

# Noggrann satellitbaserad fordonspositionering med lågkostnadskomponenter



Per Sahlholm (Scania CV AB)

Tommy Palm (Flowscape AB)

2015-10-30

Trafiksäkerhet och automatiserade fordon

**FFI** Fordonsstrategisk  
Forskning och  
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

# Innehållsförteckning

<b>1 Sammanfattning .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Executive summary.....</b>	<b>3</b>
<b>3 Bakgrund.....</b>	<b>4</b>
<b>4 Syfte, frågeställningar och metod.....</b>	<b>4</b>
<b>5 Mål .....</b>	<b>5</b>
<b>6 Resultat och måluppfyllelse .....</b>	<b>5</b>
6.1 GNSS precision.....	5
6.2 Fordonsmodell.....	6
6.3 Hårdvarudel.....	6
6.4 Filhållningsassistent .....	6
<b>7 Spridning och publicering .....</b>	<b>7</b>
7.1 Kunskaps- och resultatspridning .....	7
7.2 Publikationer.....	7
<b>8 Slutsatser och fortsatt forskning .....</b>	<b>7</b>
<b>9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....</b>	<b>8</b>
9.1 Kontaktpersoner.....	8

## 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 drygt 400 Mkr.

För närvarande finns fem delprogram; Energi & miljö, Trafiksäkerhet och automatiserade fordon, Elektronik, mjukvara och kommunikation, Hållbar produktion och Effektiva och uppkopplade transportsystem. Läs mer på [www.vinnova.se/ffi](http://www.vinnova.se/ffi)

# 1 Sammanfattning

Det långsiktiga målet med arbetet har varit att realisera noggrann satellitbaserad fordonspositionering på lågkostnadsprodukter. Projektet har gått ut på att utvärdera om ett RTK-GNSS-system baserat på en lågkostnads enkanals GNSS-mottagare, tillsammans med landbaserade befintliga SWEPOS lantmäteri referensstationer, kan nå en positionsnoggrannhet på +/- 30 cm på en lastbil. Dessa prestanda har utvärderats under en längre körsträcka i 80 km/h. Mätsträckan var på E4 från Södertälje och söderut.

Utvecklingen av fordonsmodell, kopplingen till CAN-nätverket i lastbilen, och utveckling av protokoll för kommunikation med SWEPOS gick enligt plan. Däremot krävdes en stor insats för att få till hela GNSS systemet med referensstationerna. Det betyder att det lades ned mycket mer arbetstid på projektet än från början planerat. Slutresultatet med avseende på GNSS precision blev dock väldigt bra. Det som i slutändan saknas är ett bättre stödsystem för att på död räkning estimerar lastbilens position utan sattelithjälp. Detta ses som fullt möjligt med mer tid och ett fortsatt nära samarbete.

Utfallet för positionsprecision blev bättre än +/- 5 cm vid kontinuerlig satellittäckning, vilket är betydligt bättre än målet på +/- 30 cm. Detta uppnåddes så länge satellitavbrotten var kortare än 45 m i sträcka. Ett önskemål identifierades under projektet om att i stället för 45 m klara 120 m satellitavbrott, vilket ses som fullt möjligt med en exaktare fordonsmodell och förbättringar av tröghetsnavigeringen.

## 2 Executive summary

The long term goal of the work has been to realize highly accurate satellite based vehicle positioning based on low cost components. The project has been focused on evaluating if a RTK-GNSS-system based on a low cost single channel GNSS receiver, paired with the existing SWEPOS land based survey stations, can reach a positioning accuracy of +/- 30 cm in a heavy duty vehicle. The performance level has been evaluated during on-road driving at 80 km/h. The measurements have been conducted on highway E4 south of Södertälje.

