

# Analys av möjliggörande teknologier för säkrare små fordon

Publik rapport



Författare: Lars Drugge, Mikael Hellsten, Peter Lundqvist, Robert Gröning

Datum: 2019-05-30

Projekt inom Trafiksäkerhet och automatiserade fordon

**FFI** Fordonsstrategisk  
Forskning och  
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

SCANIA

VOLVO

# Innehållsförteckning

<b>1 Sammanfattning .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Executive summary in English.....</b>	<b>3</b>
<b>3 Bakgrund.....</b>	<b>5</b>
<b>4 Syfte, forskningsfrågor och metod .....</b>	<b>6</b>
<b>5 Mål .....</b>	<b>7</b>
<b>6 Resultat och måluppfyllelse .....</b>	<b>7</b>
<b>7 Spridning och publicering.....</b>	<b>12</b>
7.1 Kunskaps- och resultatspridning .....	12
7.2 Publikationer.....	12
<b>8 Slutsatser och fortsatt forskning .....</b>	<b>12</b>
<b>9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....</b>	<b>13</b>
<b>10 Referenser</b>	

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. 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

Fyrhjulingar och andra små fordon är svårt olycksfallsdrabbade och vältning är en av de vanligaste orsakerna till svåra skador och dödsfall med dylika fordon. Projektet har undersökt vilken effekt vältvarningssystem har på förare av fyrhjulingar och andra små terrängfordon. Syftet har varit att utvärdera koncept för säkrare mindre fordon som skall varna vid vältrisk och larma om vältning sker. Hypotesen är att ett vältvarningssystem kan reducera antalet olycksfall med fyrhjulingar och andra små vältbenägna fordon.

Studierna har skett i samverkan med utbildningsföretag samt tillsammans med företag som använder fyrhjulingar för att utföra sina ordinarie arbetsuppgifter såväl på väg som i terräng. Testutrustningar har monterats på fordon och har uppdaterats baserat på användarnas återkoppling. Utvärdering av nyttan med vältvarningssystemet har skett genom intervjuer, enkäter och observationsstudier. Resultaten har utvärderats i syfte att dokumentera effekt och nytta av denna typ av utrustning och har även utgjort grund för modifiering av den föreslagna säkerhetslösningen.

Ett vältvarningssystem har utvecklats som ökar säkerheten vid färd med mindre fordon utsatta för vältningsrisk. Fältstudierna visar att inställningen till vältvarning är övergripande positiv och har blivit alltmer positiv under funktionens utveckling. Utvärderingen visar att majoriteten av testpersonerna tycker att vältvarningssystemet fungerade ganska bra eller mycket bra. Förarna upplever att systemet ger en känsla av ökad trygghet och både användare samt projektintressenter har uppfattat att säkerheten för små fordon kan höjas på ett önskvärt sätt. De företag som deltagit i testerna har uppgett att detta varit prioriterat för dem då arbetsmiljö och säkerhet har högsta prioritet.

Fordonsdynamiska simuleringsmodeller har utvecklats för att analysera och utvärdera olika vältningsförebyggande system. Resultaten visar att en aktivering av vältvarningen baserat på en förutsägelse av vältrisen har potentialen att ge föraren mer tillgänglig tid att undvika en vältning, men det finns samtidigt en ökad risk för falsklarm. Simuleringarna visar också att implementering av ett aktivt bromssystem resulterar i en minskad risk för vältning och att även mindre bromsningrepp kan medföra att vältrisen kan reduceras i hög grad.

## 2 Executive summary in English

The focus vehicle in this project was ATVs, which appears in many different shapes and in Sweden also registered as different kinds of vehicles, like tractor, motorcycle and motor vehicle. They are used in many different professional areas like farming, power transmission, skiing resorts, forestry etc. often in terrain but also on public roads.

ATVs and other small rollover prone vehicles show high risk of accidents from rollover which can cause severe injuries and death. According to data from the Swedish Transport Administration there were 37 killed per 100 000 vehicles compared to 2 per 100 000 vehicles for ordinary cars. In 70 % of the on road accidents and in 60 % of the terrain accidents rollover was the reason. The national Board of Health and Welfare reports 7000 persons injured during the four year period of 2007-2010.

Driving an ATV is very different from driving a car. The ATV is more prone to rollover and the driving style influences the vehicle stability. Training, active driving style and wearing a helmet will increase the possibilities to avoid accidents and severe injury. Except for the use of helmet and other personal equipment for protection, the use of passive rollover protection devices is recommended in Australia where ATV accidents are a large problem. The Swedish Transport Administrations national strategy for increased ATV safety recommend alcohol interlocks, electronic stability systems and rollover warning as examples of safety devices for ATVs.

The aim of this project was to evaluate if a concept for rollover warning can reduce the number of accident with ATVs and other small vehicles. The study was carried out in cooperation with companies managing training and companies using ATVs in their ordinary operations. The overall aim was to analyse and suggest active safety solutions which can reduce the number of accidents with ATVs and other small rollover prone vehicles.

