



# Kjøretøyteknologi og førerstøttesystemer

AUTOMATISERING AV  
TRANSPORTSYSTEMET  
– i et trafikksikkerhets perspektiv

Tema

NTNU ITS Seminar 2018

Gunnar Deinboll Jenssen, PhD  
Seniorforsker

SINTEF Teknologi og samfunn

copyright © 2007 Bill Frymire

# Opplegget i dag

---

Hei

- Historisk tilbakeblikk
- Passive sikkerhetssystemer
  - Euro NCAP
- Aktive sikkerhetssystemer
  - Førerstøtte
  - Automatisering
  - Hva gjør det med oss som fører?
- *(Samvirkende systemer, C-ITS)*
- Autonome og Automatiserte Systemer

Slutt

# Historisk tilbakeblikk

---



Hest og vogn fra 1890



Carl Benzs patenterte motor-  
kjøretøy fra 1886

# Økende fart fører til ulykker

---



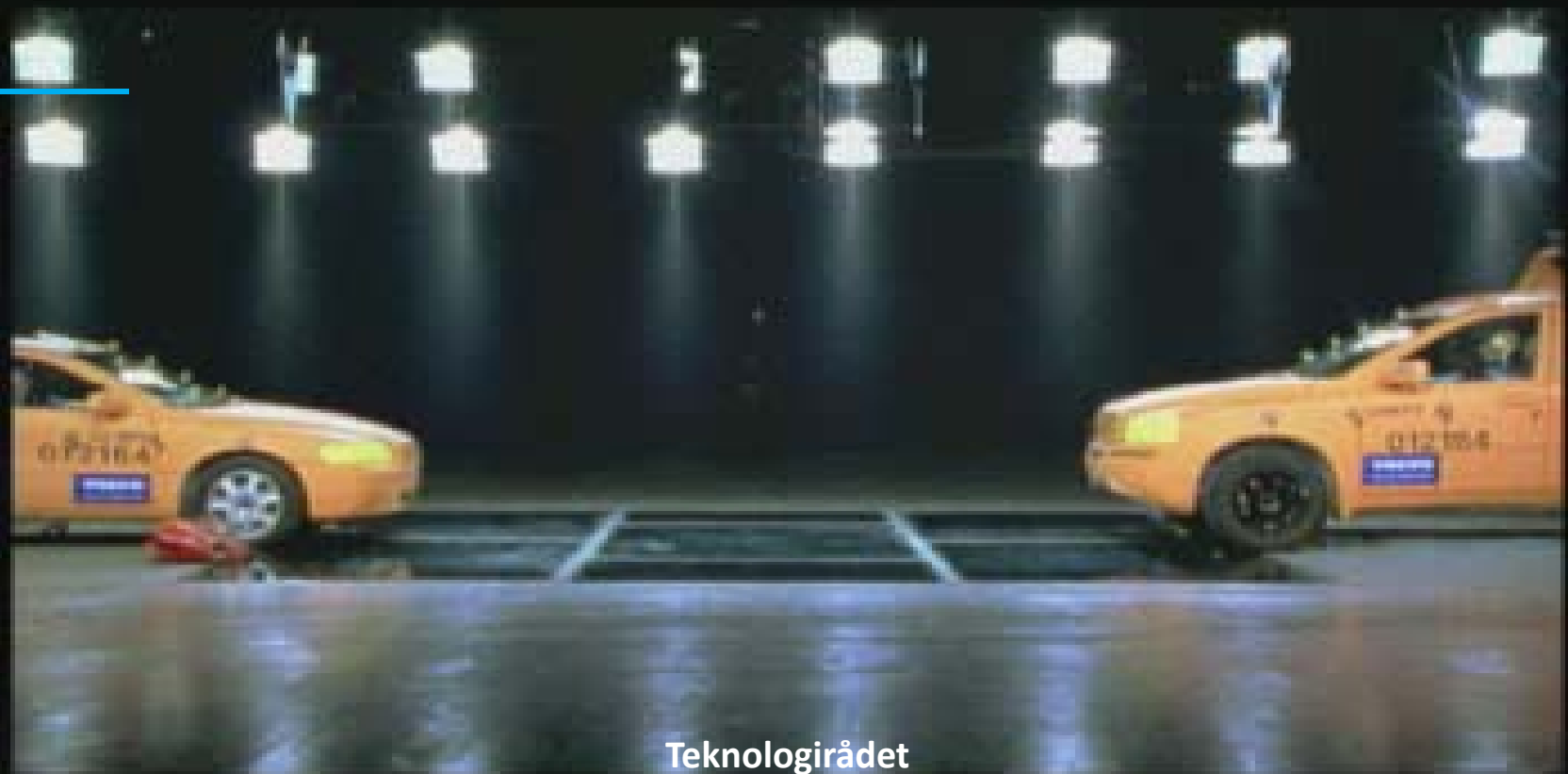
Trafikkulykke i 1912



Trafikkulykke i 1918



# Kjøretøyteknologi og førerstøttesystemer



Teknologirådet

Trafikksikkerhet 2020

"Hva skal til for å få en sikrere vegtrafikk"