To achieve the goals a vehicle model, method for connection to the CAN network in the heavy duty vehicle, and a communications solution for exchanging data with SWEPOS have been developed. All these activities were carried out in accordance with the project plan. However, fine-tuning and final operationalization of the complete system proved to be significantly more resource intensive than planned. The final result with regard to GNSS positioning precision was very good. Future work is however required on the vehicle model and inertial navigation based dead reckoning solution. Particularly the movements of the vehicle cab, which were not modelled in this project, proved troublesome. Improvements are also possible from using better sensors in the inertial navigation. The targets in this area are still seen as realistic to achieve with the given bill of material limitations, but will require additional work in close collaboration between vehicle and positioning experts.

The end result for the positioning was better than  $\pm 5$  cm with continuous satellite reception. This was significantly better than the target of  $\pm 30$  cm. The target accuracy could be achieved as long as GNSS reception was not lost for more than 45 m at a time. A requirement to handle GNSS outages up to 120 m while driving at 80 km /h was identified during the project. This robustness is believed to enable reliable operation of the system under real world highway conditions. The gap between 45 m and 120 m is a topic for future work, but should be possible to solve.

### 3 Bakgrund

Under de senaste åren har det inom fordonsindustrin skett en snabb utveckling inom säkerhets- och förarstödssystem. Exempel på sådana system är körfältsvakter, nödbromsassistans och automatisk upptäckt av djur på vägen. Målet med dessa system är att minska olyckorna och att bidra till det övergripande samhällsmålet att inga personer skadas allvarligt i trafiken. Fortfarande är det långt kvar till att nå detta mål men med gemensamma och fokuserade insatser inom industri och samhälle så kommer vi förhoppningsvis nå detta.

För några år sedan när billiga gyron, accelerometrar och odometrar kom så tog utvecklingen av låsningsfria bromsar och elektroniska stabilitetssystem ett stort kliv framåt. Säkerhetssystemutvecklingen idag bygger till stor del på signalbehandling av information från på kameror och radar. Vilken teknik som möjliggör nästa stora steg för säkerhetssystemen vet vi ännu inte.

En mycket lovande teknik som har dykt upp är att positionera på centimeternivå genom att kombinera information från billiga GPS-mottagare och tröghetssensorer. Flowscape är ett mindre svenskt spetsföretag som startade 2011 baserat på kunskap från bl.a. Ericsson. De har under de senaste åren tillsammans med ett stort globalt företag tagit fram ett styrsystem som använder denna teknik för att positionera och styra robotar. GPS-tekniken de använder har funnits under längre tid inom t.ex. lantmäteriområdet. Då har dock systemen kostat flera hundra tusen kronor. Det som är unikt med Flowscares patentsökta teknik är att de uppnår samma noggrannhet men för ett antal hundra kronor.

Om det går att få denna teknik tillräckligt robust finns det ett stort antal intressanta applikationer för att höja trafiksäkerheten. Ett exempel är att förbättra fildetekteringen av fordonet. Om föraren somnar eller drabbas av sjukdom skulle fordonet automatiskt och säkert kunna stanna vid vägkanten. Med robust fildetektering skulle man också kunna förhindra vältning av lastbilar vid avfarter genom att fordonet vet att föraren ligger i avfartsfilen. Med noggrann positioneringsbestämning skulle även dagens stabilitets- och bromssystem ytterligare kunna förbättras.

Förutom säkerhetsrelaterade system så kommer en noggrann position vara en viktig del när självgående fordon skall utvecklas. Enligt en rapport från IHS kommer det 2035 finnas 54 miljoner självkörande bilar i drift i världen. De första prototyperna rullar på vägarna redan idag men enligt IHS kommer de först 2025 finnas tillgängliga i serieproduktion.

### 4 Syfte, frågeställningar och metod

Projektet har drivits som ett samarbete mellan utvecklingsingenjörer från Scania och Flowscape. För att stötta projektet har två stycken examensarbeten genomförts. Det ena examensarbetet fokuserade på att göra en litteraturstudie kring teknologier som används för positionering av självkörande fordon samt körfältsvakter. Det inkluderade även en litteraturstudie kring tillförlitligheten av dessa teknologier med speciellt fokus kring användningen av RTK-GNSS. I en praktisk del av examensarbetet utvecklade studenten mjukvara för att läsa hjul och rattvinkelsensorer direkt från en Scania lastbil samt ladda ner GNSS-referensdata från lantmäteriets SWEPOS-basstationer.