During a few months an initial prototype was developed. It contained sensors for acceleration, gyro and compass. The initial prototype demonstrated lack of reliability due to frequent false alarms. To cope with this a second prototype was built containing only acceleration and gyro sensors. The sensors were mounted on a machine-made printed circuit board along with a faster processor. This reduced the number of false alarms and by adjusting the software and reprogramming the prototype, the experience of the rollover warning became more positive with rare false alarms. The prototype was mounted in a plastic box of 90\*65\*16 mm, connected to the battery of the vehicle and with a separate loudspeaker. A special type of dual hook tape was used for fastening the prototype to the vehicle.

Field studies proceeded in parallel with the development of the prototypes during 10 months, starting in May 2018 and continued until the end of April 2019. By the end of February 2019 interested parties were invited to a demonstration near Arlanda airport. The field studies included a broad group of users, like power transmission workers, rescue workers, farmers, ski resort workers, reindeer farmers, machine sale, driving education, forestry work, horse business, trail preparation, technical maintenance and on road driving representatives. The test subjects were between 20 and 70 years of age. The vehicles tested were both four- and six-wheeled and several with attached trailer. Environments included summer and winter, alpine country, forest, heavy slopes, flat road with asphalt, training environments with prepared tracks containing slopes, pits and other obstacles. The test drivers used the prototypes from a few hours to month long testing in their ordinary activities.

The test subjects were interviewed before and after testing. Fifty percent of the test subjects answered a Google questionnaire, of which 92 % declared previous experience of driving an ATV and 60 % declared some kind of formal education. More than one third (36 %) declared earlier rollover accident or near accident. The feedback from the questionnaire and the interviews were in full concordance. Of the test subjects, 75 % declared that the rollover prototype worked well or very well, and 80 % confirmed that the signal was good enough. Some have wished for a gradually increasing auditive signal as in an ordinary car parking sensor system. Independent of one another several test drivers have suggested that a warning system should be possible to adjust depending on machine, assignment and driver competence.

Ideas for further development are:

- A successively rising warning signal like parking sensor warning in cars
- An adjustable warning to match vehicle, assignment and driver competence
- A connection to rescue
- A commercial product must be reliable
- The mounting must be robust and an instruction needs to be presented

The attitude of the test subjects to a rollover warning system is overall positive and has become increasingly more positive during the development of the system. Drivers experience that the system gives them a feeling of increased safety. Users and interested parties experience that ATV safety can increase. Commercial and private actors declare that work safety and work environment has highest priority.

Vehicle dynamic simulation models have also been developed, to analyse and evaluate various rollover prevention systems. A comparison of different strategies for the activation of the rollover warning has been performed. The simulation results show that activation of the rollover warning based on a prediction of the rollover risk has the potential to give the driver more time to avoid a

rollover, but at the same time there is an increased risk of false alarms. A preliminary study has also been carried out to analyse the effect of an active safety system with the purpose to prevent a rollover utilising wheel brake activation. The simulations show that an active braking system results in a reduced risk of rollover and that even small brake interventions can lead to a significant reduction of the rollover risk.

### 3 Bakgrund

Fyrhjulingar är ett samlingsnamn för olika former av fordon som klassas och registreras olika; t.ex. terränghjulingar, fyrhjulingar registrerade som traktor, motorcykel, moped eller motorredskap. Dessa fordon används i olika yrkesmässiga sammanhang inom jord- och skogsbruk, renkötsel och av kraftföretag, skidanläggningar m.fl., ofta i terräng eller på mindre enskilda vägar. Fyrhjulingarna används också för fritids- och hobbyändamål samt som transportmedel på allmän väg.

Enligt Trafikverkets uppgifter från Rättsmedicinalverket omkom totalt 63 personer med fyrhjulingar under perioden 2008-2017, varav 5 personer var under 18 år och 14 var över 59 år, ca 90% av dessa var män. Vidare konstaterar Trafikverket att 33 av de som omkom färdades med en terränghjuling och i snitt fanns drygt 92 000 registrerade fordon vilket betyder 37 omkomna per 100 000 fordon. Motsvarande siffra för personbilar är 2 omkomna per 100 000 fordon (Trafikverket, 2019).

Enligt Trafikverkets redovisning (2013) av Rättsmedicinalverkets analys gällande omkomna på fyrhjulingar under perioden 2001-2012 var det 44 som dog på väg, varav 55% med skullskador och 7% med bröstorgsskador. I 70% av fallen var det vältning med maskinen där 33% blev klämda under fordonet. Av de 30 personer som under samma period dog utanför vägområdet hade 15% skullskador, 26% bröstorgsskador samt 19% druckningsrelaterade skador. I 60% av fallen var det vältning och 56% klämdes under fordonet. Vad gäller skador utan dödsfall redovisar Socialstyrelsen att det under perioden 2007-2010 skadades 7000 personer på och utanför väg, där t ex 21% skedde i trafikområde, 22% i skog och terräng samt 19% på infarter och parkeringar. Det visades också att 40 procent av de skadade var barn under 15 år och att armfraktur var den vanligaste skadan (40%).

