

2019:00025 - Åpen

# Rapport

## Adaptiv, kunstig lyd på elektriske biler - AVAS

Resultater fra feltforsøk

### Forfatter(e)

Truls Berge

Frode Haukland



SINTEF Digital

Postadresse:  
Postboks 4760 Torgarden  
7465 Trondheim  
Sentralbord: [Institute Phone]  
E-mail: [InstituteEmail]Foretaksregister:  
919 303 808 MVA

# Rapport

## Adaptiv, kunstig lyd på elektriske biler - AVAS

### Resultater fra feltforsøk

RAPPORTNR	PROSJEKTNR	VERSJON	DATO
2019:00025	102018376	01	2019-01-15

**EMNEORD:**  
Akustikk,  
Elektriske biler  
Kunstig lyd

**FORFATTER(E)**  
Truls Berge  
Frode Haukland

**OPPDRAGSGIVER(E)**  
BUFdir

**OPPDRAGSGIVERS REF.**  
Anders Eriksen, 49578

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**  
18+ vedlegg

**GRADERING**  
Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**  
Åpen

**ISBN**  
978-82-14-06816-0

### SAMMENDRAG

Kunstig lyd, AVAS, på elektriske biler/hybridbiler er et tiltak for at blinde/svaksynte skal kunne høre ellers stillegående biler ved lave hastigheter (0-20 km/t). I dette prosjektet er det gjort feltforsøk med varierende nivå på den kunstige lyden og med varierende bakgrunnsstøy. Hensikten har vært å se om et adaptivt AVAS-signal, dvs. et signal som i lydnivå tilpasser seg bakgrunnsstøyen, innenfor gitte grenser, kan innebære en forbedring. I alt 8 testpersoner (3 blinde og 5 med normalt syn) deltok i testen. Hørbarheten av bil ble dokumentert med en bryter når bilen nærmet seg testpanelet. Ved 20 km/t er det definert en sikkerhetsavstand på 11 m. Forsøkene viste at når bakgrunnsstøyen er relativ høy (rundt 65 dB), så bør AVAS-signalet økes noe fra dagens nivå, dersom man skal høre bilen i tilstrekkelig avstand. Når det er lav bakgrunnsstøy (40-50 dB) har ikke den kunstige lyden noen sikkerhetsmessig funksjon (for den valgte elektriske bilen), da støy fra dekk/veibane er dominerende lydkilde ved 20 km/t.



**UTARBEIDET AV**  
Truls Berge



**KONTROLLERT AV**  
Herold Olsen



**GODKJENT AV**  
Erik Swendgaard



# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
01	2019-01-15	Endelig rapport

# Innholdsfortegnelse

<b>1. Bakgrunn.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Internasjonale regulativ og bestemmelser .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Hvorfor teste et adaptivt AVAS?.....</b>	<b>5</b>
<b>4. Testopplegg.....</b>	<b>6</b>
<b>5. Resultater.....</b>	<b>11</b>
5.1 Analyse av maksimalt lydnivå og deteksjonsavstand.....	11
5.2 Økt sikkerhetsmargin .....	15
<b>6 Konklusjoner og anbefalinger videre .....</b>	<b>16</b>
<b>7 Referanser.....</b>	<b>18</b>

## BILAG/VEDLEGG

---

Vedlegg: Publisitet omkring prosjektet

---

## 1. Bakgrunn

Elektriske biler og hybridbiler i elektrisk driftsmodus er i utgangspunktet vesentlig stillere ved hastigheter lavere enn 20 km/t, enn biler med vanlige forbrenningsmotorer (diesel/bensin). Med økende utbredelse av slike biler, er det uttrykt en sterk bekymring, spesielt fra blinde/svaksynte, som opplever det utrygt å ferdes ute i trafikken. Normalt benytter disse hørselen til å avgjøre om det f.eks. er trygt å krysse en vei i et fotgjengerfelt (uten lyd/lyssignal). Selv om det så langt i Norge ikke har vært rapportert alvorlige ulykker mellom elektrisk bil og blind/svaksynt, så har det vært nesten-ulykker, bla. der en blind fikk sin hvite stokk ødelagt etter påkjørsel av en elbil i et fotgjengerfelt. Mange av medlemmene i Norges Blindforbund har uttrykt bekymring og etterlyst tiltak for å motvirke dette. I vid forstand så omfatter begrepet "universell utforming" også retten til trygt å bevege seg utendørs, f.eks. i et trafikalt miljø.

SINTEF Digital har gjennomført et begrenset forsøk med kunstig lyd fra elbiler med varierende bakgrunnsstøy og denne rapporten gir en summarisk oversikt over resultatene. En mer omfattende prosjektrapport (på engelsk) vil være tilgjengelig i januar 2019.

## 2. Internasjonale regulativ og bestemmelser

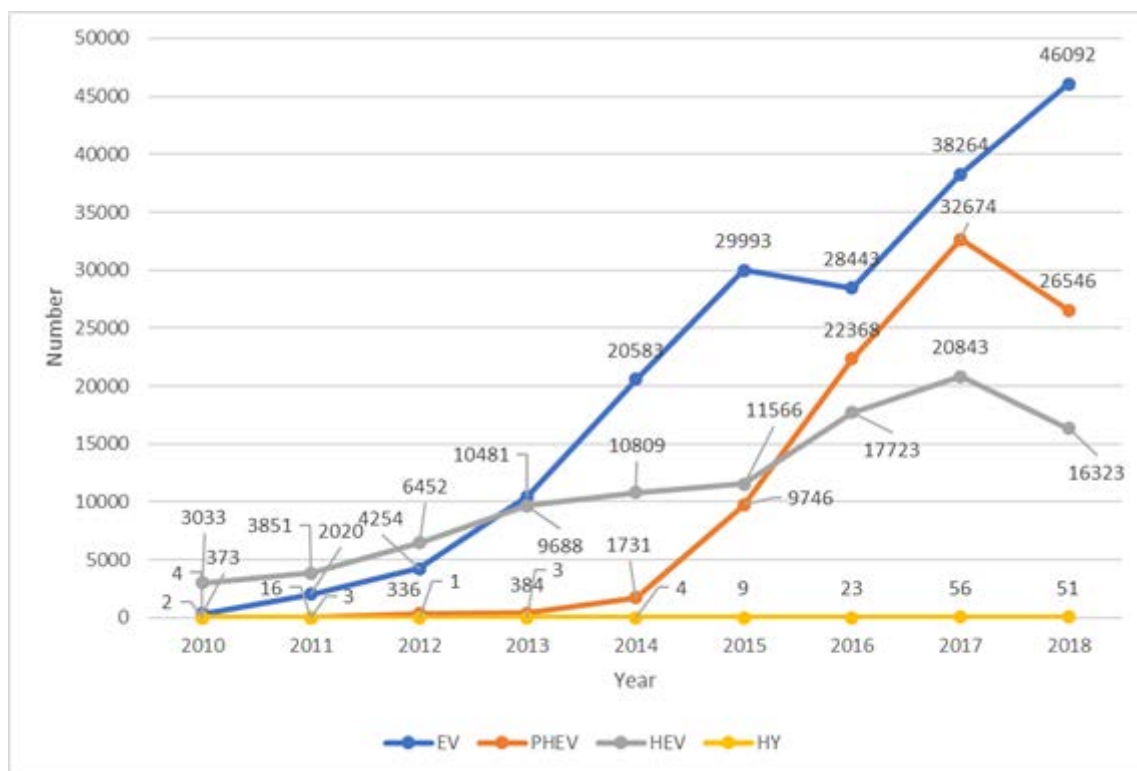
Spesielt etter initiativ fra World Blind Union og blindeorganisasjoner i USA, er det utarbeidet internasjonale regulativ som beskriver et minimum av eksternt lydnivå fra biler, ved hastigheter under 20 - 30 km/t. I regi av FN ble regulativet UN ECE Reg.138 [1] gjort gjeldende fra oktober 2016. Tilsvarende i USA, er det vedtatt en forskrift FMVSS 141 [2] som også regulerer minimum lydnivå fra biler. Biler som typegodkjennes etter 1.7.2019 må tilfredsstille ECE-regulativet. I praksis innebærer det at alle elbiler og hybridbiler må utstyres med en såkalt kunstig lyd, også kalt AVAS (Acoustic Vehicle Alerting System).

