



# Efterstudie

Hampus Westerberg  
Joel Wiklund  
Tomasz Mazurek  
Carl Liljeberg  
Mohammad Rajabi  
Anton Lund  
Simon Svahn

12 december 2024

Version 1.0



Autonom Truck

Status

Granskad	Alla	2024-12-09
Godkänd	Gustav Zetterqvist	2024-xx-xx



## Projektidentitet

Grupp E-post: [hamwe392@student.liu.se](mailto:hamwe392@student.liu.se)

Beställare: Gustav Zetterqvist, ISY, Linköpings universitet  
Tfn: 013-28 19 94  
E-post: [gustav.zetterqvist@liu.se](mailto:gustav.zetterqvist@liu.se)

Kund: Johan Lindell, Toyota Material Handling  
E-post: [johan.lindell@toyota-industries.eu](mailto:johan.lindell@toyota-industries.eu)

Handledare 1: Sebastian Karlsson (ISY)  
E-post: [sebastian.karlsson@liu.se](mailto:sebastian.karlsson@liu.se)

Handledare 2: Oskar Bergkvist (Toyota Material Handling)  
E-post: [oskar.bergkvist@toyota-industries.eu](mailto:oskar.bergkvist@toyota-industries.eu)

Handledare 3: Andreas Bergström (Toyota Material Handling)  
E-post: [Andreas.Bergstrom.ext@toyota-industries.eu](mailto:Andreas.Bergstrom.ext@toyota-industries.eu)

Kursansvarig: Daniel Axehill, Linköpings universitet  
Tfn: +4613284042  
E-post: [daniel.axehill@liu.se](mailto:daniel.axehill@liu.se)

## Projektdeltagare

Namn	Ansvar	E-post
Hampus Westerberg	Projektledare (PL)	<a href="mailto:hamwe392@student.liu.se">hamwe392@student.liu.se</a>
Joel Wiklund	Testansvarig (TA)	<a href="mailto:joewi329@student.liu.se">joewi329@student.liu.se</a>
Carl Liljeberg	Informationsansvarig (IA)	<a href="mailto:carli426@student.liu.se">carli426@student.liu.se</a>
Mohammad Rajabi	Dokumentansvarig (DOK)	<a href="mailto:mohra735@student.liu.se">mohra735@student.liu.se</a>
Anton Lund	Mjukvaruansvarig (MA)	<a href="mailto:antlu106@student.liu.se">antlu106@student.liu.se</a>
Simon Svahn	Designansvarig (DES)	<a href="mailto:simsv926@student.liu.se">simsv926@student.liu.se</a>
Tomasz Mazurek	Sekreterare (SEK)	<a href="mailto:tomma870@student.liu.se">tomma870@student.liu.se</a>



## INNEHÅLL

1	Tidsåtgång	1
1.1	Arbetsfördelning . . . . .	1
1.2	Tidsåtgång jämfört med planerad tid . . . . .	1
2	Analys av arbete och problem	1
2.1	Olika faser . . . . .	1
2.2	Samarbetet i projektgruppen . . . . .	2
2.3	Projektmodellen . . . . .	2
2.4	Relation med beställaren . . . . .	2
2.5	Relation med handledaren . . . . .	2
2.6	Tekniska framgångar/problem . . . . .	2
3	Måluppfyllelse	3
3.1	Vad har uppnåts? . . . . .	3
3.2	Hur fungerade leveransen? . . . . .	3
3.3	Hur har studiesituationen påverkat projektet? . . . . .	4
4	Sammanfattning	4
4.1	De tre viktigaste erfarenheterna . . . . .	4
4.2	Goda råd till de som ska utföra ett liknande projekt . . . . .	4



## DOKUMENTHISTORIK

Version	Datum	Utförda ändringar	Utförda av	Granskad
1.0	2024-12-09	Första versionen	Alla	Alla



## 1 TIDSÅTGÅNG

I det här avsnittet kommer tidsåtgången och arbetsfördelningen mellan projektdeltagarna att presenteras. Projektet hade en total tidsbudget på 1680 timmar, vilket motsvarade 240 timmar per gruppmedlem. Utöver detta fanns en preliminär plan för den tid som skulle avsättas för att planera projektet.