Det har även konstaterats att det inte bara är användning av fyrhjulingar i terräng som är skadedrabbat. En studie av Gustafsson & Eriksson (2013) studerade alla dödsfall (107 st) med fyrhjulingar (50 st) och snöskotrar (57 st) under åren 2007-12. De konstaterade att flest dödsfall inträffade på helgerna (72% med förare av fyrhjulingar och 71% med förare av snöskotrar) och att majoriteten av de som drabbats var män (94 respektive 91%).

#### Bakomliggande faktorer

Att köra fyrhjuling skiljer sig på många sätt från att köra bil, bl.a. att en fyrhjuling har mer eller mindre tendens att välta vid skarpa svängar och att förarens körstil påverkar vältrisken. Resultat från VTI (Wallén Werner et al. 2015) visar att en mer aktiv körstil ökar chansen att klara en viss manöver jämfört med en passiv körstil. Vidare pekar man på att bakomliggande orsaker till skadehändelser är oerfarna förarens bristande kunskap alternativt erfarna förarens stress och/eller slarv i kombination med fyrhjulingens speciella egenskaper; minderåriga förare; fyrhjulskörning under alkoholpåverkan samt för höga hastigheter. Om man inte använder hjälm kan konsekvenserna bli extra allvarliga.

En stor andel av skadorna uppkommer som tidigare nämnts vid vältning. I en djupstudieanalys av vältningsolyckor med 15 fyrhjulingar, konstaterade (Rizzi, 2010) att den inledande händelsen till vältning var dikeskörning, kollision med något föremål (t ex sten eller träd), sladd eller ett fall tekniska brister. Fyrhjulingarna välte alltid framåt, i samband med en kollision eller åt sidorna.

Han visade också att i vältningsolyckorna var orsakerna till skada i 11 av 15 fall själva vältningen och i fyra fall berodde skadan på kollision med fast föremål. Orsakerna till dödsfall var avsaknad av hjälm, fastklämning samt kraftig kollision. Nio av 15 drabbade hade fått fyrhjulingen över sig någon gång i vältningsolyckorna och sex personer återfanns under fordonet.

VTI:s forskare (Forsman & Gustafsson, 2015) har påpekat att de vanligaste olycksorsakerna som ledde till vältning var fel hastighet och handhavandefel samt bristande vägunderhåll (halka, grus). Studier i Australien har specifikt studerat risker för vältning inom lantbruket och påtalar att den största risken för vältning är olika former av gupp, tuvor och andra former av ojämnheter i terrängen (Hicks, et al. 2018).

#### Förebyggande arbete

Trafikverket (2013) har drivit ett skadeförebyggande arbete, bl.a. genom att tillsammans med berörda intressenter utarbeta en strategi för åren 2014-2020: "Ökad säkerhet på fyrhjulingar" som utmynnade i en lång rad förslag, varav kravet på hjälm vid färd med terrängskoter (terränghjuling o snöskoter) infördes 2016. Under 2019 pågår ett uppföljningsarbete under ledning av Trafikverket för att se över vilka fortsatta åtgärder som bör rekommenderas för att minska antalet omkomna och skadade på fyrhjulingar.

Förutom användning av hjälm och annan personlig skyddsutrustning är det främst olika former av passiva skydd som skyddsbågar som varit föremål för tester och intensiva diskussioner mellan dess förespråkare och dess motståndare. I Australien där skadorna är ett stort problem, inte minst på landsbygden drivs dessa frågor av såväl politiker som företrädare för olika branscher inklusive lantbruket. Stora tillverkare av fyrhjulingar (Honda & Yamaha) hotar med att sluta sälja sina fordon i Australien om det blir lagkrav på skyddsbåge. Skyddsbågar har även diskuterats i Sverige och såväl svenska tillverkare som importörer har inte funnit tillräckligt stöd för att satsa på dessa typer av skyddsanordningar.

I Australien har det förutom användning av skyddsbåge diskuterats mycket gällande fyrhjulingens stabilitet, där det bl.a. påvisats hur en förbättrad stabilitet genom ökad spårvidd kunde minska antalet skador (ACC, 2018). I diskussioner om andra strategier för att motverka risken för vältning påpekar Forsman & Gustafsson (2015), på betydelsen av att så tidigt som möjligt i kedjan försöka bryta riskfyllt beteende och återgå till normal körning. Tidigare har principer kring händelsekedjan till största del applicerats på personbilar och där har system som till exempel ISA (intelligent stöd för anpassning av hastighet), alkoholås, LDW (Lane Departure Warning) och antisladdsystem nämnts som viktiga för att bryta händelsekedjan. På det området ligger personbilar långt i framme och det är också helt andra förutsättningar för fyrhjulingar som ska kunna köras i både terräng och på väg. I den nationella strategin för ökad säkerhet för fyrhjuling nämns dock alkoholås, stegringsförhindrande elektronik, antisladdsystem och vältvarnare som exempel på skyddssystem för fyrhjulingar (Trafikverket, 2013).