# Passiv sikkerhet

---

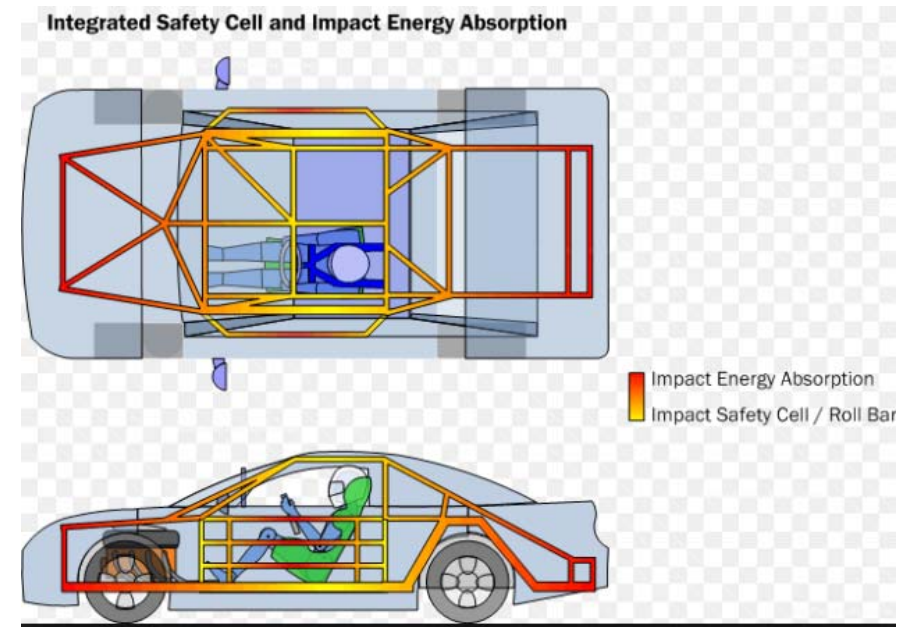
# Passive sikkerhetssystemer

Reduserer skade på fører og passasjerer  
når ulykken først er ute.

Skadereduserende

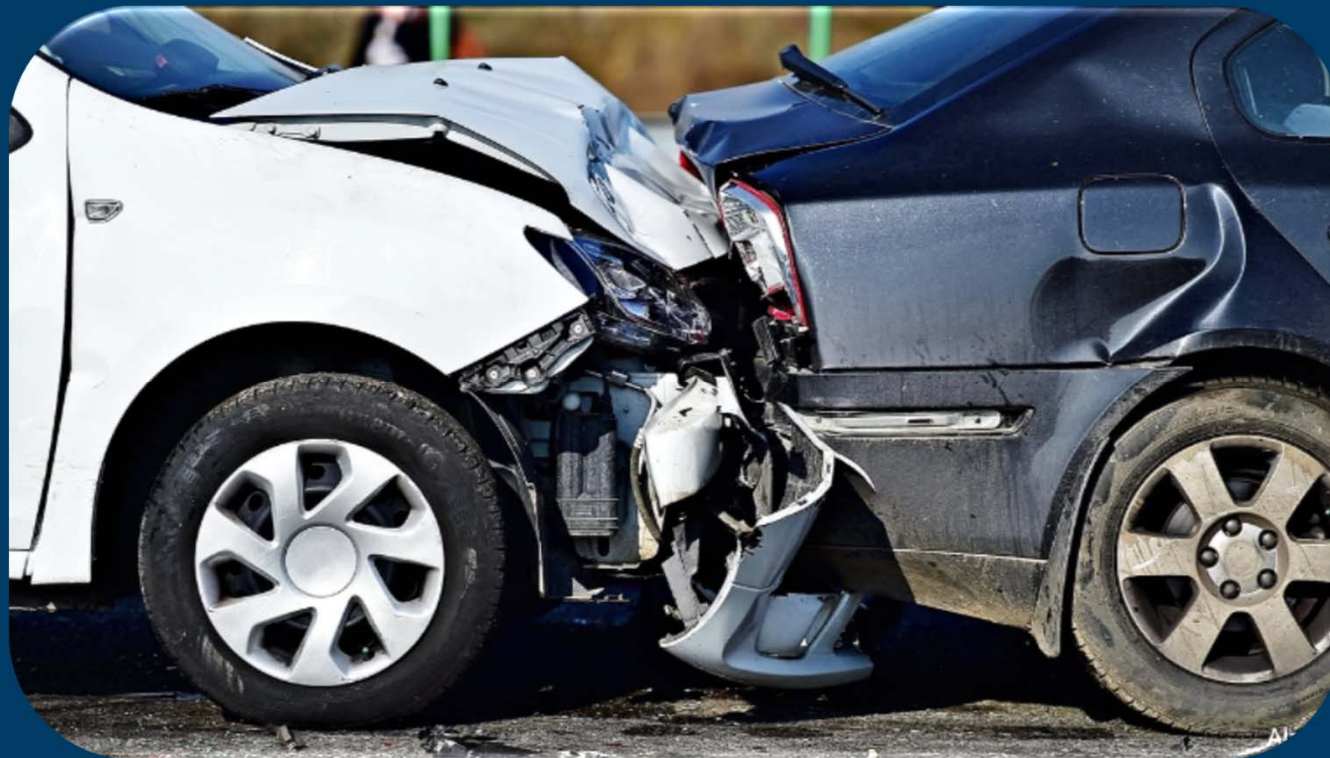
Eksempler på passive sikkerhetssystemer:

- Mekanisk konstruksjon, "sikkerhetsbur"
- Sikkerhetsbelter
- Airbag
- Bilbeltestrammer



# Deformasjons soner i begge kjøretøy

---





# Barrierer

---



Motorway class B, without barrier



Motorway class B, with barrier

# Hva gjøres for å bedre sikkerhet i kjøretøy?

Euro NCAP, test fra 2009

Voksen



Barn



Fotgjengersikkerhet



## ■ Kollisjonstester

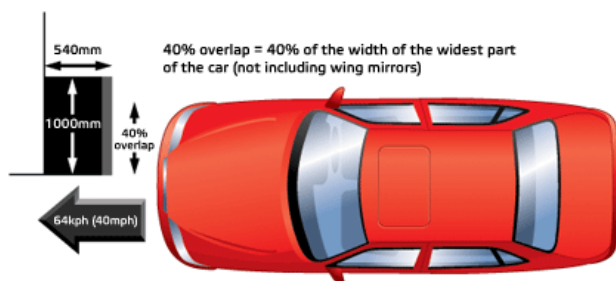
- Frontkollisjon
- Sidekollisjon
- Kollisjon med stolpe
- Fotgjengersikkerhet