I det andra examensarbetet utvecklade studenten en fordonsmodell för att kunna köra en lastbil på död räkning när GNSS-signalen blir skyddad av t.ex. broar och skyltar. Det slutgiltiga systemet är baserat på ett samspel mellan en noggrann GNSS-positionering och position från fordonsmodellen. Förutom modellen har examensarbetaren tagit fram en mätupställning baserad på ett högkostnadssystem för GNSS. Denna ger möjlighet att verifiera positionsnoggrannheten hos systemet.

Parallellt med de båda examensarbetena har Flowscares ingenjörer integrerat både drivrutiner och fordonsmodell i den mjukvara som redan idag används för positionering av robotar.

Slutgiltigt har systemet verifierats genom att positionen från systemet jämförts med positionen från det mycket noggranna högkostnadssystemet, utifrån en körning med lastbil på motorvägen mellan Södertälje och Nyköping. På denna väg finns inga tunnlar men ett antal skyltar, broar och naturliga objekt som skymmer GNSS-signalen.

## 5 Mål

Projektet har bidragit till stärkt konkurrenskraft för svensk fordonsindustri genom att sammanföra ett litet forskningsintensivt företag med unik spetskompetens med en stor fordonstillverkare. Tekniken som har utvärderas har visat sig fungera i fordonssammanhang, även om vissa utmaningar fortfarande återstår. Den positioneringslösning som utvecklats kan förutom för Scania även vara till nytta för en rad svenska tillverkande företag inom robotik- och fordonsbranscherna.

Med ett produktifierat system finns stora möjligheter att förbättra fordonssäkerheten genom ökad prestanda på en rad säkerhetssystem exempelvis automatisk nödbroms och anti-sladdsystem. Mycket noggrann bestämning av position och hastighet öppnar också dörren för nya säkerhetssystem som kräver kunskap om vilken fil fordonet befinner sig i, och är viktigt för framtidens allt mer automatiserade förarstödsystem.

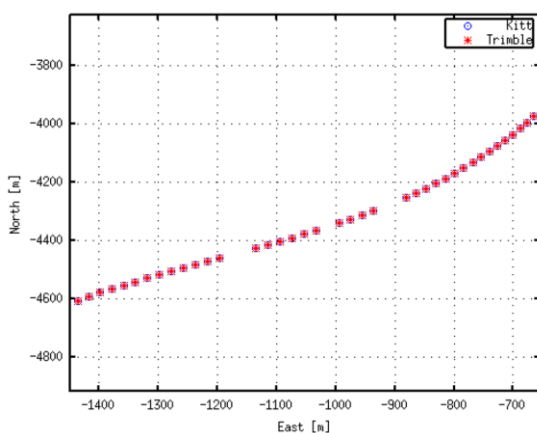
Målet för projektet angavs i ansökan till att kunna verifiera en positionsnoggrannhet bättre än  $\pm 30$  cm vid körning på motorväg. Detta har, i enlighet med planen, utvärderas genom jämförelse med ett mycket dyrare referenspositioneringssystem.