## **4 Syfte, forskningsfrågor och metod**

Fyrhjulingar och andra små fordon är svårt olycksfallsdrabbade och vältning är en av de vanligaste orsakerna till svåra skador och dödsfall med dylika fordon. Projektet har studerat hur vältningsolyckor med fyrhjulingar går till samt analyserat vilken effekt vältvarningssystem har på förare av fyrhjulingar och andra små terrängfordon. Syftet har varit att utvärdera koncept för säkrare mindre fordon som skall varna vid vältrisk och larma om vältning sker. Hypotesen har varit att ett vältvarningssystem kan reducera antalet olycksfall med fyrhjulingar och andra små vältbenägna fordon.

Studierna har skett i samverkan med utbildningsföretag samt tillsammans med företag som använder fyrhjulingar för att utföra sina ordinarie arbetsuppgifter såväl på väg som i terräng.

Prototyper av vältvarningssystemet har utvecklats stegvis under projektets gång och uppdaterats baserat på användarnas återkoppling. Testutrustningar i olika versioner har monterats på fordon tillhörande de testande organisationer som medverkat. Utvärdering av nyttan med vältvarningssystemet har skett genom intervjuer, enkäter och observationsstudier. Resultaten har därefter utvärderats i syfte att dokumentera effekt och nytta av denna typ av utrustning och har även utgjort grund för modifiering av den föreslagna säkerhetslösningen.

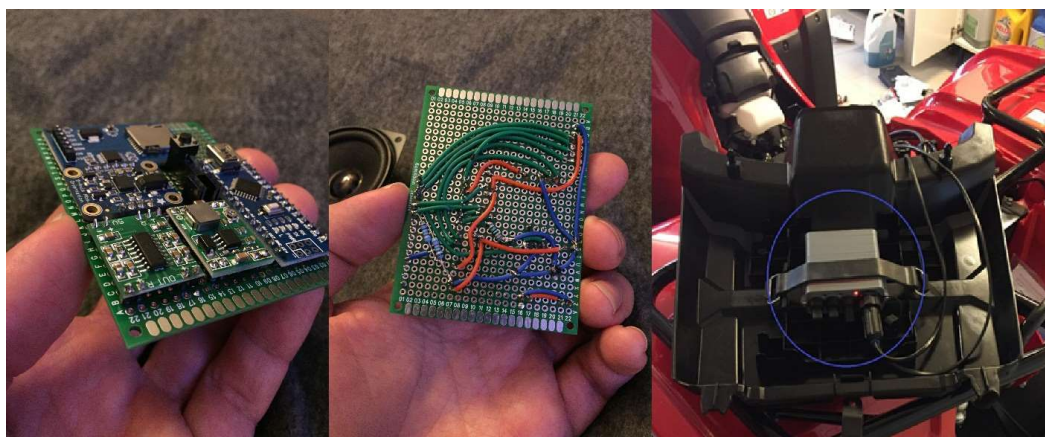
## 5 Mål

Det övergripande målet har varit att föreslå och analysera aktiva säkerhetslösningar som kan öka säkerheten och reducera antalet dödade och allvarligt skadade vid färd med fyrhjulingar och andra små vältbenägna fordon. Projektet förväntas också bidra med kunskap som kan ligga till grund för kommersialisering av säkerhetshöjande tillbehör.

## 6 Resultat och måluppfyllelse

### Prototyputveckling

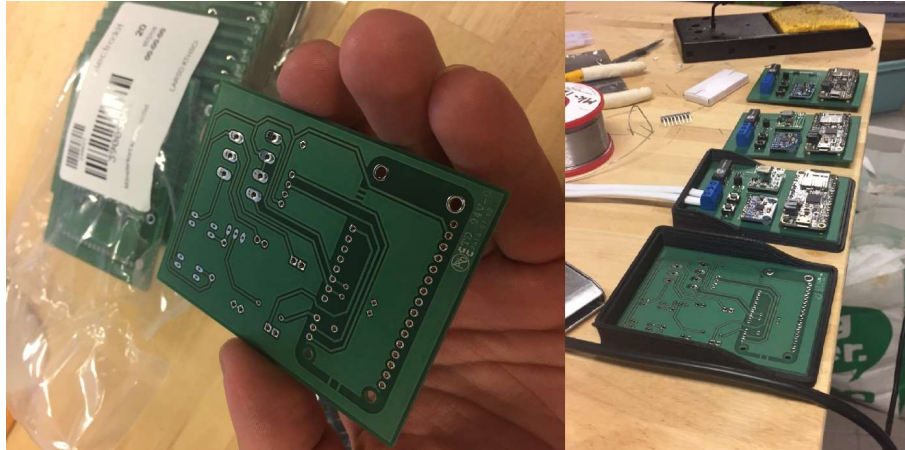
Under loppet av ett par månader utvecklades och byggdes en första prototyp, denna innehöll en sensoruppsättning av accelerometer, gyroskop och kompass. Efter initialt test visade den något bristande tillförlitlighet samt gav frekventa falsklarm. Orsaker till problemen härleddes till den typen av sensorer som används men också att komponenter kopplats samman med lösa kablar i ett mycket begränsat utrymme, se figur 1.