### 1.1 Arbetsfördelning

För att säkerställa en jämn arbetsfördelning delades projektgruppen upp i tre mindre undergrupper, där varje grupp tilldelades en av projektets kärnområden: kartläggning, ruttplanering och simulering. Vid behov hade medlemmarna möjlighet att tillfälligt lämna sina huvudsakliga roller för att stötta en annan grupp. Mot slutet av projektet tilldelades arbetsuppgifterna bland projektmedlemmarna utifrån veckans aktuella prioriteringar och deadlines.

### 1.2 Tidsåtgång jämfört med planerad tid

I [Tabell 1](#) visas en sammanfattning av den planerade tiden i jämförelse med den använda tiden för planering och genomförande av projektet. Notera att värdena i kolumnen använd tid i timmar avser tider vid skrivande stunden.

**Tabell 1:** Tidsåtgång under projektet

Fas	Planerad tid i timmar	Använd tid i timmar
Före	220	236
Under	1114	1117
Efter	320	147

## 2 ANALYS AV ARBETE OCH PROBLEM

Detta avsnitt diskuterar de olika faserna i LIPS-modellen, hur väl arbetet fungerat inbördes i gruppen och relationen till beställare och handledare.

### 2.1 Olika faser

Projektmodellen som användes i detta projekt var LIPS. Nedan följer en kort sammanfattning av vad som skedde under varje fas.

- **Förefasen** - Denna fas fokuserade på att planera projektet, skissa en övergripande systemdesign och definiera målet i projektet. Under denna fas skapades dokument som projektplanen, kravspecifikationen, designspecifikationen och testplanen.
- **Underfasen** - Under denna fas fokuserade projektgruppen på att lösa projektets huvudproblem samt på kodutveckling. Den största utmaningen under denna fas var att konfigurera utvecklingsmiljön, vilket tog cirka hälften av den tid som hade planerats för underfasen. Implementeringen av systemets olika funktioner gick däremot



relativt snabbt, och projektgruppen lyckades leverera en väl fungerande produkt vid deadline.

- **Efterfasen** - I denna fas levererades den färdigutvecklade produkten till beställaren. Dessutom utarbetades en teknisk dokumentation, efterstudie, poster samt utvecklingen av webbplatsen under denna avslutande fas.

## 2.2 Samarbetet i projektgruppen

Samarbetet inom gruppen har generellt fungerat mycket bra. En stor anledning till det goda samarbetet var de regelbundna mötena. Projektgruppen hade ett officiellt möte varje måndag där den aktuella situationen och prioriteringar för kommande vecka diskuterades och planerades. En annan bidragande faktor var bildandet av undergrupper vilket ledde till en jämnfördelad arbetsbelastning och parallell utveckling av projektets olika delar. Projektgruppen använde sig av olika kommunikationskanaler som möjliggjorde en smidig kommunikation, distansarbete och strukturerad hantering av filer.

## 2.3 Projektmodellen

Projektet har följt LIPS-modellen genom att ha sex huvudsakliga beslutspunkter. I enlighet med modellen har dokumentation för att driva projektet framåt tagits fram. Dessa dokument har sedan använts för att följa och säkerställa att arbetet går enligt planen.

## 2.4 Relation med beställaren

Relationen med beställaren har fungerat mycket bra. Beställaren har varit engagerad och väl insatt i projektets mål och krav, vilket har bidragit till en tydlig och kontinuerlig utvärdering av projektets framsteg. Detta engagemang har varit avgörande för att hjälpa projektgruppen att fokusera på rätt prioriteringar, vilket i sin tur har resulterat i en högkvalitativ slutprodukt.

## 2.5 Relation med handledaren

Under projektets gång har kommunikationen med handledarna fungerat mycket väl. När projektgruppen har behövt stöd eller förtydliganden har handledarna varit tillgängliga och gett värdefulla och relevanta rekommendationer. Detta har varit till stor hjälp för att vägleda projektgruppen och säkerställa att projektet kunde leverera en så bra slutprodukt som möjligt.

