

Design av Acoustical Vehicle Alerting System för Tunga fordon

Publik rapport



Författare: Karl Bolin, Thomas Sellin, Birgitta Nyman
Datum: 2024-09-24
Projekt inom Trafiksäker automatisering



Fordonstrategisk
Forskning och
Innovation

Innehållsförteckning

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

Kort om FFI

FFI, Fordonsstrategisk forskning och innovation, är ett samarbetsprogram mellan staten och fordonsindustrin som sedan 2009 finansierar forskning och innovation inom vägtransporter.

Läs mer på www.ffisweden.se

1 Sammanfattning

Det är viktigt för trafiksäkerheten att uppmärksamma fotgängare och andra oskyddade trafikanter om att ett motorfordon är i rörelse i närheten av dem. För att elektriska och hybrider (BEV/HEV) fordon ska höras i trafiken har de ett tillagt ljud vid låga hastigheter, så kallat Acoustical Vehicle Alerting System (AVAS). Projektet DAVAST som genomförts av KTH tillsammans med Scania har undersökt hur tydligt vi hör fordonsljud från både elektrifierade lastbilar och personbilar samt jämfört dessa med motsvarande fordonstyper med förbränningsmotorer. Vidare har projektet undersökt om lyssnare känner igen ljudet från lastbilar som tunga fordon respektive personbil-ljuden som personbilar både när de hörs ensamma men även när de hörs mixade med typiska ljud från stadsmiljö. Projektet har genomfört inspelningar av olika fordons- och omgivningsljud samt lyssningstester på sammanlagt 51 försökspersoner. Deltagarna kom från både Scania och KTH vilka delats in i grupper med mer respektive mindre erfarenhet av ljud från elektriska lastbilar. Analysen är baserad med avseende på om fordonen upptäcks och klassificeras utanför nödvändigt säkerhetsavstånd dvs längre avstånd än det tar för föraren att reagera och bromsa fordonet till stillastående. Resultaten visar att det är svårare att upptäcka elektriskt drivna lastbilar utanför nödvändigt säkerhetsavstånd än de med förbränningsmotor. Vidare visar lyssningsresultaten att eldrivna lastbilar frekvent förväxlas med lätta fordon vilket inte är fallet för lastbilar med förbränningsmotor. De lyssnare som ansåg sig vana vid ljud från elfordon visade bättre förmåga att klassificera dem innan säkerhetsavståndet underskreds.

2 Executive summary in English

For road safety it is important to warn pedestrians and other unprotected road users that a motor vehicle is moving in their vicinity. In order for electric and hybrid vehicles (BEV/HEV) to be heard in urban soundscapes, they have added sound at low speeds, called the Acoustical Vehicle Alerting System (AVAS). The DAVAST project carried out by KTH and Scania has investigated how clearly, we hear vehicle sounds from both electrified trucks and electric cars and compared them to vehicles with internal combustion engines. Furthermore, the project has investigated whether listeners recognize the sounds from trucks as heavy vehicles and the car sounds as cars, both when they are heard alone but also when they are heard mixed with typical sounds from urban environments. The project has carried out recordings of various vehicle and urban sounds and listening tests on a total of 51 people. The participants came from both Scania and KTH, which were divided respectively into groups with more and less experience with sounds from electric trucks. The analysis is based on whether the vehicles are detected and classified outside the necessary safety distance, i.e. a longer distance than it takes for the driver to react and brake the vehicle to a standstill. The results show that it is more difficult to detect electrically powered heavy trucks outside the necessary safety distance than those with internal combustion engines. Furthermore, the listening results show that electric trucks are frequently confused with passenger cars, which is not the case for trucks with combustion engines. The listeners who considered themselves accustomed to sounds from electric vehicles showed a better ability to classify them before the safety distance was undercut.

3 Bakgrund

Övergången till eldrivna fordon pågår med oförminskad hastighet vilket förväntas minska fordonsflottans klimatpåverkan. Personbilsflottans elektrifiering är numera relativt långtgående och trenden mot eldrift för tyngre fordon är påbörjad. Dessa fordon är tystare än fordon med