**Figur 1** Första prototypen i denna etapp av projektet, 2018.

För att bemästra falsklarmen fick nästa version av prototypen en annan typ av sensorkomponent endast innehållande accelerometer och gyroskop. Kablar ersattes med ett maskintillverkat mönsterkort som beställdes efter ritning, se figur 2. I denna iteration fick den även en snabbare processor för att klara av en ökad signalbehandling och ändrat tillvägagångssätt i nyttjandet och kombinationen av sensorsignalerna.

Dessa förändringar bidrog till ökad tillförlitlighet och även mindre frekventa falsklarm. Denna version gick ut för testning i större skala hos användarna. De rapporterade tillbaka om förekommande falsklarm om än mindre frekvent än tidigare. Därefter fortgick arbetet med att endast justera mjukvaran och framför allt de digitala filter som behandlar sensorsignalerna.



**Figur 2** Slutgiltiga hårdvaran i denna etapp av projektet, 2018.

Detta utvecklingsarbete bestod till stor del av tester med den omprogrammerbara utrustningen monterad på en fyrhjuling som utsattes för en variation av tänkbara Extremsituationer, se figur 3, kombinerat med den värdefulla återkopplingen från de många tester där användare i sitt dagliga arbete utvärderat utrustningen. Efter denna process gick den uppdaterade versionen av prototypen ut till användarna igen i en andra etapp. Denna gång rapporterades betydligt mer positiva erfarenheter och falsklarmen är numera mycket sällsynta.



**Figur 3** Utvecklingsprocess för programvara.

Under huvuddelen av testerna har prototyperna haft måtten 90\*65\*16 mm i form av en ask i plast med lock. Den ansluts till fordonets batteri via en kabel med säkring och strömbrytare. Högtalaren är extern och ansluts även den via kabel. Prototyperna har monterats med speciell kardborre och eller buntband på stabil del av aktuellt fordon. Kalibrering sker efter montering med fordonet ståendes på plant underlag.

### Arbetsgång, fältstudier

Fältstudier inleddes i maj 2018 och avslutades i april 2019, och pågick aktivt under 10 månader. Studierna inleddes efter den första prototypversionen var färdig för test. Inledande test utfördes i samarbete med Terrängtjänsts utbildning av förare för räddningstjänsten på Braxta gård utanför Mantorp och på Botkyrka motorbana. Testerna visade alltför frekventa falsklarm och behov att modifiera prototypers hårdvara. Testerna återupptogs med modifierade prototyper i juli månad, inledningsvis med montage på fyrhjulingar hos återförsäljare, renskötare och linjearbetare m.fl. Testerna har sedan fortgått med justeringar av mjukvaran fram till april 2019. I slutet av februari 2019 hölls en demonstration för intressenter och medverkande på Trosta Park utanför Arlanda.



## Testgrupper

Fältstudierna har omfattat en bred grupp användare. Bland dessa kan nämnas: linjearbete, räddningstjänst, lantbruk, skidanläggning, renskötsel, maskinförsäljning, körutbildning, skogsarbete, hästnäring, spårpreparering, teknikunderhåll och stadskörning. Den grupp som kan saknas och som är svåråtkomlig för test är privatpersoner som kör för nöjes skull. Ett par av dessa återfinns emellertid bland de som utbildat sig i säker körning hos något av utbildningsföretagen som deltagit i testerna. Testpersonerna har haft varierande ålder från 20 till 70 år. Totalt har över 50 personer testat och bland dessa 5 kvinnor. Enkät har skickats till och besvarats av 25 testpersoner varav en kvinnlig förare. Övriga har intervjuats.

De maskiner som prototyper till vältvarnare varit monterade på har omfattat både fyr- och sexhjulingar. Sexhjulingar används främst i linjebyggnad, lantbruk, skidanläggning samt underhållsarbeten i väglös miljö. Var tredje testperson som svarat på enkät och intervjuats har kört sexhjulning, i flertalet fall med släpvagn. Det har inte funnits tillfälle att montera vältvarnarprototyp på snöskoter eller på släpvagn och intresset för detta har varit begränsat.

## Testmiljöer

Testmiljöerna har omfattat vintermiljö med snö och torra sommarunderlag. Fjällmiljö, skog, kraftiga branter i skidanläggning, plan väg med asfalt och utbildningsmiljöer med tillrättalagda banor innehållande hinder, backar, gropar och andra svårigheter.

## Varaktighet

Varaktigheten på testkörningarna har varierat från enstaka timmar till månadslånga tester. Samebyn testade ett par månader. Linjearbetare på Vattenfall och Infratek AB, totalt sex + tre man har kört med prototyper under mer än 2 veckor var i olika omgångar. Skistar AB har haft vältvarnare monterad på fyrhjulning under sex veckor. Utbildningsföretagen har testat i olika omgångar med flera versioner av prototyp och mjukvara. De har kört en eller två heldagar åt gången med grupper av aspiranter. Lantbrukare har haft prototyper för test under ett par dagar till ett par veckor. Detsamma gäller för återförsäljare av fyrhjulingar.