Det er også utarbeidet en internasjonal standard for måling av eksternt støynivå ved lave hastigheter, ISO 16254, som begge disse regulativ bygger på.

I ECE-regulativet spesifiseres det at lydnivået ved 20 km/t (målt i 2 m avstand fra bil) ikke må være lavere enn 56 dB, og ikke overstige 75 dB, uansett hastighet. Disse kravene er laget i den hensikt at AVAS-signalet ikke skal overstige nivåene fra vanlige biler med forbrenningsmotorer, samtidig være hørbart for myke trafikanter, spesielt når det ellers er lav trafikk og bakgrunnsstøy.

Norge har nå den høyeste tetthet av rene elbiler i verden, per. desember 2018 er antallet mer enn 180 000.

Figur 1 viser økningen i salget av elbiler, plug-in hybrider, hybrider og hydrogenbiler i perioden 2010-2018. I hovedsak skyldes det de økonomiske og brukerincentivene som norske myndigheter har vedtatt.



Figur 1. Salgsstatistikk i Norge i perioden 2010-2018 for elbiler (EV), plug-in hybrider (PHEV), hybrider (HEV) og hydrogenbiler (HY). Kilde: Opplysningsrådet for veitrafikken

I en spørreundersøkelse utført av Norsk Elbilforening på oppdrag fra SINTEF høsten 2017, kom det bla. fram at bare ca. 1/3 av elbilene i Norge er utstyrt med AVAS [3]. Fram til juli 2019 har det ikke vært obligatorisk utstyr, men kan velges som ekstrautstyr (VW, BMW). Med unntak av KIA Soul Electric, har alle elbilene med AVAS så langt hatt en såkalt "pauseknapp" som tillater sjåførene å koble ut AVAS-lyden. Den kommer imidlertid automatisk på neste gang man starter opp bilen. I det vedtatte ECE-regulativet, så blir det ikke lenger en slik mulighet til å koble ut AVAS.

Regulativene beskriver funksjonaliteten til AVAS med hensyn til frekvensspekter. Lyden skal ha komponenter både av mer lavfrekvent karakter, for å simulere motorlyd fra diesel/bensin-biler, samt en mer høyfrekvent lyd som skal gjøre det lettere å detektere bilen (tar hensyn til hørselsegenskapene til mennesker). I tillegg skal tonehøyden til lyden endre seg med hastighet, dvs. simulere lyden vi hører når turtallet øker på biler med forbrenningsmotor. Lyden når bilen rygger skal også være forskjellig fra lyden når bilen kjører framover, for at blinde/svaksynte skal skjønne hvilken retning bilen beveger seg.

### 3. Hvorfor teste et adaptivt AVAS?

Regulativene gir ingen føringer om mulig tilpasning av *lydnivået* til AVAS, avhengig av bakgrunnsstøyen. Det vil si at ved en gitt hastighet, f.eks. i 20 km/t, er lydnivået fra AVAS likt, enten bilen er i en stille boliggate eller i en trafikkert bygate. De fleste elbiler med AVAS vi kjenner til, har et lydnivå (i 2 m avstand) rundt 60 dB [4]. I en stille boliggate, f.eks. nattetid, kan den generelle bakgrunnsstøyen i mange tilfelle ligge godt under 40 dB. Det kan gjøre at AVAS signalet blir svært hørbart, og det har vært tilfeller der folk har opplevd dette signalet som sjenerende, f.eks. hvis en har et åpent soveromsvindu nær et sted der det stopper/parkerer en elbil.

Tilsvarende, i en trafikkert bygate, kan bakgrunnsstøyen ofte ligge på et nivå på 65-70 dB (og enda høyere med mye trafikk), noe som gjør det vanskelig å høre om det kommer en elbil, selv med AVAS aktivert. Imidlertid er det antakelig vanskelig uansett å basere seg på hørselsinntrykk fra enkeltkjøretøy i slike sammenhenger for blinde og svaksynte. Dessuten ønsker man å *reducere* trafikkstøy og det er derfor ikke gunstig å anbefale en generell *økning* av lydnivået til AVAS, for å varsle i situasjoner med mange biler til stede. Men man kan tenke seg at en i spesielle situasjoner, f.eks. ved fotgjengerfelt, ved skoler, etc. kan sørge for at lydnivået er tilstrekkelig høyt for sikker deteksjon.

I dette prosjektet ønsket vi derfor å gjennomføre et enkelt testprogram for å undersøke om et slikt adaptivt system kan innebære en forbedring i forhold til eksisterende regelverk for AVAS.

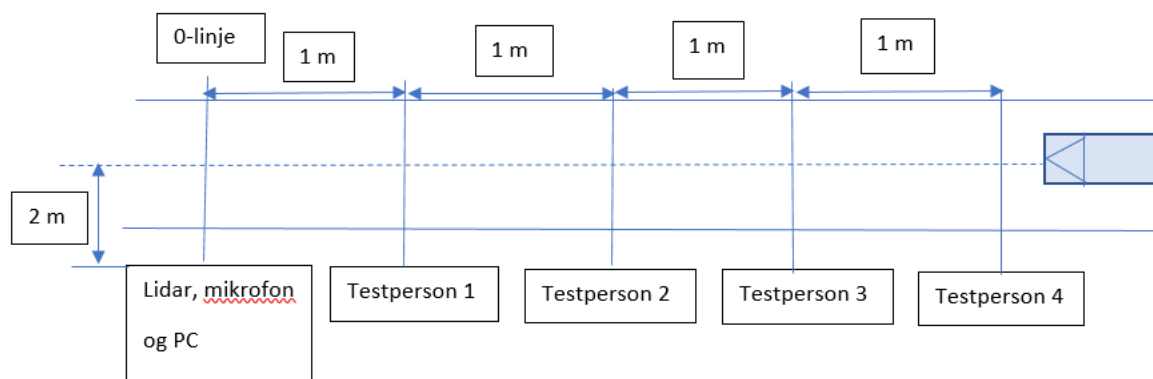
Formålet med testen var først og fremst å undersøke betydningen av et AVAS-signal som et sikkerhetstiltak for primært blinde/svaksynte (men også andre grupper myke trafikanter) med varierende bakgrunnsstøy.