## ■ Sikkerhetsstøtte

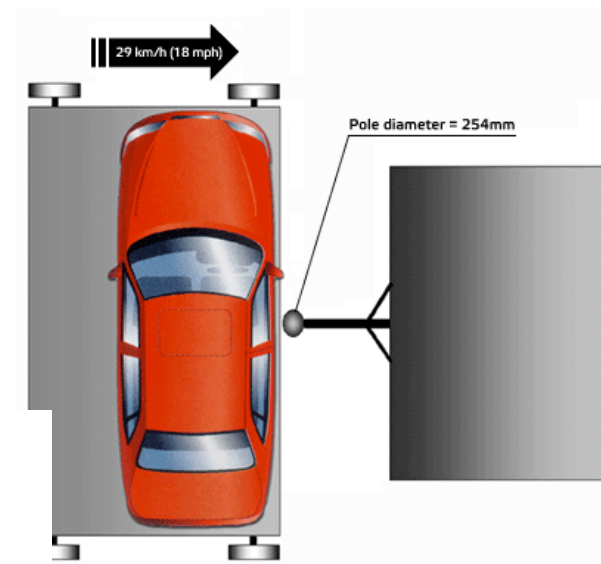
- Seat Belt Reminder
- ESC (antiskrens)
- Speed Limiters, inkl ISA (Automatisk fartstilpassning)

- Må nå ha ESC som standard for å oppnå 5 stjerner

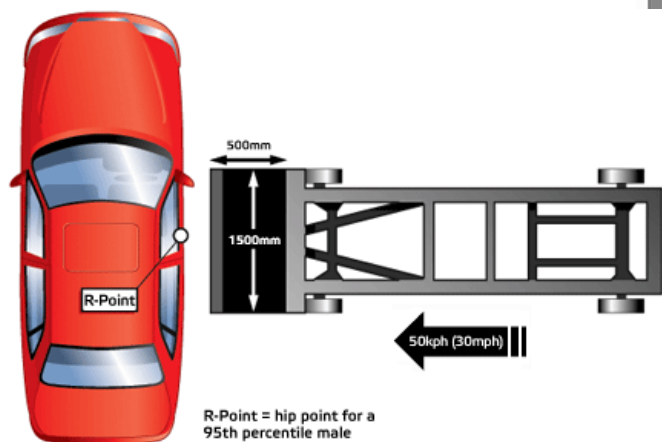
# Frontkollisjon



## Kollisjon med stolpe



## Sidekollisjon



# Fotgjengersikkerhet



Fra og med 2009 må bilen ha minimum 25% i fotgjengerbeskyttelse for å oppnå 5 stjerner. Fra 2010 økes kravet til 60%



# Testdukker tilpasset voksne

---



Hybrid III: Samler data fra frontkollisjon



ES-2: Samler data fra sidekollisjon

# BS6 Brilliance fra Kina testet etter Euro NCAP retningslinjer



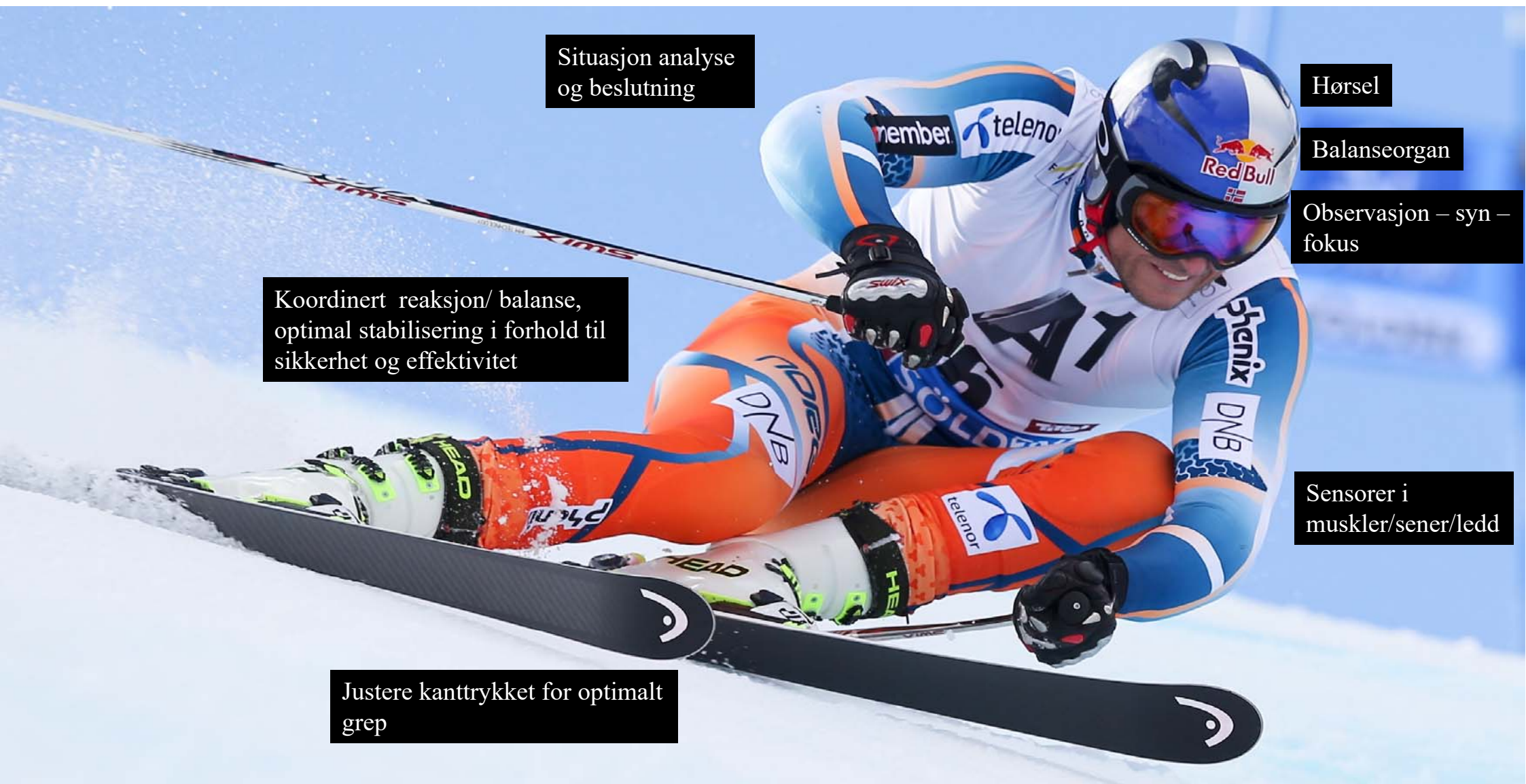
\* (1 stjerne)  
Test nr 1 (2007),  
ADAC, Tyskland



