inom flyg- och fordonsindustrin har beskrivits och en process som är lämplig för MDO automotive strukturer som passar fordonsutvecklingsprocess och företaget organisationen har presenterats. Ytterligare uppgifter ges i Ann-Britt Ryberg licentiatavhandling nr 1565, Linköpings universitet.

Potentiella metoder och verktyg för att utföra robust och tillförlitlighet-baserade optimering har identifierats och effektiva metoder har utvecklats. En beskrivning av hur dessa kan integreras i utvecklingsprocessen har varit formulerade och visat med fordonets tekniska tillämpningar. Ytterligare uppgifter ges Sandeep Shetty licentiatavhandling nr 1643, Linköpings universitet.

### 5.1 Leveranser mot FFI-mål

Projektresultaten bidra till uppfyllandet av mål som FFI. De flesta av FFI målen har uppfyllts. Nedan listas de viktigaste resultaten från projektet

- En tvärvetenskaplig design optimering process för storskaliga strukturella fordonsindustrin har lagt fram och testats på en demonstration exempel.
- Utvecklade processen är enkel, effektiv, flexibel och lämplig för gemensamma strukturella MDO tillämpningar inom fordonsindustrin, såsom vikt optimering Konditionsövervakning och krocksäkerhet.
- Processen kan lätt passa in i en befintlig organisation och produktutvecklingsprocessen.

- Metoder för att utföra metamodellen-baserade multiobjective tillförlitlighet-baserade optimering och robust design optimering presenteras och verifieras med komplexa fordonets tekniska tillämpningar.
- Resultaten visar att metamodells kan användas som ett substitut för dyra FE modeller i optimering av fordonet strukturer. Resultaten av studien visar också vikten av osäkerheter i optimering för att få en robust och pålitlig design.
- Metoder för att utföra robusthetsutvärdering och icke-deterministiska optimering presenteras i detta arbete fanns vara lämplig för fordonstekniska tillämpningar.

## 6. Spridning and publikationer

### 6.1 Spridning av kunskap och resultat

Potentiella metoder och verktyg har identifierats och utmaningar som finns för att genomföra optimeringsdriven utveckling inom fordonsindustrin har formulerats. Vikt minimering, förbättrad krocksäkerhet och robusthet kan uppnås med de utvecklade metoderna. Presenterade metoder kan också användas i tidiga faser av designprocessen för att få systemkunskap.

Resultaten från studien visar att presenterade metoder och process är lämplig för fordonstekniska tillämpningar. En del av dessa metoder är direkt genomförbara i befintliga designprocessen och resterande del behöver vidare utveckling.

### 6.2 Publikationer

A.-B. Ryberg, R. D. Bäckryd, L. Nilsson (2012) , ‘*Metamodel-based multi-disciplinary design optimization for automotive applications*’, Technical report LIU-IEI-R-12/003, Linköping University.

R. D. Bäckryd, A.-B. Ryberg, L. Nilsson (2013), ‘*Multidisciplinary design optimization methods for automotive structures*’, Submitted for publication.

A.-B. Ryberg (2013), ‘*Metamodel-based design optimization – A multidisciplinary approach for automotive structures*’, Licentiate thesis LIU-TEK-LIC-2013:1, Linköping University.



A.-B. Ryberg, R. D. Bäckryd, L. Nilsson (2014), 'A metamodel-based multi-disciplinary design optimization process for automotive structures', Accepted for publication in Engineering with Computers.

S. Shetty and L. Nilsson (2013): 'Robustness study of a hat profile beam made of boron steel subjected to three point bending'. Submitted for publication.

S. Shetty and L. Nilsson (2014) 'Multiobjective reliability-based and robust design optimisation for crashworthiness of a vehicle side impact'. Accepted for publication in the International Journal of Vehicle Design.

S. Shetty (2014) 'Optimization of Vehicle Structures under Uncertainties', Licentiate thesis LIU-TEK-LIC-2014:1, Linköping University.

S. Shetty (2014) 'Efficient reliability-based optimization using a combined metamodel and FE-based strategy'. Proceedings of the 4th International Conference on Engineering Optimization (EngOpt), Lisbon, Portugal.

## 7. Slutsatser och framtida forskning

Metoder för att utföra robusthet utvärdering och icke-deterministiska optimering som presenteras i detta arbete fanns vara lämpliga för fordonstekniska tillämpningar. Den presenterade MDO processen är enkel, effektiv, flexibel och lämplig för gemensamma strukturella MDO tillämpningar inom fordonsindustrin, såsom vikt optimering med avseende på tex. NVH och krocksäkerhet.

Den framtida forskningen kommer att fokusera på implementering av verktyg och metoder samt utveckla och förbättra metoder för att hantera den identifierade komplexiteten. De två doktoranderna kommer att samarbeta kring utvalda ämnen för att nå PhD examen. Sandeep Shetty är placerad på Volvo Personvagnar med fokus på robust optimering och Ann-Britt Ryberg på Combitech med fokus på multidisciplinär design optimering.

## 8. Medverkande företag och kontaktpersoner

**Volvo Car Corporation**, Göteborg.

Dr. Harald Hasselblad, Project leader, +46-31-3259707

Kaj Fredin (Contact person), +46-31-3252418

# FFI

**Combitech AB**, Trollhättan.

Thomas Sjödin, +46 102 16 64 83

**Linköpings University**, IEI/Department of solid mechanics, Linköping.

Professor Larsgunnar Nilsson, +46-705-233539

**Altair Engineering AB**, Göteborg.

Dag Thuvensen, +46 (0) 31 788 2701

**Enginsoft Nordic AB**, Lund.

Ragnar Skoglund, +46 76 004 20 06

**Dynamore Nordic AB**, Linköping.

Dr. David Aspenberg, +46-13-236690

FFI



COMBITECH



Altair

**DYNA**  
MORE