Dette er gjort ved at alle testdeltakerne ble utstyrt med en bryter, som de trykket på når de kunne høre bilen nærme seg (se kap. 5.1)

## 4. Testopplegg

Følgende testopplegg ble utviklet:

Et testpanel bestående av 4 personer, ble utstyrt med hver sin bryter og plassert i definert avstand fra vei og fra en valgt 0 m-linje, der det var plassert en mikrofon som fanget opp lyden fra kjøretøyet under testen, se figur 2.



Figur 2. Skisse av testopplegg

Personene ble bedt om å trykke på bryteren så snart som de hørte lyden fra en bil som kom kjørende. Trykkene ble registrert av en datamaskin, sammen med informasjon om bilens eksakte posisjon og hastighet på samme tidspunkt. Dette brukes til å beregne avstanden til bilen idet testpersonen oppdager den, Instrumenteringen inkluderer en laser-basert radar (Lidar) for registrering av bilens bevegelse, mikrofon for måling av lydstyrken, og en høyttaler for å tilføre ønsket bakgrunnsstøy i området. Figur 3 viser de 4 testpersonene med plassering ved veikant. Figur 4 viser mikrofon, lidar og PC ved 0-linje.



Mikrofon

Figur 3. Testpanel plassert ved veikant



Høyttaler

Lidar

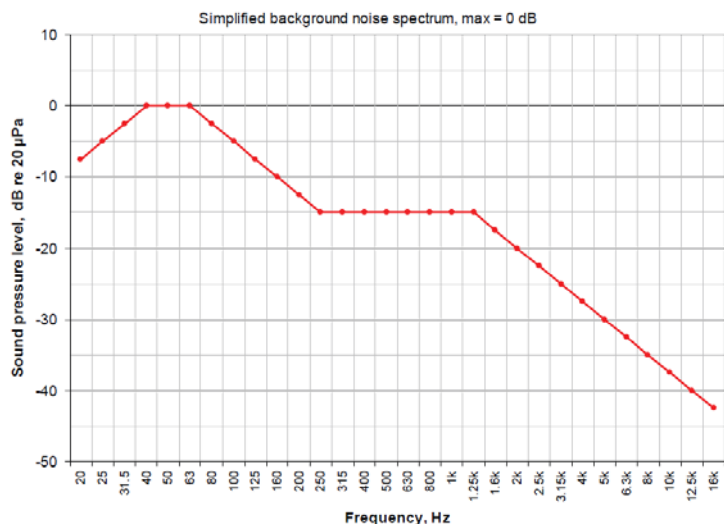
Figur 4. Lidar og mikrofon ved 0-linje

Bak testpanelet ble det plassert en høyttaler (vist bak i bildet i figur 4), der et støysignal ble sendt for å simulere bakgrunnsstøy i en trafikkert gate.

Støysignalet (se figur 5), og er et anbefalt støysignal til bruk for slike tester [5], og er bla. basert på målinger av trafikkstøy over tid i København. Fordelen med å bruke et slikt normalisert støyspekter er at nivået da kan holdes konstant og gir muligheter for å gjenta forsøk med like betingelser. Dersom



man f.eks. skulle brukt et opptak med varierende trafikkstøy (slik man har i en bygate), så ville det være helt tilfeldig hvilket nivå av bakgrunnsstøy en har når testdeltakerne skulle høre når bilen nærmet seg. Det gir da liten mulighet for repeterbare testbetingelse.



Figur 5. Normalisert støyspekter brukt under testen [3]

Lydnivået med bakgrunnsstøy fra høyttaler ble justert til ønsket nivå ved mikrofon plassert ved 0-linje (figur 2).

Forsøket ble gjennomført over 2 dager, med 4 testpersoner i hver omgang. Tabell 1 viser en oversikt over testpersoner mht. kjønn, alder og syn. Under testen hadde alle med normalt syn sorte bind for øynene, slik at det var kun hørselen som ble brukt til deteksjon av bil. Det ble av praktiske årsaker ikke mulig å gjennomføre en hørselstest av testpanelet.

Tabell 1. Testpanel

Testperson nr	Kjønn	Alder	Syn
1	M	75	Normalt
2	K	55	Blind
3	K	58	Sterkt svekket syn (ca.5 %)
4	M	62	Normalt
5	M	67	Normalt
6	M	54	Blind
7	M	28	Normalt
8	M	28	Normalt

Det ble benyttet 2 biler til testen. Som "referanse", dvs. en standard diesel/bensin ble det benyttet en VW Caddy med dieselmotor, se figur 6. Som elektrisk bil (EV) ble det benyttet Nissan e-NV200. Dette er en forholdsvis stor elbil med 7-seter, se figur 7.



*Figur 6. VW Caddy med dieselmotor*



*Figur 7. Nissan e-NV200*

I tillegg til standardutstyret for AVAS fra fabrikken (høytaler under hjulbue på bilens venstre side, ble det montert en høytaler på støtfanger foran, som vist i figur 8.

Til denne høytaleren ble det sendt et AVAS-signal som var et opptak av et standard AVAS-signal fra Renault Zoe. Opptaket ble gjort mens denne bilen kjørte med konstant 20 km/t. Vårt modifiserte AVAS-signal har dermed konstant tonehøyde og varierte ikke med hastighet, siden alle forsøk ble gjort ved 20 km/t.



Figur 8. Høytaler med modifisert AVAS på elbilen

Testen foregikk på en blindvei på Tiller i Trondheim, se figur 3. Det ble målt en bakgrunnsstøy her i området 38-40 dB, når det ikke var spesielle hørbar aktivitet i nærheten.

Imidlertid kunne det forekomme støyhendelser som passering av fly, andre kjøretøy og hendelser som kunne gi høyere bakgrunnsstøy. I tilfeller der dette kunne virke forstyrrende på forsøkene er disse målingene tatt ut av analysen.

Tabell 2 gir en oversikt over alle kombinasjoner av bil, nivå på AVAS-signalet og bakgrunnsstøy som inngikk i forsøket. Alle forsøk gjort ved 20 km/t. VW Caddy ble testet i 2.gir. EV = Nissan e-NV200. Mod.AVAS er modifisert AVAS, dvs. lyd fra høytaler som vist i figur 8.