## 6 Resultat och måluppfyllelse

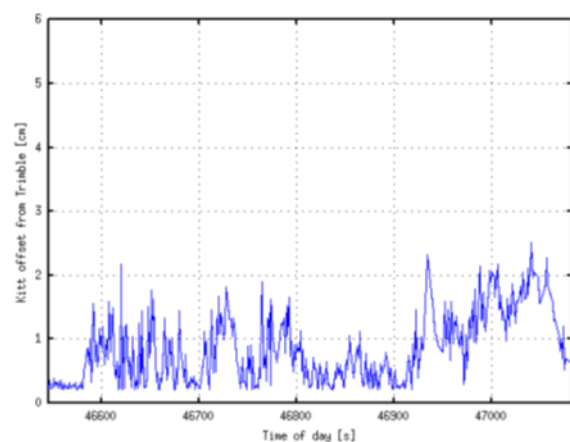
Målet med projektet var noggrann satellitbaserad fordonpositionering med lågkostnadsprodukter. För att uppnå detta, samt utvärdera en tillämpning som ett sådant system skulle kunna stödja, har ett antal aktiviteter utförts. En huvudkomponent är utvärderingen av det framtagna sensorstödda GNSS-systemets positioneringsprecision.

### 6.1 GNSS precision

Resultatet blev mycket bra, med en horisontell positionsnoggrannhet inom ett par centimeter, dvs. med stor marginal bättre än målet så länge som GNSS signalen inte blockerades en längre stund av t.ex. broar. I dessa situationer behövs en mycket god tröghetsnavigering, vilken fortfarande inte var tillräckligt bra för långa avbrott. Testresultaten visar att systemet klarar 44 meter utan att tappa positionslåsning, vid passage under bro krävs ca 120 meter. Resultaten från en av mätningarna visas i figur 1 och figur 2.



Figur 1 Mätning från motorvägen mellan Södertälje och Järna. Satellittäckning saknas bitvis. Kitt är det utvecklade systemet, Trimble är referenssystemet.



Figur 2 Mätning från motorvägen mellan Södertälje och Järna. Positionsavvikelse i horisontalplanet mellan det utvecklade systemet och referenssystemet.

## 6.2 Fordonsmodell

En matematisk fordonsmodell utvecklades och fintrimmades i flera etapper med hjälp av praktiska fordonsdatainsamlingar från lastbilen. Kvaliteten på fordonsmodellen var god, men en viktig, svår, och hittills ej behandlad del är hyttens rörelser. Dessa får stor påverkan, eftersom sensorerna till stor del var monterade på denna individuellt avfjädrade del av lastbilen [Enberg, 2015].

## 6.3 Hårdvarudel

En stor del i projektet var att utröna om en lågkostnadshårdvara räcker till. En sensor, radio och beräkningsenhet konstruerades för projektet bestående av ARM9 processor, 3D gyro, 3D accelerometer, 3D magnetometer, Ethernet, CAN, RS232, dubbla USB, och enkanal GNSS mottagare. Priset i större volymer väntas kunna bli < 300 SEK, vilket var målet. Till detta användes ett kommersiellt 3G/4G-modem och ibland mobiltelefon för länken till SWEPOS. Utvecklingen av hårdvaran följde projektplanen utan större avvikelser.

## 6.4 Filhållningsassistent

En del av projektet fokuserade på hur systemet kan användas för Lane Departure Warning (LDW). Detta undersöktes genom att utveckla ett tillägg till systemet som visualiserar var i filen fordonet befinner sig för tillfället samt varna om fordonet är på väg att lämna filen. Kartor genererades av positionsdata från tidigare körningar på samma vägsträcka. LDW-systemet fungerar väl så länge positionssystemet har positionsläsning [Holmström, 2015].

## 7 Spridning och publicering

### 7.1 Kunskaps- och resultatsspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Litteraturstudierna i examensarbetena har fungerat som kompetenshöjning inom både Scania och Flowscape.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	Mätssystemet för att verifiera positionen kan framöver användas av både Scania och Flowscape i det fortsatta arbetet med t.ex. körfältsvaktssystem.
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	Den mjukvara som skrivits i projektet kan integreras som nya moduler i Flowscares befintliga styrsystem. Drivare för CAN samt nedladdning av GNSS-referensdata från SWEPOS behövs även inom andra applikationer så som styrning av traktorer vid plöjning av åkrar samt styrning av konstruktionsmaskiner så som grävmaskiner eller väghyvlar. Fordonsmodellen är ett bra komplement till den robotmodell som redan tidigare fanns i systemet. Resultaten bidrar till framtida produkter, men är inte i sig möjliga att direkt introducera på marknaden.
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