förbränningsmotorer, speciellt vid låga hastigheter när motorljudet traditionellt dominerar över ljudet från däck. Minskat oljud är givetvis positivt för människor ur ett folkhälsoperspektiv eftersom buller, efter luftpartiklar, utgör näst störst hälsopåverkan i Västeuropa (WHO, 2011) där årligen en million hälsosamma år bedöms gå förlorade hos befolkningen. Därmed finns det uppenbara fördelar av tystare fordon men kollisioner mellan elektriska fordon och oskyddade trafikanter kan öka ifall fordonen inte hörs lika väl som innan. Detta har resulterat i lagstiftning (EU, 2014, som trädde i kraft 2019) baserad på FN:s förordning nr R138, där fordon ska generera artificiella ljud vid hastigheter under 20 km/h för att möjliggöra upptäckt och förebygga risk för olyckor med oskyddade trafikanter såsom fotgängare och cyklister. Dessa varningssystem kallas på engelska för Acoustical Vehicle Alerting System (AVAS) och har det primära syftet att uppfylla kraven i UN R.138, som tillämpas på bland annat elektriska/hybridfordon av olika typer såsom personbilar, bussar och lastbilar. Förordningen innebär att ett fordon som inte når en lägsta erforderlig ljudnivå måste ha ett AVAS installerat. Regleringen har krav på hastighetsberoende ljudtrycksnivå (dB) och frekvensinnehåll (Hz). Sett i fälttester är att även om kraven för AVAS är uppfyllda finns det fortfarande en stor risk att inte höra fordonet närma sig i tid, speciellt om det finns maskerande bakgrundsljud. Detta ses som en potentiell säkerhetsrisk och kan minska allmänhetens positiva uppfattning av en elektrifierad fordonsflotta.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Detta projekt syftade till att undersöka hur elektrifierade tyngre fordon uppfattas i en urban kontext vilket i dags dato inte finns publicerade uppgifter om. Scania ville bättre förstå hur AVAS bör utformas för att förbättra säkerheten för fotgängare och oskyddade trafikanter. Studien jämför hur tunga elektriska fordon med och utan ett AVAS-system, ljud från eldrivna personbilar samt konventionella tunga fordon (med förbränningsmotorer) uppfattas. Projektets mål var att beakta interaktion med maskerande ljud som förekommer i en normal trafikmiljö för att bedöma hörbarheten både för nuvarande ljudmiljö (domineras av förbränningsmotorer) samt i en miljö med högre andel elektrifierade fordon. Lastbilarnas AVAS kan således balanseras för bevarad eller förbättrad trafiksäkerhet i mindre bullriga levnadsmiljöer. Viktig ny kunskap har därmed uppnåtts om elektrifierade tunga fordon med och utan AVAS kan uppfattas av oskyddade trafikanter på ett säkert avstånd samt om fordonets ljudprofil signifikant ändrar uppfattbarheten.

5 Mål

För att bedöma trafiksäkerheten för oskyddade trafikanter har projektet DAVAST undersökt hur väl fordon med elektrisk respektive förbränningsmotor hörs vid låga hastigheter vilket det finns få studier om när det kommer till lastbilar. Målen var att:

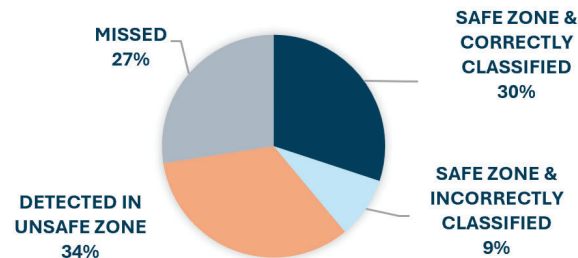
- (1) Spela in representativa ljud från lastbilar och personbilar, både eldrivna och med förbränningsmotorer, samt bakgrundsljud från olika stadsmiljöer för att använda dessa i lyssningsförsök.
- (2) Genomföra lyssningstester för hur väl och på vilka avstånd människor uppfattar att fordon närmar sig samt även förmåga att klassificera ljuden som inspelningar från tunga fordon respektive personbilar. Testen inkluderar mixningar av fordonsljud och bakgrundsljud för att undersöka vid vilka avstånd ljud från fordon hörs i stadsluk ljudmiljö.

6 Resultat och måluppfyllelse

Detektion och klassifikation i testen där ljud mixas från stadsmiljö och fordon för samtliga lyssnares samtliga stimuli presenteras i figur 1. Det noteras att vid 27% av fallen missar

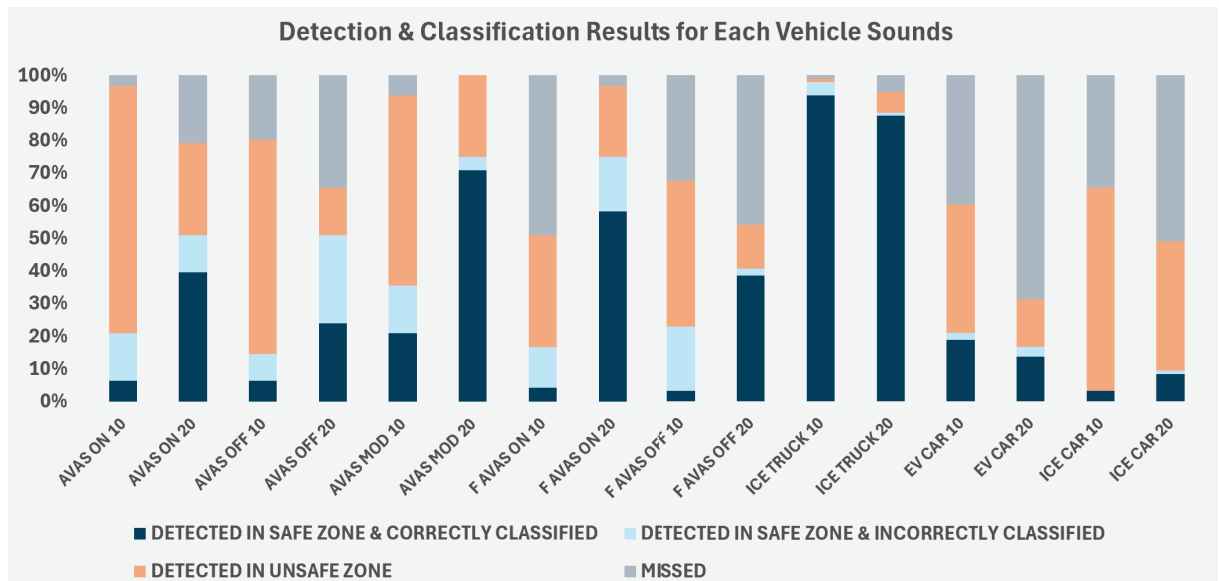
lyssnarna att ett fordon passerat, 34% detekteras för sent (i riskzonen) och 39% av stimuli detekteras i tid (utanför riskzonen), se figur 1.