Tabell 2. Testoppsett for bil, AVAS-nivå og bakgrunnsstøy

Test nr	Bil	AVAS	Lydnivå, AVAS, dB(A)	Lydnivå, bakgrunnsstøy, dB(A)
1	VW Caddy	-	-	38-40 <sup>2)</sup>
2	EV	Utkoblet	-	38-40
3	EV	Original AVAS	- <sup>1)</sup>	38-40
4	EV	Mod. AVAS	50	38-40
5	EV	Mod. AVAS	50	50
6	EV	Mod. AVAS	55	50
7	EV	Mod. AVAS	60	60
8	EV	Mod. AVAS	60	65

1) Ikke målbar, pga. dekk/veibanestøy

2) Naturlig bakgrunnsstøy på stedet

For hver kombinasjon ble det gjort 5 repetisjoner, for å redusere statistisk usikkerhet i forsøket, Med i alt 8 testpersoner, fordelt på 4 i hver test, gir det totalt 80 individuelle resultatfiler.

Noen av disse filene ble forkastet pga. uønskede støyhendelser i området.

## 5. Resultater

### 5.1 Analyse av maksimalt lydnivå og deteksjonsavstand

Ved hver passering (0-linje), ble det målt maksimalt A-veid støynivå (dB(A)) fra bilen (mikrofon vist i figur 3). I tabell 3 er det vist middelnivå og standardavvik, for 5 repetisjoner for hver av kombinasjonene i tabell 2.

I test nr. 2 er det originale AVAS-signalet avslått, mens det i test nr. 3 er aktivert. Som det framgår av tabellen, så endrer dette ikke maksimalt lydnivå ved denne hastigheten. Det betyr at lydnivået helt domineres av dekk/veibanestøy for denne elbilen. Ved 20 km/t har dermed AVAS-signalet, hverken det originale eller det modifiserte (test 4, 50 dB) noen betydning for det maksimale støynivået fra bilen.

Vi ser også at det målte maksimale lydnivået heller ikke endrer seg når det modifiserte AVAS-signalet (fra høyttaler i figur 8) settes på med et lydnivå på 50 eller 55 dB(A) (test 4 til 6). Det er kun når vi øker lydvolument av AVAS til 60 dB (test 7) at totalnivået også øker. Når bakgrunnsstøyen også økes til 65 dB (test 8), så får vi en økning på ca. 3 dB, noe som er i henhold til teorien. Når to ikke-korrelerte lydilder med omtrent likt nivå adderes, så øker lydnivået med ca. 3 dB.

Tabell 2. Maksimalt støynivå,  $L_{Amax}$ , dB(A). Hastighet 20 km/t

Test nr	Bil	$L_{Amax}$ , dB(A)	Standardavvik, dB(A)
1	VW Caddy	70,2	0,5
2	EV	63,4	0,8
3	EV	63,4	0,6
4	EV	63,1	0,5
5	EV	63,5	0,7
6	EV	63,4	0,5
7	EV	65,4	0,4
8	EV	68,1	0,7

Det gjeldene krav i til minimum lydnivå for AVAS er 50 dB(A) ved 10 km/t og 56 dB(A) ved 20 km/t [1].

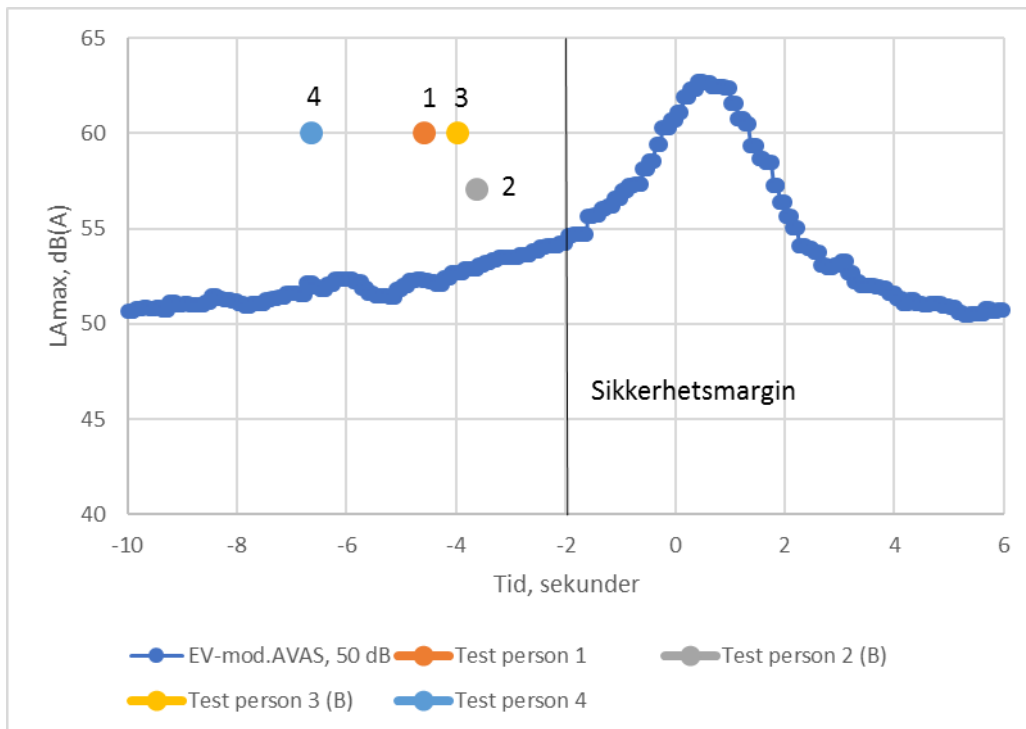
Alle testdeltakerne ble utstyrt med en bryter, som de trykket på når de kunne høre bilen nærme seg (figur 3).

Deteksjonsavstand (eller tidsavstand) gir dermed en indikasjon på hvor god tid en person vil ha til å ta en avgjørelse, f.eks. til å krysse en vei. Samtidig vil denne avstanden også definere om en bil med normal nedbremsing vil klare å stanse, dersom en person har begynt å krysse en vei.

I henhold til forskriften i USA [2] er denne avstanden satt til 11 m når en bil kjører i 20 km/t (5,6 m/s). Tidsmessig tilsvarer dette ca. 2 sekunder.