## Funktion

Under projektets löptid har teknikutvecklingen löpt parallellt med testerna. En serie prototyper togs fram innan testerna startade och dessa har sedan utvecklats vidare efter återkoppling från testerna. Det primära problemet har varit känsligheten som i början av testperioden orsakade många "falsklarm". Såväl hårdvara som mjukvara har uppdaterats baserat på återkopplingen från testförarna varefter omdömena om funktionen blivit alltmer positiva.

## Intervjuer

I stort sett samtliga som testat har intervjuats både före och efter testperioden. Vid minst ett av intervju tillfällena har intervjun gjorts på plats och i övrigt vid det andra tillfället per telefon. Svar och synpunkter från intervjuer överensstämmer med svaren i enkätundersökningen. Några testpersoner som varit med om tidigare olyckor har ordrikare berättelser om dessa händelser i intervju jämfört med enkätsvaret. Detta gäller även förslagen till förbättringar och synpunkter på prototypernas funktion. Flera testförare har vid intervjuer efterlyst att vältvarnare skall kompensera för vältrikten genom att påverka maskinen och inte bara mana föraren att vidta åtgärd. En majoritet av testförare under andra halvan av testperioden har framfört önskemål om att produkten skall kommersialiseras och hävdat att den ger en känsla av ökad trygghet.

## Enkätresultat

Tjugofem personer har svarat på enkät som skickats ut via ett Googleformulär till testpersonernas e-postkonto. Totalt har ungefär 50 personer testat vältvarnaren. Bortfallet ligger i att hos flera organisationer har flera personer testat samma maskin och man har pratat ihop sig och låtit en person ge sammanfattande svar som man uppgivit gälla för gruppen. Det har handlat om tester i jordbruk, linjearbete och utbildning samt i något fall även om tekniskt underhåll på skidlift.

Testpersonerna var mellan 20 och upp till drygt 70 år gamla, med en övervikt av personer mellan 20 och 30. En kvinna och 24 män har svarat på enkäten. Hela 92 % har uppgivit tidigare erfarenhet av att köra fyrhjuling och 60 % har uppgivit att de haft formell utbildning för detta. Endast 16 % uppgav att de helt saknade någon form av tidigare utbildning för fyrhjuling. En dryg tredjedel eller 36 % av de svarande uppgav tidigare vältningsolycka eller vältningstillbud i samband med körning av fyrhjuling och flera uppgav upprepande vältningar eller vältningstillbud. Tre fjärdedelar av enkätsvaren uppger att vältvarnarprototypen fungerat mycket bra eller ganska bra. Mot slutet av testerna är andelen högre. Ingen har uppgivit något tillbud under tiden de haft vältvarnare monterad på sitt fordon.

## Synpunkter

I stort sett samma synpunkter har kommit fram via intervjuer som via utsänd elektronisk enkät. I takt med att prototyperna utvecklats har svaren blivit alltmer positiva. Problematiken med falsklarm vid hastiga svängar oavsett lutning och underlag är ännu i den senaste prototypuppdateringen inte helt tillfredsställande för en kommersiell produkt. Åttio procent av de som testat ansåg att nuvarande ljudsignal var tillräcklig eller lämplig och resterande bidrog med idéer och förslag på komplettering. Främst har en succesivt stigande signal liknande backvarnare önskats. Flera har oberoende av varandra framfört synpunkter på att vältvarningen bör vara inställbar för maskin, uppgift och förarkompetens.

Ett flertal förare har reagerat på att tidiga versioner av vältvarnarprototyper varnat för tidigt och i onödan. Motsatt reaktion har registrerats för en äldre förare som svarade att han aldrig tidigare vågat köra i så branta lutningar som vältvarnaren tillät. Problemet med falsklarm är kopplat till hastighet och svängradie, och inte exklusivt lutning. Försiktiga förare har därmed kunnat köra i större branter än de som kört fort eller svängt hastigt. Frekvensen av falsklarm behöver reduceras till lägsta möjliga nivå för att förare skall ta varningen på allvar vid verklig risk att välta.

## Idéer

Ljudsignal uppfattas vara rätt och kan med fördel göras succesiv som i backvarnare på bilar. Det har framförts förslag på att komplettera en auditiv varning med en visuell varning och även göra en sådan succesiv med variation från grönt till rött. En visuell varning riskerar ta uppmärksamheten från terrängen och nyttan kan ifrågasättas för förare som har normal eller nära normal hörsel. Bland testpersonerna som kör fyrhjuling kontinuerligt i sitt arbete har det förekommit ett par förare med nedsatt hörsel som använt hörselhjälpmedel. Dessa har inte rapporterat några problem att höra signalen från prototypinstallationerna. En inställningsmöjlighet har efterfrågats, så att vältvarnaren skall kunna ställas in beroende på maskin, arbetsuppgift och förarens kompetens och vana. Eventuellt kan det räcka med läge för avancerad, normal och lätt körning. Frågor har kommit om att varnaren kan återkoppla till larmcentral, vilket väntas bli aktuellt först då vältvarnaren kombineras med ett vältlarm.