## 2.6 Tekniska framgångar/problem

I detta avsnitt rangordnas de tre besvärligaste problemen som stöttes på under projektet.

1. I början av projektet stötte vi på stora problem med att konfigurera en utvecklingsmiljö som både skulle vara lätt att distribuera och uppfylla de krav som ställdes av simuleringsmjukvarorna. De verktyg som användes för att utveckla projektet var Docker, ROS2, Gazebo och Rviz. Ingen i projektgruppen hade tidigare erfarenhet av att arbeta med dessa, vilket utgjorde en betydande utmaning. Efter många timmar av självstudier via YouTube,



samt kommunikation med handledare och utförlig undersökning, lyckades projektgruppen lära sig att använda dessa verktyg, och projektet kunde därefter fortsätta till nästa fas.

2. Den verkliga gaffeltrucken är utrustad med tre LIDAR-sensorer, vilket ger den en 360° synvinkel. Projektgruppen försökte använda en truckmodell med tre sensorer, men stötte på problem eftersom det verktyg som användes för att kartlägga truckens omgivning (slam toolbox i ROS2) utifrån LIDAR-data inte kunde ta emot data från tre separata sensorer. Flera lösningar testades men dessa ledde ofta till en försämring av simuleringens prestanda. Eftersom ruttplanering var det huvudsakliga målet för projektet valde gruppen att fokusera på detta och fortsatte med en LIDAR-sensor istället.

3. För att kunna simulera trucken i simuleringsprogrammet Gazebo krävdes, utöver designen av truckens olika delar, även konfiguration av truckens leder och deras rörelser. Detta kunde lösas med hjälp av olika plugins som tillhandahålls i ROS 2. Dessa plugins används för att konfigurera hur truckens leder, till exempel framhjulets rotation och styrvinkel, ska väljas för att uppnå en viss linjär- och vinkelhastighet för trucken.

Dock stötte projektgruppen på problem på grund av den stora mängden versioner av det Linux-baserade programmet ROS2. Detta resulterade i att många lösningar som testades visade sig vara inkompatibla eller icke-fungerande. Att hitta en fungerande lösning krävde mycket tid och resurser, vilket fördröjde projektet.

### 3 MÅLUPPFYLLELSE

I detta avsnitt diskuteras i vilken utsträckning projektgruppen lyckades uppnå de uppsatta målen samt hur väl de uppfyllda målen överensstämmer med projektets ursprungliga krav och ambitioner.

#### 3.1 Vad har uppnåtts?

Målet med projektet var att utveckla en lösning som möjliggör hinderundvikning för en lagertruck, som redan har funktionalitet att följa en förprogrammerad originalrutt. Detta mål har uppnåtts genom att trucken nu autonomt kan navigera runt hinder genom att planera en sekundär rutt. Den sekundära rutten uppdateras kontinuerligt när nya hinder upptäcks av truckens lidarsensor, vilket säkerställer en smidig och effektiv navigering.

Vid projektets början definierades ett antal krav som skulle uppfyllas. Dessa krav prioriterades enligt tre nivåer: krav med prioritet 1, som var obligatoriska att uppfyllas vid beslutspunkt 4; krav med prioritet 2, som skulle uppfyllas vid beslutspunkt 5 i projektplanen; samt krav med prioritet 3, som skulle implementeras i mån av tid. Under projektets gång behövde vissa krav med prioritet 1 förhandlas om, men majoriteten av kraven uppfylldes. De krav som uppfylldes har resulterat i en slutprodukt som framgångsrikt uppfyller det övergripande målet – hinderundvikning för en lagertruck.

#### 3.2 Hur fungerade leveransen?

Leveransen genomfördes i form av en presentation för kunden, handledaren och examinatorn på Toyotas huvudkontor. Presentationen var lyckad och resulterade i en givande diskussion mellan projektgruppen och åhörarna.