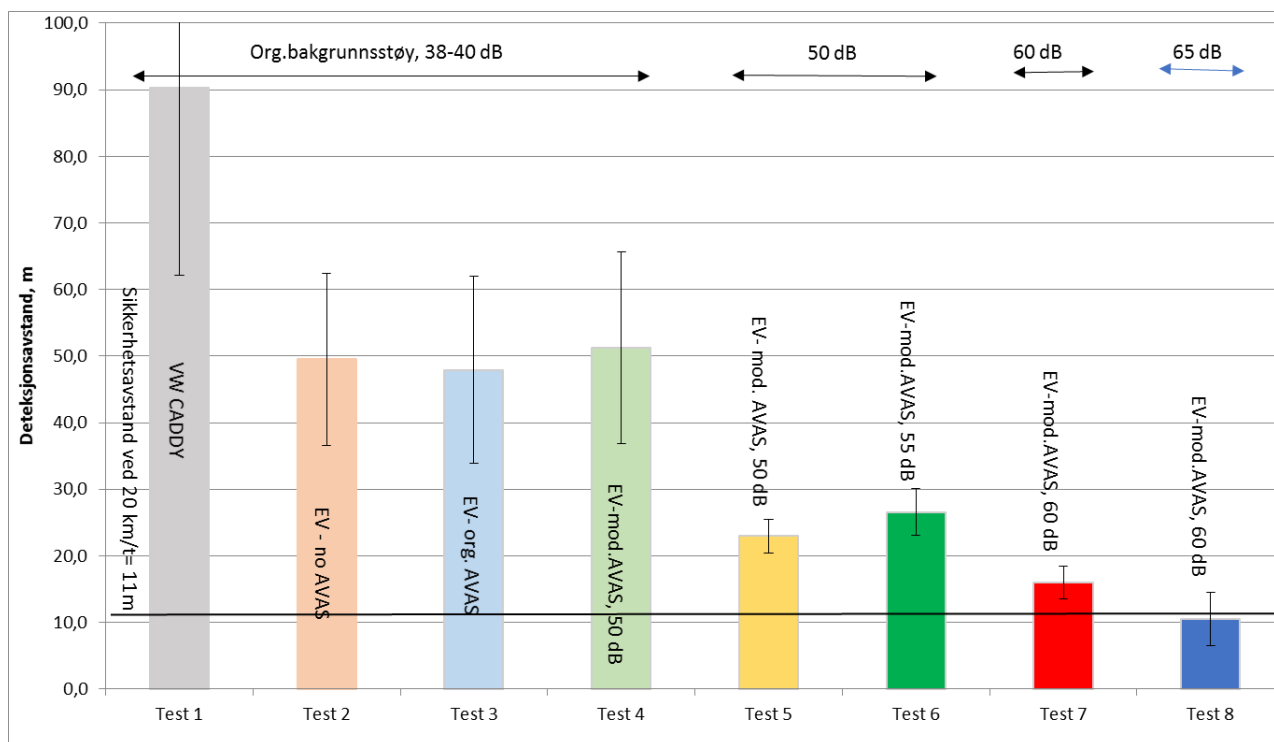
I analysen av måleresultatene er det derfor lagt inn en sikkerhetsavstand på 11 m. Dersom noen av testpersonene trykker på sin bryter når bilen er nærmere enn 11 m (2 sekunder), indikerer dette en økt risiko for ulykke (se også figur 9).

Figur 9 viser et eksempel på en slik analyse (for Test 5 i tabell 2), der lydnivå som funksjon av tid er angitt, sammen med tidspunktet for når de 4 testpersonene kunne høre bilen. 0 sekunder angir posisjon for lidar og mikrofon. I dette eksempelet hørte alle testpersonene bilen før angitt sikkerhetsmargin. Plassering av posisjon for når de 4 testpersonene markerte med trykk er bare relatert til tidsaksen og ikke til y-aksen for lydnivå.



Figur 9. Eksempel på analyse. Testbetingelser som Test 5 i tabell 2. Testpersoner 2 og 3 er blinde/svaksynt. Posisjon for deteksjon er bare relatert til x-aksen (tid)

I figur 10 er resultatene vist samlet for alle 8 testpersoner, og for 8 testsituasjoner (tabell 1) For hver testsituasjon er middelerdi for deteksjonsavstand angitt, sammen med 95 % konfidensintervall, dvs. at det er 95 % sannsynlighet for at middelerdien ligger innenfor dette intervallet. Det gir dermed en indikasjon på spredningen i deteksjonsavstand.



Figur 10. Middelerdi for deteksjonsavstand, sammen med 95 % konfidensintervall

Tabell 3 viser tallverdier for resultatene i figur 10, sammen med standardavviket.

Tabell 3. Deteksjonsavstand og standardavvik, Hastighet 20 km/t

Test nr	Bil	Deteksjonsavstand, m	Standardavvik, m
1	VW Caddy	90,3	40,6
2	EV	49,5	18,7
3	EV	47,9	20,2
4	EV	51,2	20,8
5	EV	23,0	3,6
6	EV	26,6	5,1
7	EV	16,0	3,5
8	EV	10,6	5,8

Som både figur 10 og tabell 3 viser, er det stor variasjon (stort standardavvik) for deteksjon av dieselbilen (VW Caddy), samtidig er det helt klart at alle i testpanelet hørte denne bilen i langt større avstand enn tilfelle er for den elektriske bilen, uavhengig av nivå på AVAS-signalet.

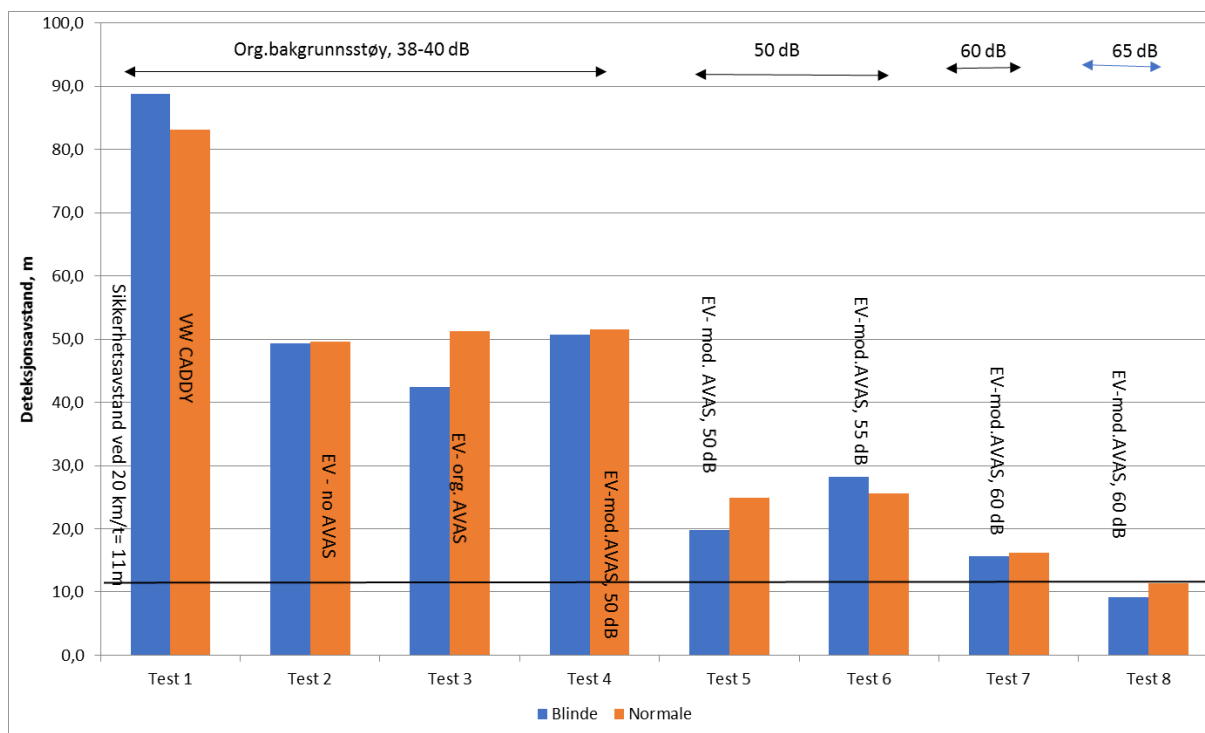
Interessant er å se forskjellen i deteksjonsavstand mellom test 4 og test 5. Som vist i tabell 2 er det maksimale lydnivået omtrent likt (63,1 og 63,4 dB(A)), men deteksjonsavstanden blir vesentlig redusert når det settes på kunstig bakgrunnsstøy på ca. 50 dB, som da ligger ca. 10-12 dB over den generelle bakgrunnsstøyen på stedet. At en da har et AVAS-signal på ca. 50 dB (som er vesentlig lavere enn det originale AVAS-signalet på elbilen) har da ingen betydning for deteksjonsavstanden. Økes dette signalet til 55 dB (test 6) øker deteksjonsavstanden en viss grad, selv om usikkerheten (variasjonen) er større enn denne økningen.