## Områden för vidare forskning och utveckling

Fältstudierna visar att inställningen till vältvarning är övergripande positiv och har blivit alltmer positiv under funktionens utveckling. Kompletterande utvecklingsinsatser krävs innan en

vältvarningsfunktion kan kommersialiseras. De tekniska förbättringspotentialer som visats är primärt frekvensen av falsklarm som innebär risken att en verkligt farlig situation inte tas på allvar. Falsklarm uppstår primärt vid snabbare svängar och högre hastigheter. Varningsfunktionen måste gå att lita på och förutsättningen för en kommersiell produkt är att den ger adekvat larm. Möjlighet att ställa in varningsfunktionen för maskin, arbetsuppgift och förarkompetens lär komma att fordras och har önskats av flertal testpersoner. Varningsfunktionen kan förbättras genom att ljudnivån på varningssignalen ökar med lutningen på liknande sätt som backvarnare i moderna bilar och ha inställningsbar volym.

Montering av vältvarnare i en kommersiell version med larmfunktion utgör en utmaning som behöver lösas. Förutsättningarna ser mycket olika ut på maskinerna på marknaden och montage måste vara säkert på en fast del av maskinens stomme. Kardborretejper som utnyttjats i prototyp tester framstår som osäkert över tid med tanke på den tuffa miljö som fyr- och sexhjulingar regelmässigt utsätts för.

#### Resultatsammanfattning, fältstudier

Sammanfattningsvis visar fältstudierna att inställningen till en vältvarningsfunktion är övergripande positiv och har blivit alltmer positiv under funktionens utveckling. Majoriteten av testpersonerna tycker att vältvarningssystemet fungerade ganska bra eller mycket bra. Förarna upplever att systemet ger en känsla av ökad trygghet och både användare samt projektintressenter har uppfattat att säkerheten för små fordon kan höjas på ett önskvärt sätt. Samtliga företag som deltagit i testerna har uppgett att detta varit prioriterat för dem då arbetsmiljö och säkerhet har högsta prioritet. Sannolikt kan maskiner med vältvarning, vält- och stödlarm premieras med rabatt på sin försäkringspremie eller med subventionerat pris vid försäljning av vältvarnaren via försäkringsbolag.

#### Simulering av aktiva vältningsförebyggande system

I projektet har ett flertal fordonsdynamiska simuleringssystemer med olika detaljeringsgrad utvecklats. Modellerna har sedan verifierats med hjälp av experiment där en fyrhjulig instrumenterats och fordonets grundläggande fordonsdynamiska egenskaper har mätts upp.

Fordonsmodellerna har därefter simulerats i olika manövrar och hastigheter för att studera fordonets vältningsförlopp samt för att analysera och utvärdera olika vältningsförebyggande system. Risken för vältning beskrivs med hjälp av värdet på den laterala normalkraftsfördelningen mellan inner- och ytterhjul (LLTR – Lateral Load Transfer Ratio). Om värdet på LLTR (fordonets "vältrisk") når extremvärdena +1 eller -1 så innebär det att innerhjul på fordonet inte längre har kontakt med marken och risken för vältning är mycket hög.

#### Simulering av vältvarningsprediktering

En jämförelse mellan två olika grundläggande strategier för aktiveringen av vältvarningssignalen har utförts. Den första aktiveringsstrategin (realtidsalarm) är baserad på att vältvarningen aktiveras så snart det aktuella värdet på LLTR når en viss nivå. Den andra aktiveringsstrategin (prediktoralarm) bygger på att varningssystemet gör en förutsägelse (prediktion) av framtida värden på LLTR. Prediktionen är baserad på förändringshastigheten (derivatan) av nuvarande värde på LLTR. Simuleringsresultaten visar att aktivering av vältvarningen baserat på en förutsägelse av vältrisk har potentialen att ge föraren mer tillgänglig tid att undvika en vältning men det finns samtidigt en ökad risk för falsklarm, speciellt om prediktionstiden är lång eller vid snabba händelseförlopp då derivatan kan anta höga värden.

## Simulering av bromsbaserat aktivt säkerhetssystem

En förstudie har också utförts för att analysera effekten av ett aktivt säkerhetssystem, vars syfte är att stabilisera fordonet med hjälp av bromsningrepp för att undvika vältning. Hypotesen är att ett aktivt säkerhetssystem som kan reglera fordonets bromskrafter kan hjälpa föraren att undvika en vältolycka, speciellt i de situationer där tiden från en varning till dess att fordonet välter är för kort för att föraren själv ska hinna förhindra vältningen. Simuleringsresultaten visar att ett aktivt bromssystem ger en minskad risk för vältning och att även mindre bromsningrepp kan medföra att vältrisen kan reduceras i hög grad. Analysen av olika bromsstrategier visar även att det är mer effektivt att bromsa ytterhjulen eftersom det medför ett stabiliserande girmoment som ytterligare reducerar vältrisen.