### 3.3 Hur har studiesituationen påverkat projektet?

Under projektets gång har deltagarna även varit engagerade i undervisning i flera andra kurser, vilket har inneburit att deras tid inte enbart har kunnat ägnas åt projektet. Trots detta har de planerade och obligatoriska mötena fungerat väl, med deltagande från samtliga projektdeltagare. Vid icke-obligatoriska möten har majoriteten av deltagarna oftast kunnat närvara.

Under utvecklingsfasen har dessutom mycket av arbetet bedrivits i mindre arbetsgrupper som tilldelats specifika uppgifter att lösa. Detta upplägg har underlättat schemaläggningen och gjort det enklare för deltagarna att hitta gemensamma tider för att arbeta tillsammans. Förutom detta har en stor del av arbetet utförts på distans, vilket har varit fördelaktigt eftersom de program som används är hårdvarukrävande. Att kunna arbeta på en privat stationär dator, där alla program redan är installerade, har därmed effektiviserat utvecklingsarbetet.

I de fall där en projektmedlem har varit förhindrad att delta på ett viktigt möte på grund av annan undervisning, har viktig information från mötet förmedlats på ett effektivt sätt till den frånvarande medlemmen. Trots variationer i arbetsbelastning mellan deltagarna, beroende på deras övriga åtaganden, har arbetsbördan i genomsnitt varit jämnt fördelad och projektarbetet har fungerat väl.

## 4 SAMMANFATTNING

Detta avsnitt sammanfattar de ovan nämnda reflektionerna och ger konkreta råd för framtida projektgrupper som ska arbeta med liknande projekt.

### 4.1 De tre viktigaste erfarenheterna

Under projektets gång har gruppen gjort flera värdefulla erfarenheter som kan sammanfattas i följande tre punkter:

- **Betydelsen av en välfungerande utvecklingsmiljö:** Att initialt investera tid i att konfigurera och förstå utvecklingsverktygen, såsom Docker, ROS2, Gazebo och Rviz, visade sig vara avgörande för projektets framgång. Även om detta var utmanande i början, lade det grunden för en stabil utvecklingsprocess.
- **Effektiv kommunikation och samarbete:** Regelbundna möten och en tydlig arbetsfördelning mellan undergrupper bidrog till att projektet kunde fortlöpa smidigt, även under perioder med hög arbetsbelastning. Kommunikation mellan gruppmedlemmar och med handledare hjälpte till att snabbt lösa problem och hålla projektet på rätt kurs.
- **Vikten av flexibilitet och prioritering:** När vissa krav behövde omförhandlas, lärde sig gruppen att fokusera på det som var mest kritiskt för projektets övergripande mål. Denna förmåga att prioritera och anpassa sig visade sig vara en av nycklarna till att leverera en färdig och fungerande produkt i tid.

### 4.2 Goda råd till de som ska utföra ett liknande projekt

För framtida projektgrupper som arbetar med liknande projekt kan följande råd vara till hjälp:

- **Förbered er på att lära er nya verktyg:** För att minimera frustration i början av projektet, tillbringa tid med att sätta upp och lära er utvecklingsmiljön. Använd tutorials, handledning och andra resurser tidigt för att bli bekväma med verktyg som ROS2 och Gazebo.





- **Dela upp arbetet i mindre, hanterbara delar:** Genom att dela upp projektet i mindre delprojekt kan parallellt arbete möjliggöras och effektiviteten ökas. Var noga med att regelbundet synka mellan grupperna för att undvika dubbelarbete.
- **Kommunicera regelbundet:** Planera regelbundna möten och håll alla medlemmar informerade om framsteg och förändringar. Använd strukturerade kommunikationskanaler och projektverktyg för att hantera uppgifter och filer.
- **Planera för flexibilitet:** Ha en realistisk tidsplan men var också beredda på att justera mål och prioriteringar under projektets gång. Förvänta er att oförutsedda problem kan uppstå och planera in extra tid för att hantera dessa.
- **Utnyttja handledare och beställare:** Var inte rädda för att be om hjälp eller råd från handledare och beställare. Deras erfarenhet och insikter kan spara mycket tid och energi.