Imidlertid viser figur 10 at alle testene fra 1 til og med 6 gir deteksjonsavstand godt over angitt sikkerhetsavstand på 11 m. Når bakgrunnsstøyen omtrent er lik AVAS-signalet (ca. 60 dB), dvs. for test 7, så ligger deteksjonsavstanden fremdeles over 11 m, selv om den nå er signifikant lavere enn for testene 1 til 6.

Det er først når bakgrunnsstøyen ligger ca. 5 dB *høyere* enn AVAS-signalet, at en får en gjennomsnittlig deteksjonsavstand som ligger under angitt sikkerhetsavstand på 11 m. Konfidensintervallet viser at en for noen av testene/testpersonene også detekterer bilen tidligere enn 11 m, men generelt er dette en kombinasjon som antyder at et AVAS-signal i størrelsesorden 60 dB (kravet er minimum 56 dB ved 20 km/t og 50 dB ved 10 km/t), dvs. på det nivået mange elbiler har i dag, er uegnet som et varslingsignal når det er et bakgrunnsstøynivå som er vanlig i bytrafikk, rundt 65 dB. Som nevnt er frekvensspekteret vist i figur 3 basert på målinger av trafikkstøy (1-5 minutters lengde) på ulike steder i København. Gjennomsnittlig lydnivå var 64 dB i sentrum av byen [3].

Dersom bakgrunnsstøyen er enda høyere enn 65 dB, vil dette trolig helt eliminere AVAS som et pålitelig akustisk varslingsignal. I slike situasjoner bør en enten øke AVAS-signalet, eller finne alternative måter å varsle myke trafikanter på, f.eks. en direkte kommunikasjon fra bil til fotgjenger eller at bilen har tilstrekkelige sensorer til å forhindre ulykker.

I testen inngikk det som vist i tabell 3 blinde/svaksynte og 5 normalt seende (med bind for øynene). I utgangspunktet antar vi at blinde/svaksynte i større grad benytter hørselen til å orientere seg i trafikken enn normalt seende, som da selvsagt benytter synet først og fremst. En skulle da anta at i en slik test ville få en forskjell mellom disse to gruppene, der de blinde ville detektere bilene tidligere enn normalt seende. I figur 11 er det vist en sammenligning mellom de to gruppene. Nå skal en være forsiktig med å trekke bastante konklusjoner, da det kun var med 3 blinde/svaksynte, og alle omtrent i samme alderskategori (55-60 år). Figuren viser ingen signifikante forskjeller mellom disse gruppene, også når en tar hensyn til variasjon i avstandsdeteksjon når testen ble repetert. Antakelig skyldes det at de normalt seende med blind for øynene i større grad enn i en "normalsituasjon" konsentrerte seg om hørselsinntrykket for å klare å høre bilen så tidlig som mulig. Denne testsituasjonen fraviker dermed fra en normal tilstand, og det kan ha påvirket at en "utligner" en antatt forskjell til blinde/svaksynte.



Figur 11. Sammenligning av deteksjonsavstand mellom de to gruppene, blinde og normalt seende.

## 5.2 Økt sikkerhetsmargin

I et prosjekt utført av Western Michigan University i USA [6] er det utført en lignende test som beskrevet i dette prosjektet.

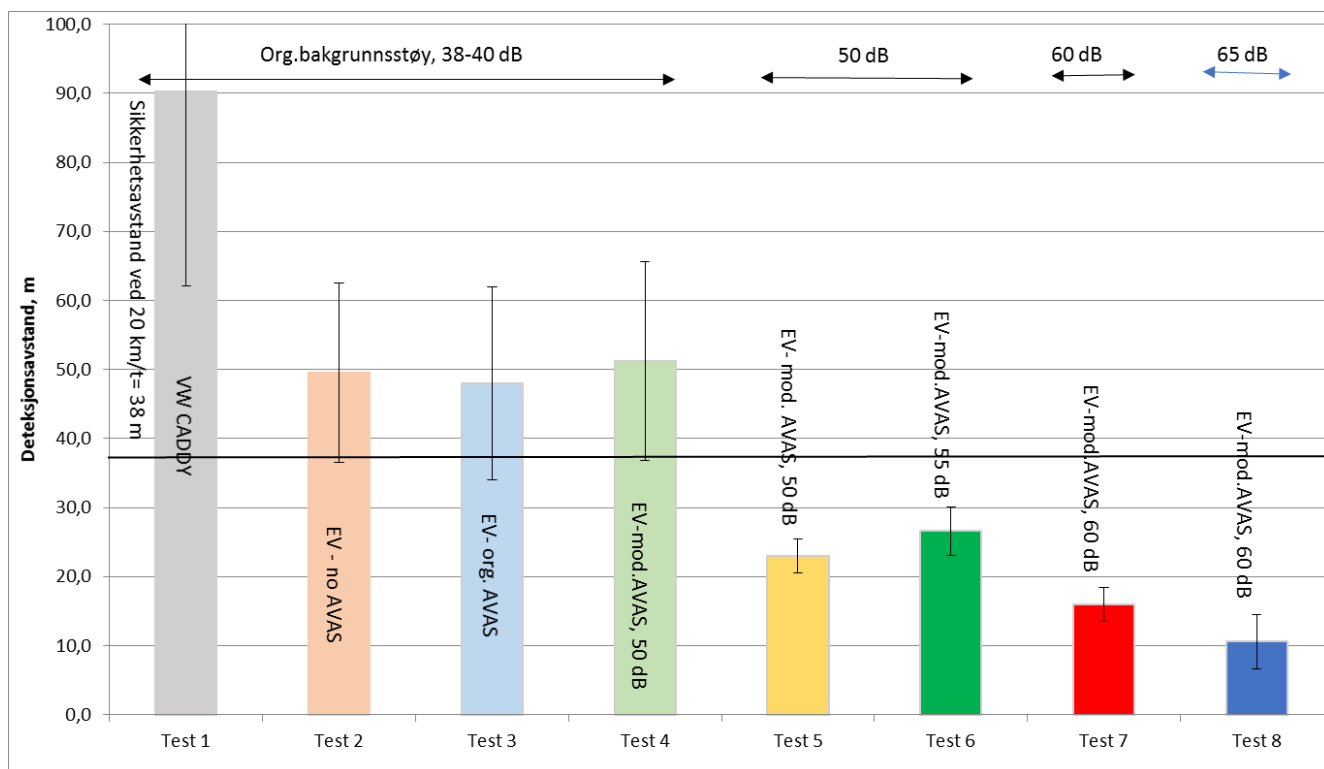
I deres prosjekt opererer man med en såkalt "crossing margin", dvs. en margin som tillater en person å krysse en gate tidsnok til å unngå å bli påkjørt av en bil. I sitt forsøk er denne marginen satt til 6,9 sekunder. Den baseres på følgende forutsetning:

- En person skal kunne krysse en to-felts vei som er 7,3 m (24 ft.) bred og går med en fart av 1,07 m/s (3.5 ft/s).

Dersom bilen har en fart på 20 km/t (5,6 m/s) må bilen være ca. 38 m unna for at personen trygt kan krysse veien. Det kan for eksempel være kryssing av en vei i mørket av en person uten lys/refleks. I analysen tar de ikke hensyn til eventuell variasjon i reaksjon hos bil/fører og nedbremsing av denne.

En økt sikkerhetsmargin til 38 m vil ha stor betydning for resultatene fra vår test. I figur 12 er deteksjonsavstand vist med en sikkerhetsavstand på 38 m.





Figur 12. Deteksjonsavstand med sikkerhetsavstand = 38 m.

Figuren viser tydelig at når bakgrunnsstøyen er ca. 50 dB eller høyere vil det ikke være mulig å sikkert krysse en to-felts vei med den antatte hastigheten (20 km/t), selv om tidspunktet for å høre bilen skulle variere en del. Det er imidlertid usikkert om et AVAS-signal uansett nivå vil kunne forbedre denne situasjonen, selv om det økes til et nivå på 65-70 dB. Et slikt lydnivå vil da kunne være kontraproduktivt i arbeidet med å redusere det generelle støynivået fra veitrafikken.

## 6 Konklusjoner og anbefalinger videre

Den testen som er gjennomført har klare begrensinger:

- Det ble bare gjennomført tester med en elektrisk bil. Det viste seg at ved 20 km/t var dekk/veibanestøy for denne elbilen klart dominerende lydkilde, slik at det fabrikkmonterte/originale AVAS-signalet ikke hadde noen varslingsfunksjon. Lyden fra dekk/veibanekontakten ga tilstrekkelig varslingsfunksjon, dvs. i god avstand fra anbefalt avstand på 11 m. I de opprinnelige planene for prosjektet ønsket vi å inkludere flere modeller av elbiler, for sammenligning. Testen foregikk så sent på høsten (10-11 oktober) at det ikke var mulig å fortsette undersøkelsen ut over disse to dagene, både mht. vær-situasjonen og tilgjengelighet på testpersoner.
- Det var først ved analysen av resultatene en ble klar over at AVAS, hverken originalt signal eller modifisert med nivå rundt 50 dB, ikke hadde noen signifikant innflytelse på deteksjonsavstand. I ettertid ser vi at det hadde vært nyttig også å ha gjennomført et begrenset sett med målinger ved 10 km/t.
- Et av formålene for prosjektet var å undersøke om en kunne redusere lydnivået til AVAS-signalet når det ellers var relativt stille (som rundt 38-40 dB for test 4 i tabell 2). Dette lot seg da ikke verifisere, da dekk/veibanestøyen var dominerende støykilde. En test ved 10 km/t ville muligens ha påvist effekten av å redusere AVAS-nivået fra et sted mellom 55 og 60 dB (antar at originalt AVAS-signal på valgte elbil ligger i dette området) ned til ca. 50 dB.

- Når bakgrunnsstøyen øker ut over 55 dB vil det være nødvendig med å øke AVAS-signalet, dersom det skal være et hjelpemiddel for blinde/svaksynte til å ferdes trygt i trafikken. En slik økning må selvsagt balanseres mot det generelle behovet for reduksjon av veitrafikkstøy.

Det er ikke bare maksimalt lydnivå for AVAS som avgjør hørbarheten. Det er gjort omfattende tester og utvikling av signalet med hensyn til frekvensinnhold. Veitrafikkstøy har som regel en topp rundt 800-1200 Hz, som defineres av kontakten mellom bildekket og veidekket. I regulativene som definerer AVAS er det derfor anbefalt at signalet ikke skal ha dominerende topper i dette frekvensområdet, da signalet fort vil bli maskert av trafikkstøyen. I tillegg til krav om frekvensspekter (minimum lydnivå i frekvensene fra 160 til 5000 Hz) er det også i ECE-regulativet et krav om at frekvensen, dvs. tonehøyden skal endre seg med hastighet, slik at en kan oppfatte at bilen øker hastigheten.

I vårt testopplegg ble det ikke gjort noen frekvensanalyse av signalene, for å se på innvirkningen av dette på deteksjonsavstand. Det ble utelatt av kapasitetsårsaker og pga. økonomisk ramme for prosjektet. I en eventuell videreføring vil det være naturlig med en slik analyse.

Prosjektet ble gjennomført med ulike nivåer av AVAS og med ulike nivåer av bakgrunnsstøy, for å ha repeterbare og kontrollerbare testforhold. I et mer avansert system kan en tenke seg en utvendig montert mikrofon på elbilen, som tilpasser nivået av AVAS-signalet avhengig av målt bakgrunnsstøy (separat fra den lyden bilen selv lager), men innenfor akseptable lydnivå. Et slikt avansert adaptivt system var ikke mulig å realisere innenfor rammen av dette prosjektet.

I en videreføring vil det også være naturlig med å teste flere av de mest populære elbilene på det norske markedet, spesielt med tanke på å inkludere biler med lavere dekk/veibanestøy enn tilfelle var for bilen brukt i vår test.