\*\*\* (3 stjerner)  
Test nr 2 (2007 ) 79 dager senere, IDIADA,  
Spania

# Aktiv sikkerhet

---



Situasjon analyse  
og beslutning

Hørsel

Balanseorgan

Observasjon – syn –  
fokus

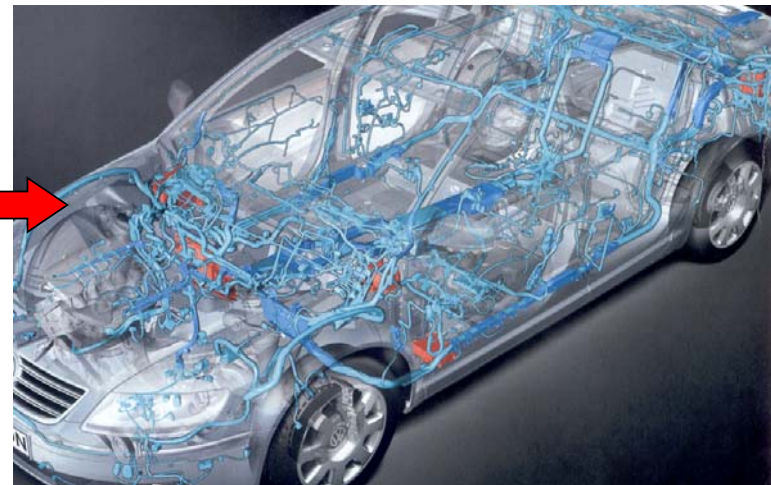
Koordinert reaksjon/ balanse,  
optimal stabilisering i forhold til  
sikkerhet og effektivitet