## 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	
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	
Introduceras på marknaden	X	
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

### 7.2 Publikationer

Resultat från projektet har bland annat presenterats i två publikationer, varav ett examensarbete samt ett konferensbidrag:

- E. Nikyar and V. Venkatachalam, Development of Active Safety Systems for Rollover Prevention of All-Terrain Vehicles, TRITA-SCI-GRU 2018:409.
- E. Nikyar, V. Venkatachalam and L. Drugge, Development of Active Safety Systems for Rollover Prevention of All-Terrain Vehicles, Accepted for presentation at IAVSD 2019, 12-16 August 2019, Göteborg.

## 8 Slutsatser och fortsatt forskning

Ett vältvarningssystem har utvecklats som ökar säkerheten vid färd med mindre fordon utsatta för vältningsrisk. Fältstudierna visar att majoriteten av testpersonerna tycker att vältvarningssystemet fungerade ganska bra eller mycket bra. Förarna upplever att systemet ger en känsla av ökad trygghet och både användare samt projektintressenter har uppfattat att säkerheten för små fordon kan höjas på ett önskvärt sätt. De företag som deltagit i testerna har uppgett att detta varit prioriterat för dem då arbetsmiljö och säkerhet har högsta prioritet. Det övergripande målet att föreslå och analysera aktiva säkerhetslösningar som kan öka säkerheten vid färd med fyrhjulingar och andra små vältbenägna fordon har uppnåtts. Projektet har även bidragit med kunskap som kan ligga till grund för kommersialisering av säkerhetshöjande tillbehör.

Nedan listas några exempel på frågeställningar som är av intresse att undersöka vidare i framtida forskningsprojekt:

- Hur kan larmsignalen utformas för att på effektivaste sätt varna förare vid vältrisk?

- Hur kan en sensorstyrd aktiv säkerhetsfunktion t.ex. i form av en hjulbromsfunktion utformas på bästa sätt för att förhindra vältnings och vilken praktisk effekt kan bromsfunktionen ha med avseende på reducerad vältrisk?
- Finns det alternativa aktiva säkerhetsfunktioner som kan minska risken för vältnings och hur effektiva är de i jämförelse med till exempel hjulbromsaktivering?
- Finns det andra typer av sensorer för att uppskatta fordonets normalkrafter, för att på så sätt bedöma vältrisken?

## 9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Följande parter har deltagit i projektet:

KTH, SLU, MHAB, F:a Robert Gröning, A&B Terrängtjänst, ATV leverantörernas förening, BRP Sweden, C. Reinhardt AB, Folksam, Honda, Infratek, KGK Motor, LRF, Länsförsäkringar, Nacka Värmdö Maskin, Polaris Scandinavia, R1 Trafikskolan, Rans sameby, Skistar, Stora Holm/NTF, Södertörns Brandförsvarsförbund, Trafikverket, Vattenfall Services, Yamaha Motor Scandinavia.

Tack till alla personer och företag som varit med i projektet och testat och gett synpunkter på våra möten.

Kontaktpersoner:

Lars Drugge, KTH Farkost & Flyg, Teknikringen 8, 100 44 Stockholm  
Tel: +46 87907604, E-post: larsd@kth.se

Peter Lundqvist, SLU Arbetsvetenskap, Ekonomi & Miljöpsykologi, Box 88, 230 53 Alnarp  
Tel: +46 40415495, E-post: peter.lundqvist@slu.se

Mikael Hellsten, MHAB, Båtakåsvägen 2, 311 92 Falkenberg  
Tel: +46 705153100, E-post: t.mikael.hellsten@mhab.se

Robert Gröning, Herberts väg 6, 610 73 Vagnhärad  
Tel: +46 707785233, E-post: robert.groning@gmail.com

## 10 Referenser

- ACC. 2018. Quad bike safety. Consultation Regulation Impact Statement. Report. Australian Competition & Consumer Commission.
- Forsman, Å. & Gustafsson, S. 2015. Kartläggning av personskadeolyckor med fyrhjulingar på väg. VTI pm D nr 2013/0474-8.3. Linköping.
- Gustafsson, T. & Eriksson, E. 2013. Off-road vehicle fatalities: A comparison of all-terrain vehicle and snowmobile accidents in Sweden. IATSS Research 37(2013)12-15.
- Hicks, D., Grzebieta, R., Mongiardini, M., Rechnitzer, G., Simmons, K. & Oliver, J. 2018. Investigation of when quad bikes rollover in the farming environment. Safety Science 106 (2018) 28-34.
- Johansson, L. & Rönnebeck, S. 2010. Hur kan vältnings med fyrhjulingar förhindras? Projekt rapport. Designhögskolan. Umeå universitet. Umeå.
- Rizzi, M. 2010. Djupstudieanalys av vältnings i olyckor med fyrhjulingar. Slutrapport av Skyltfondsprojekt. Vectura. Norrköping.
- Trafikverket. 2013. Ökad säkerhet på fyrhjulingar. Gemensam strategi version 1.0 för åren 2014-2020. Trafikverket. Borlänge.
- Trafikverket. 2019. Preliminära underlag inför utarbetande av ny strategi för säker användning av fyrhjulingar.
- Wallén Warner, H., Gustafsson, S., Nyberg, J. & Patten, C. 2015. Fyrhjulingsförarens beteenden och felhandlingar. VTI rapport 870. Linköping.