## 7 Referanser

- [1] UN ECE Reg.138 "Uniform provisions concerning the approval of Quiet Road Transport Vehicles with regards to their reduced audibility (QRTV)"
- [2] FMVSS 141 "Minimum sound requirements for electric and hybrid vehicles". November 2016.
- [3] T. Berge. *Experience and perception of AVAS on electric vehicles in Norway*. Proceedings of InterNoise2018, Chicago, USA.
- [4] J, Baek, S-K. Lee, S-M. Lee. *Device of Warning Sound of an Electric Vehicle*. Proceedings of InterNoise2017, Hong Kong, China.
- [5] T. Holm Pedersen, T. Gadegaard, K. Kjems, U. Skov. *White paper on external warning sounds for electric cars – Recommendations and guidelines*. DELTA Senselab Report AV1224/10. 18 March 2011.
- [6] R.W. Emerson, D. Shik Kim, K. Naghshineh, K. Myers. *Blind pedestrians and quiet vehicles: How adding artificial sounds impacts travel decisions*. Proceedings of InterNoise2012, New York, USA.

## Vedlegg: Publisitet omkring prosjektet

Under første dag av testen var NRK Trøndelag til stede og laget en reportasje fra forsøket som først ble sendt i Midtnytt samme dag (torsdag 11. oktober 2018) og senere på dagen også i Dagsrevyen. NRK laget videre en nettsak om forsøket der også en link til innslaget på Dagsrevyen foreligger. Denne saken kan finnes her: <https://www.nrk.no/trondelag/forskning-pa-lyd-fra-elbiler-kan-hjelpe-blinde-og-svaksynte-1.14244805>

Videre er prosjektet omtalt i GEMINI: <https://gemini.no/kortnytt/elbiler-er-trafikkfarlige-for-blinde/>  
En engelsk versjon av artikkelen ble raskt fanget opp og gjengitt i en rekke nettpublikasjoner:  
Her er en kort oppsummering (skjermdump fra internett):



**NEWS MEDICAL LIFE SCIENCES** MEDICAL HOME LIFE SCIENCES HOME Become a Member

About News Health A-Z Drugs Medical Devices Interviews

**Fremkall bildene dine**  
Bildefremkalling fra kun **0,69 kr/stk.**

### Blind people have problems in detecting quiet-running electric vehicles

Download PDF Copy

Reviewed by *James Ives, MPsych* Oct 23 2018

Electric cars are good for the environment - but not for people who cannot see. They have problems detecting the silent vehicles. However, Norwegian research scientists are working on a solution.

## Adaptive tech helps keep electric cars' warning sounds from disturbing the peace



Ben Coxworth | 14 hours ago



phys.org · 9 hours ago

### Electric cars are a hazard for blind people

"An electric car must emit an artificially produced sound of varying frequency but fairly constant intensity when travelling at 20 km/h or less," says **Truls Berge**, an acoustics research scientist at SINTEF. He has been carrying out research for many years on sound and noise in connection ...

[Share](#) · [Remove Article](#)



newatlas.com · 7 hours ago

### Adaptive tech helps keep electric cars' warning sounds from disturbing the peace

"A number of car manufacturers, including Nissan, General Motors and Renault, have shown interest in the results of this project," says lead scientist **Truls Berge**. "Norway has the highest density of electric vehicles in the world, so it's natural that electric car manufacturers look to ...

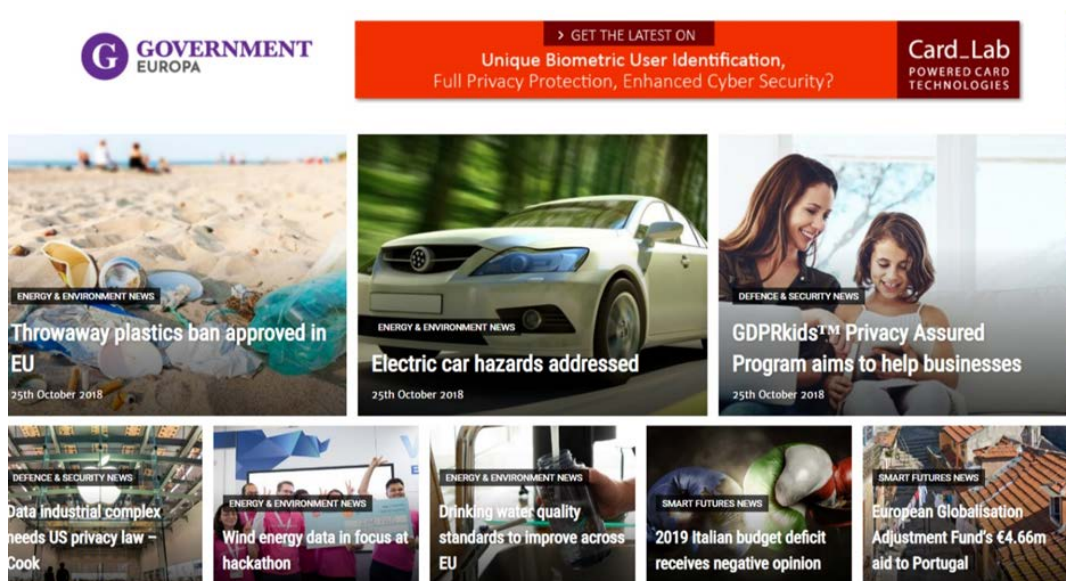
[Share](#) · [Remove Article](#)

 news-medical.net · 14 hours ago

## Blind people have problems in detecting quiet-running electric vehicles

"An electric car must emit an artificially produced sound of varying frequency but fairly constant intensity when traveling at 20 km/h or less," says **Truls Berge**, an acoustics research scientist at SINTEF. He has been carrying out research for many years on sound and noise in connection ...

[Share](#) · [Remove Article](#)



The image shows a preview of a Government Europa newsletter. At the top left is the Government Europa logo. To its right is a red banner with the text: '> GET THE LATEST ON Unique Biometric User Identification, Full Privacy Protection, Enhanced Cyber Security?'. Further right is the Card\_Lab logo with the text 'POWERED CARD TECHNOLOGIES'. Below these are several article thumbnails. The first row includes: 'Throwaway plastics ban approved in EU' (25th October 2018), 'Electric car hazards addressed' (25th October 2018), and 'GDPRkids™ Privacy Assured Program aims to help businesses' (25th October 2018). The second row includes: 'Data industrial complex needs US privacy law - Cook', 'Wind energy data in focus at hackathon', 'Drinking water quality standards to improve across EU', '2019 Italian budget deficit receives negative opinion', and 'European Globalisation Adjustment Fund's €4.66m aid to Portugal'.

I Government Europa Quarterly 28, januar 2019, er det publisert en artikkel omkring prosjektet, som SINTEF har forfattet: <https://www.governmenteuropa.eu/government-europa-quarterly-28/91844/>

I tillegg er det sendt inn et abstract for presentasjon under konferansen InterNoise2019 i Madrid i 16-19 juni 2019.