Sensorer i  
muskler/sener/ledd

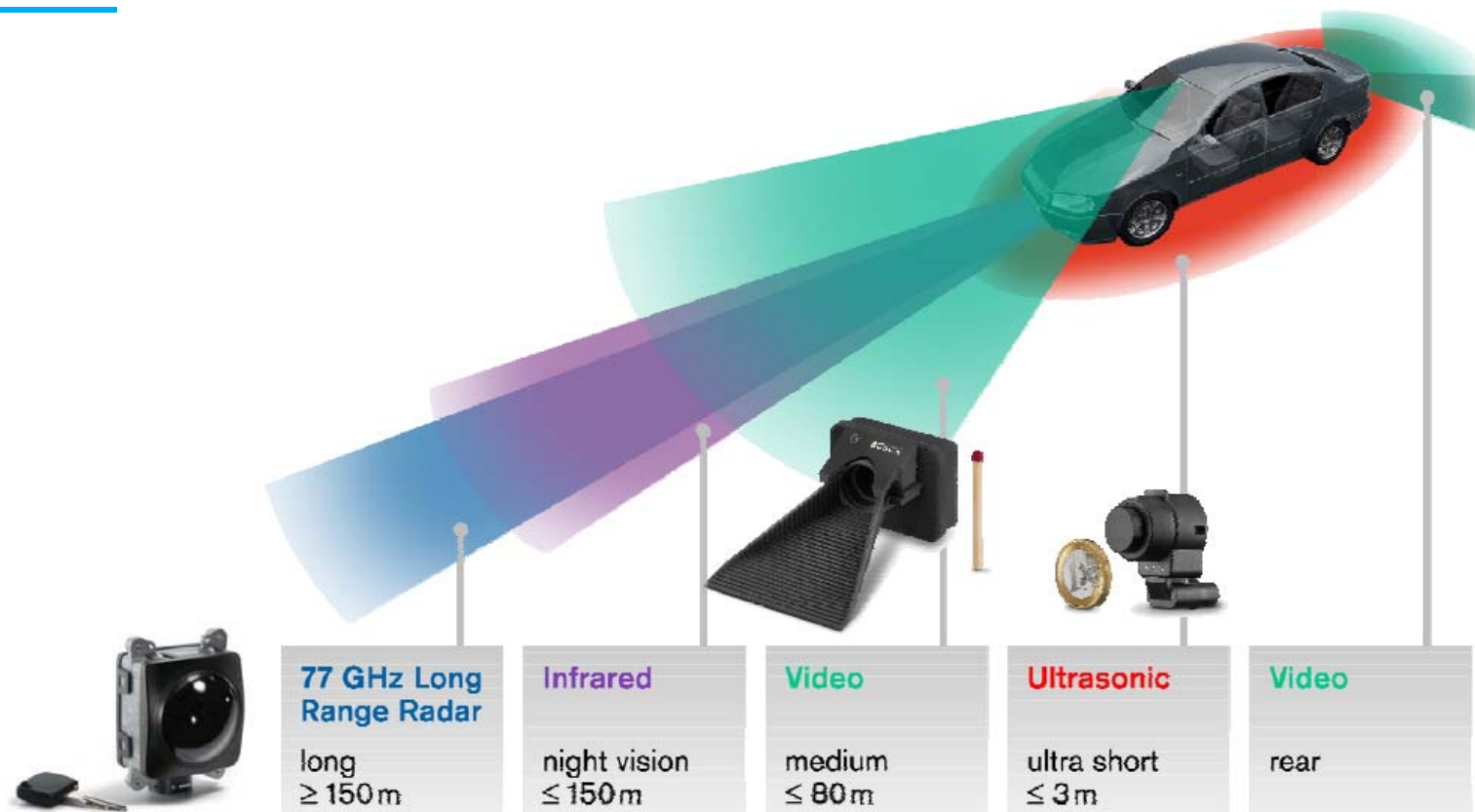
Justere kantrykket for optimalt  
grep



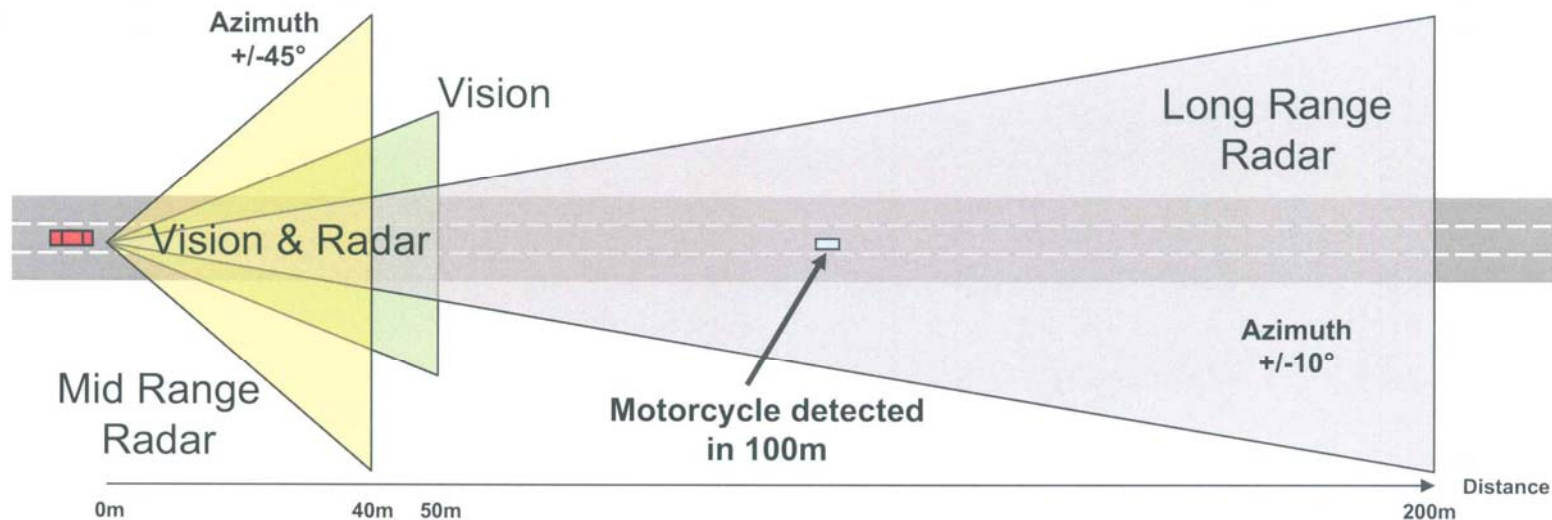
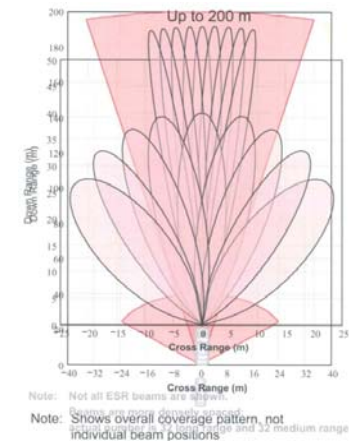
## Fra biologi til aktive systemer i bil