Storskalig implementation av de teknologier som utvecklats inom projektet förutsätter två samverkande omvärldsförändringar. Dels behöver GNSS-mottagare som arbetar med mer än en våglängd nå massmarknaden, och dels behöver ett system motsvarande SWEPOS anpassas för ett väsentligt större antal samtidiga användare. Båda dessa händelser ses som sannolika, då vinsterna av väsentligt ökad positionsprecision är stora. Näringsdepartementet i USA uppskattar att civil storskalig användning av en andra frekvens i GPS-systemet (benämnd L2C) kan generera 5.8 Miljarder USD i ökad ekonomisk aktivitet till 2030 (<http://www.gps.gov/systems/gps/modernization/civilsignals/>).

Ökad medvetenhet om L2C kan i sin tur öka intresset för detta projekts resultat. Utvidgning av SWEPOS uppdrag till att ta fram produkter för en bredare målgrupp av användare skulle också öka intresset.

### 7.2 Publikationer

Holmström, Jonathan, 2015. *Lane departure warning using low-cost satellite-aided positioning technology on modern highways*. Examensarbete MMK 2015:78 MDA 503, KTH Industrial Engineering and Management, Stockholm

Enberg, David, 2015. *Performance Evaluation of Short Time Dead Reckoning*. Examensarbete LiTH-ISY-EX--15/4826—SE, Reglerteknik, Tekniska högskolan vid Linköpings universitet, Linköping.

## 8 Slutsatser och fortsatt forskning

Kombinationen mellan lågkostnadsmottagare för GNSS, sensorer för tröghetsnavigering och korrektionsinformation från fasta referensstationer är mycket lovande. Tekniken är ännu inte riktigt mogen

för en massmarknad, men utvecklingen går fort framåt och nu är ett utmärkt tillfälle att skaffa tidig erfarenhet och expertis inom området.

GNSS-mottagare som hanterar dubbla frekvenser behövs för att minska initialiseringstiden för systemet. Dessa kommer sannolikt att finnas tillgängliga från många olika leverantörer, till rimliga priser, inom ett fåtal år.

Förbättrad modellering av fordonet och i tröghetssensorerna krävs för att kunna hantera längre perioder utan tillgång till GNSS-täckning. Detta arbete behöver till stor del göras specifikt för varje fordonstyp. Då tunga fordon ofta skiljer sig relativt mycket från varandra (bussar, distributionsbilar, långträdare etc.) vore det intressant att utvärdera var gränsen för hur generell en sådan modell kan göras finns.

## 9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Medverkande hos Flowscape har sedan starten varit David Enberg (examensarbetare), Jonathan Holmström (examensarbetare), Peter Reigo (VD, projektledare samt GNSS-kunnig), Isak Tjernberg (expert inom tröghetsnavigering och robotik), Jakob Almqvist (expert inom satellitbaserad positionering) och Tommy Palm (elektronikkonstruktör samt projektledare inom Flowscape).

Från Scantias sida har de huvudsakliga deltagarna varit Per Sahlholm (projektledare, expert inom digitala kartor för fordon) och Pär Degerman (expert inom uppkopplade tjänster för fordon).

### 9.1 Kontaktpersoner



Flowscape AB

Peter Reigo, CEO and Founder, [peter.reigo \(at\) flowscape.se](mailto:peter.reigo@flowscape.se)

Tommy Palm, Head of Development, [tommy.palm \(at\) flowscape.se](mailto:tommy.palm@flowscape.se)



Scania CV AB

Per Sahlholm, Senior Engineer, Vehicle Management Controls, [per.sahlholm \(at\) scania.com](mailto:per.sahlholm@scania.com)

Pär Degerman, Senior Engineer, Connected Services, [par.degerman \(at\) scania.com](mailto:par.degerman@scania.com)