DETECTION & CLASSIFICATION RESULTS



Figur 1 (engelska): Resultaten från lyssningstesten sammanställt för samtliga ljudstimuli.

Delar vi in inspelningarna efter fordonstyp och hastighet observeras dessa resultat i figur 2. Lastbilarna med förbränningsmotor sticker ut i denna statistik med hög sannolikhet (>90% respektive >80% för 10 km/h respektive 20 km/h) för detektion i säkerhetszonen medan ljuden från elektrifierade lastbilar upptäcks i 18–72% av fallen beroende på vilken version av AVAS som används. Ljuden från personbilar observeras generellt i låg grad i säkerhetszonen (5–20%).



Figur 2 (engelska): Resultaten från lyssningstesten för respektive fordonstyp och hastighet (suffix 10 för 10 km/h och 20 för 20 km/h.) I ordning från vänster till höger representerar staplarna fordonstyper, stapel 1-4 elektrisk lastbil med/utan AVAS, stapel 5-6 modifierat AVAS, stapel 7-10 filtrerade ljud med/utan AVAS, stapel 11-12 lastbil med förbränningsmotor, stapel 13-14 elektrisk personbil och 15-16 personbil med förbränningsmotor.

De personer som ansåg sig ha god vana av ljud från elektrifierade lastbilar (framför allt anställda på Scania) visade en bättre förmåga att klassificera fordon som personbil respektive lastbil jämfört med de med mindre vana av ljud från elektrifierade lastbilar.

Målpuppfyllelsen är (visavi målen i sektion 5):

- (1) Ljud har spelats in och använts, delvis modifierade för att ljudet från den elektriska lastbilen hade prominenta toner som inte härrörde från AVAS-ljudet.
- (2) Det finns stora och signifikanta skillnader när lastbilar upptäcks om de drivs av el eller har förbränningsmotor där de eldrivna fordonen detekteras först när de är närmare lyssnaren och i området där föraren inte hinner reagera och stanna lastbilen.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Lyssningstester med AVAS från lastbilar har tidigare inte publicerats.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut	X	

7.2 Publikationer

Projektresultaten kommer att publiceras:

- Examensarbete (Master-uppsats) av Bircan Isik Demirci, Chalmers, klar för examination oktober 2024.
- Planerad vetenskaplig artikel av resultaten.

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Projektets resultat visar med god tydlighet att det är svårare att upptäcka ljud från elektriskt drivna lastbilar jämfört med lastbilar med förbränningsmotor och detta gäller för båda undersökta hastigheterna 10 km/h och 20 km/h. Upptäckten av lastbil med förbränningsmotorljud sker på så långa avstånd så att föraren hinner reagera och stanna fordonet medan en elektrisk lastbil med eller utan AVAS upptäcks på ett alltför kort avstånd. Ett förändrat AVAS-ljud där en amplitudmodulering av ljud lades till, visar en ökad förmåga att upptäckas vid 20 km/h men fortfarande relativt svårt att upptäcka vid 10 km/h.

Slutsatserna från projektet visar att dagens elektrifierade lastbilar är betydligt svårare att höra utanför beräknad stoppsträcka, alltså det avstånd där föraren hinner stanna fordonet. Proov med en tung lastbil och AVAS som uppfyller regelverket UN R.138 visar att detta inte garanterar att fordonet upptäcks på säkert avstånd. Det är motiverat med fortsatta studier på vilka nivåer som krävs för tunga fordon för god detekterbarhet. I studien lyssnade deltagarna aktivt efter ljud

vilket inte alltid bör representera agerande i trafiksituationer och lyssningsförsök under mer realistiska trafiksituationer skulle ge en mer rättvisande bild av oskyddade trafikanter förmåga att varsebli fordon. Vidare anses det vara av intresse att undersöka hur personer med nedsatt syn presterar i lyssningstester med samma objekt.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Deltagande parter:

KTH & Scania

Projektledare:

Karl Bolin, KTH, kbolin@kth.se

Projektdeltagare:

Thomas Sellin, Scania, thomas.sellin@scania.se

Birgitta Nyman, Scania, birgitta.nyman@scania.se

Susann Boij, KTH, sboij@kth.se

Examensarbetare:

Bircan Isik Demirci, Chalmers, isik@student.chalmers.se