# Nye sensorer gjør kjøretøyet i stand til "å se"

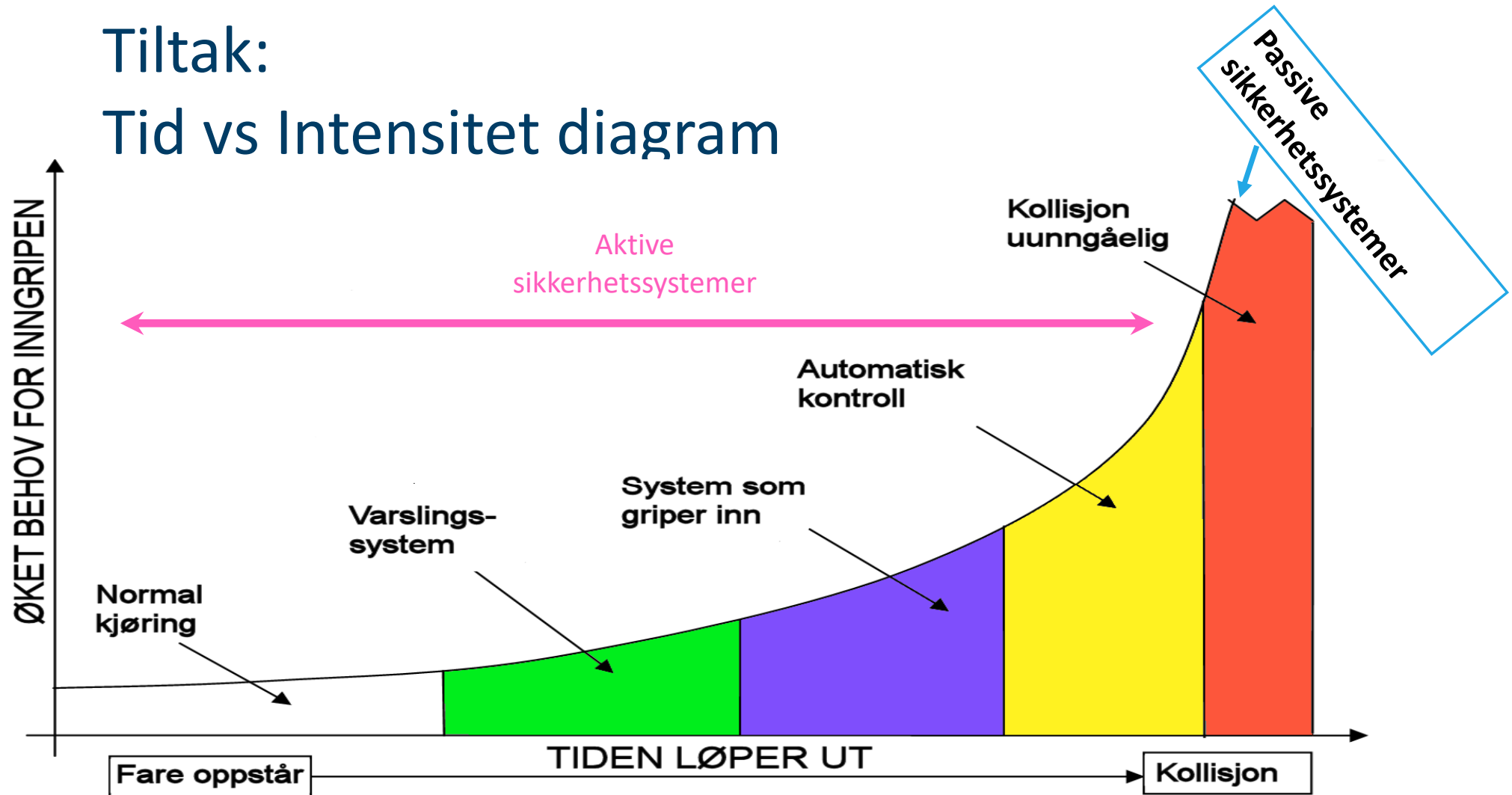


"Sensor fusion", mange ulike sensorer jobber sammen, den autonome bilen kan "se" enda mer ...



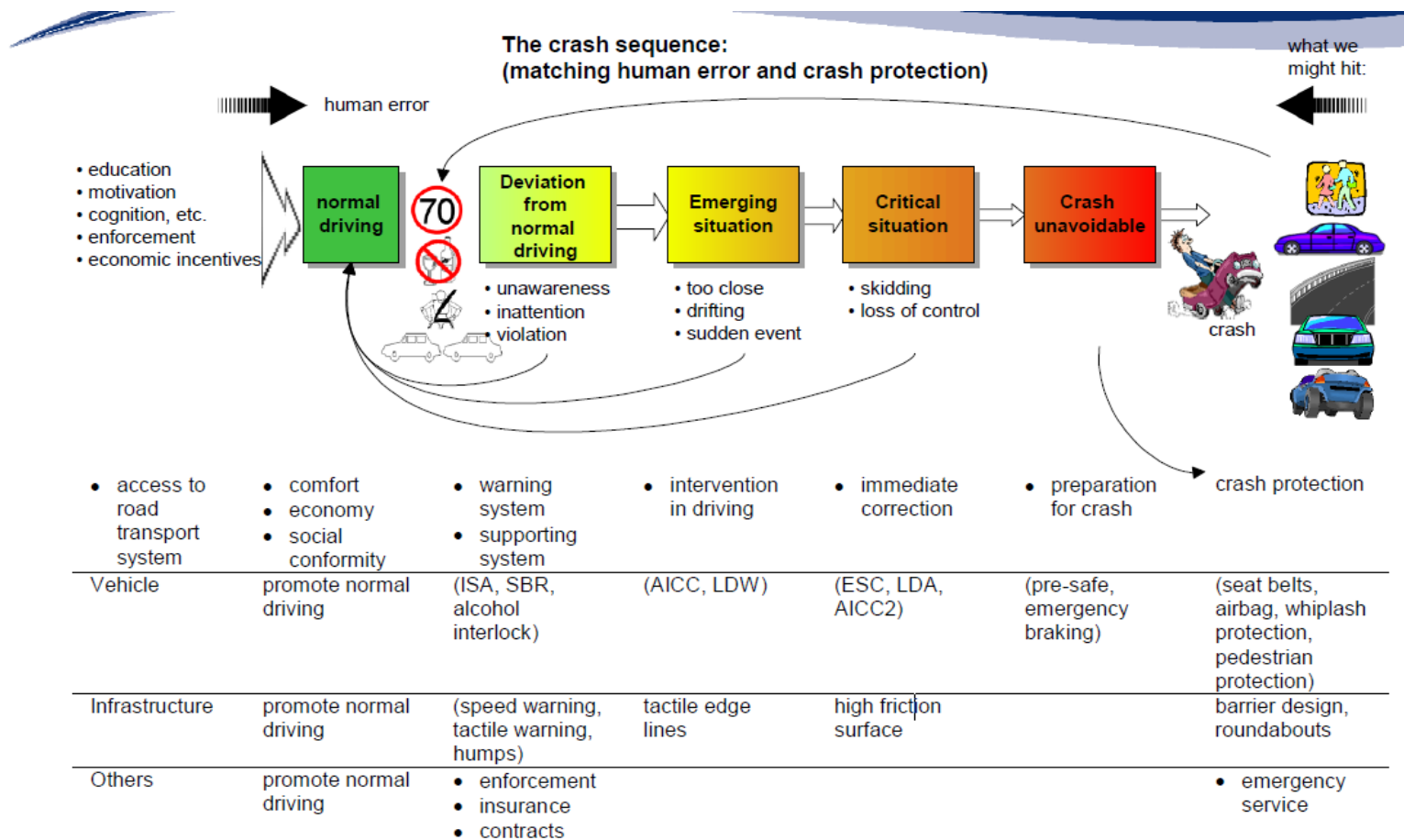
Kilde: Dephi

# Tiltak: Tid vs Intensitet diagram





# Førerstøtte og ITS som barriere



# Atferdstilpasning

---

# Hva gjør de nye støttesystemene med føreren?



- Går komforten / "førerstøtten" ut over sikkerheten?

# Atferdstilpasning

---

Hvis vi oppfatter relevante endringer, endrer vi atferd for å tilpasse oss nye situasjoner

- Vi kan opptre **mer forsiktig** hvis endringene oppfattes som farlige
- Eller vi kan prøve å utnytte nye muligheter for å nå personlige mål på en mer effektiv måte, opptre **mer uforsiktig**

- **Fenomenet:**

Beskrives innen transportforskning som ***behavioural adaptation, risk compensation*** eller ***risk homeostasis*** (Wilde, 1994)

# ADAS - Potensielle sikkerhetsproblemer

## Passivitet

- Bruk av ledig kapasitet til andre aktiviteter (sms, tv, mobil med mer.)
- Understimulering, manglende situasjons bevissthet
- “Out of the loop” forårsaket av passiv overvåkning og manglende årvåkenhet
- Ikke oppmerksom på teknisk svikt og funksjonsfeil
- Forvirring i forhold til system modus
- Tap av manuelle kontrollferdigheter



# ADAS - Potensielle sikkerhetsproblemer

## Tillit

- Overdreven tillit til system:
  - Bremseevne
  - Funksjonsområde
  - Mulighet til å ta inn skrens
- **Kontrollerbarhet**
  - Stående fast opp glatt bakke
  - Ukjent med betjening
- **Mistillit**
  - Motstand påvirker bruk, aksept, spredning (dermed sikkerhet)





# **Hva kan vi si om sikkerhetseffekt av førerstøtte?**

---

# Problem i forhold til å estimere sikkerhetseffekter

---

- Teknologien endrer seg stadig
- Integrerte system
- Atferden endrer seg over tid
- Liten eksponering, ulykkesdata Reliabilitet
- Potensial for misbruk
- Brukeraksept
- Markedsandel, utbredelse (aksept)

# Antiskrens – ESC

**Virkemåte:** Sensorer knyttet til styring, rotasjon

og fart på hvert enkelt hjul – ”hvor ønsker føreren

å styre bilen?”

## Konklusjoner:

- 50% red. på de ulykker det skal virke på
- Problem opp bakke



**ESC checks 25 times per second:**  
Where does the driver want to steer?



**ESC checks 25 times per second:**  
Where is the vehicle going?



**ESC takes action:**  
It "steers" the vehicle by brake interventions.  
The car is kept more safely on track

*Figure 46. ESC is active all the time. It recognizes critical situations before the driver can and intervenes independently. From (Bosch 2008).*

# Intelligent fartstilpasser - ISA

## Ulik grad av påvirkning:

- Informerende ISA – begrenset virkning
- Støttende ISA – noe fartsreduksjon
- Kontrollerende ISA – størst fartsreduksjon

## Andre atferdsendringer:

- Tendens til å "kjøre etter fartsgrensen" (neg.)
- Økende tendens til å vike for fotgjengere (pos.)

## Konklusjoner:

- Stort potensial for ulykkesreduksjon, minus 20-25%
- Utfordring å skape aksept og utbredelse

Norwegian ISA  
On-board speed, speed limit  
and overspeed warning  
Integrated in PDA



- Display
- Digitalt kart  
m/fartsgrenser
- GPS

# Adaptive Cruise Control (ACC)

## 1. Ønsket atferd

De fleste bruker ACC som intendert

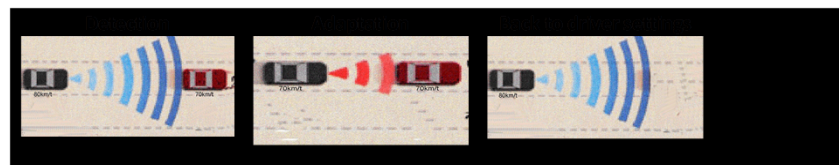
## 2. Ca 10 % bruker feilaktig

(Jenssen et al, 2003)

## 3. Ingen ulykker med ACC rapportert så langt

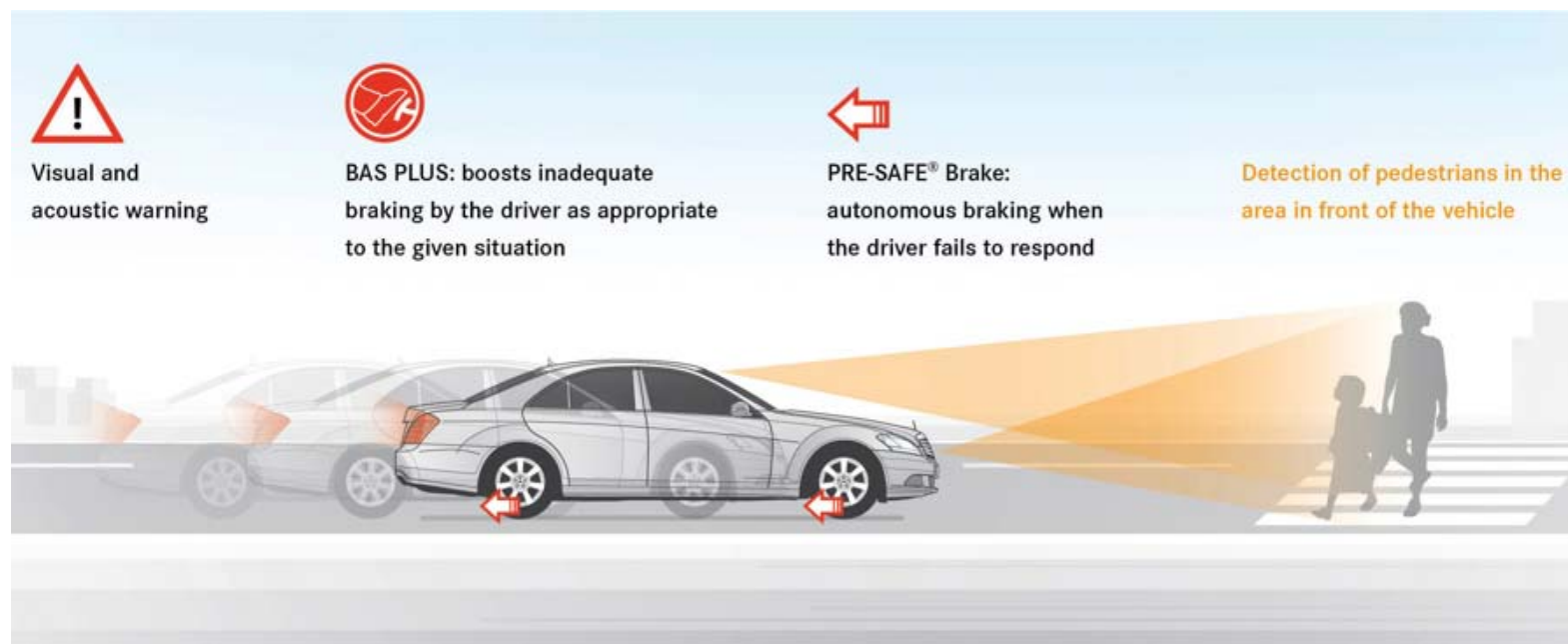
## 4. Potensial

ACC har et stort sikkerhetspotensial, men det krever at teknologiske utfordringer løses .



# Auto Brems (AEB)

## Fotgjengerdeteksjon med varsling, støtte og inngripen

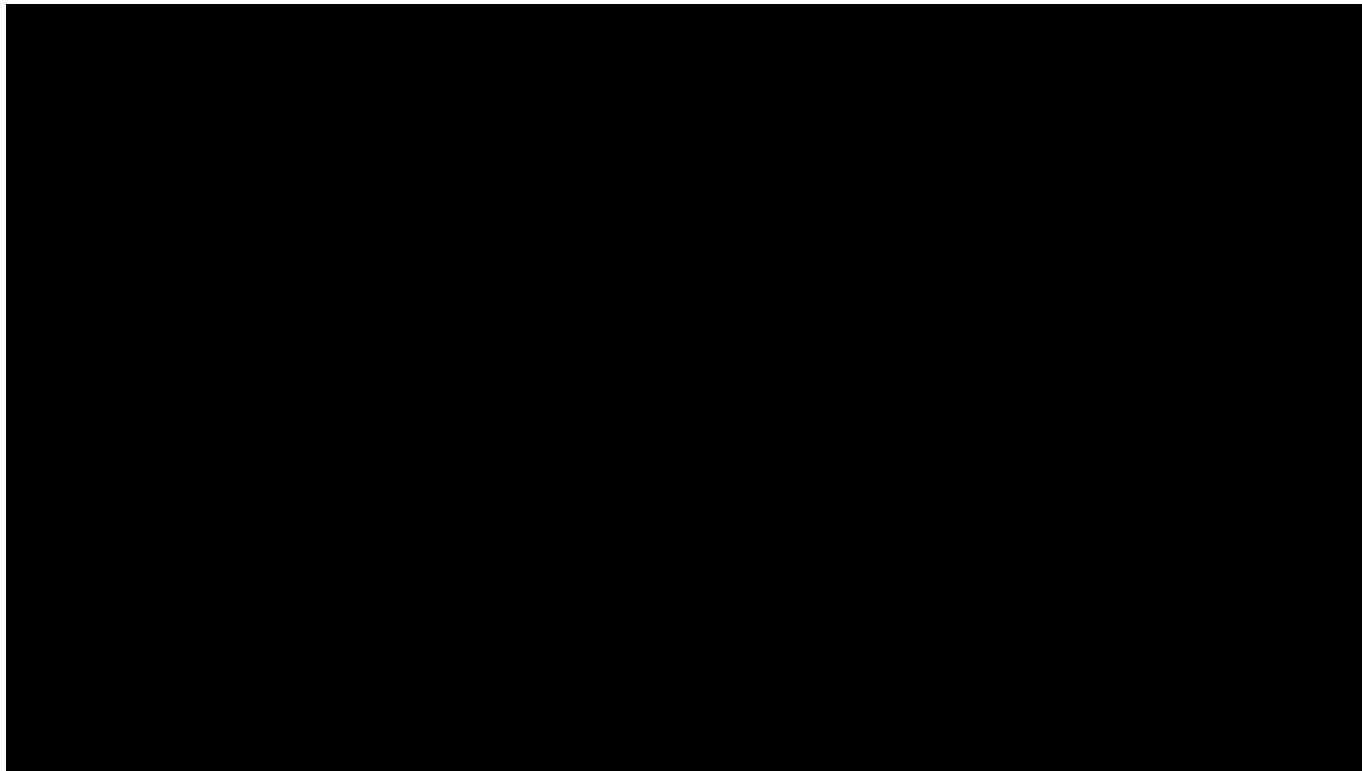


Mercedes-Benz



# EURO NCAP Advanced

---



Hvis alle  
hadde kjørt  
nye biler i  
dag, ville vi  
fått 30%  
færre drept  
og hardt  
skadde

---

- 70 prosent mindre risiko for å bli drept eller hardt skadd i nye biler kontra gamle
- Rundt 100.000 personbilulykker fra 2000 – 2016 er sammenholdt med bilparken fra 1980 til 2016

Kilder:

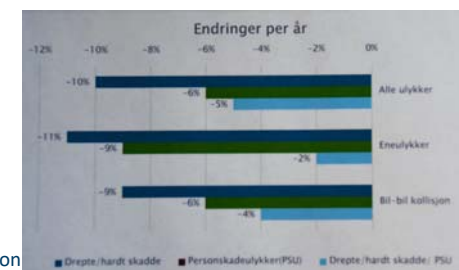
Arild Ragnøy SVV

Alena Høy (2017) Bilalder og risiko. TØI rapport 1607Høy, A. (2011). The effects of Electron  
Accident Analysis & Prevention, 43(3), 1148-1159.

Høy, A. (2016). How would increasing seat belt use affect the number of killed or  
seriously injured light vehicle occupants? Accident Analysis & Prevention, 88  
(Supplement C), 175-186.

Høy, A. (2017A). Trafikksikkerhetseffekter av bilenes kollisjonssikkerhet, vekt og  
kompatibilitet. TØI-rapport 1580/2017. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

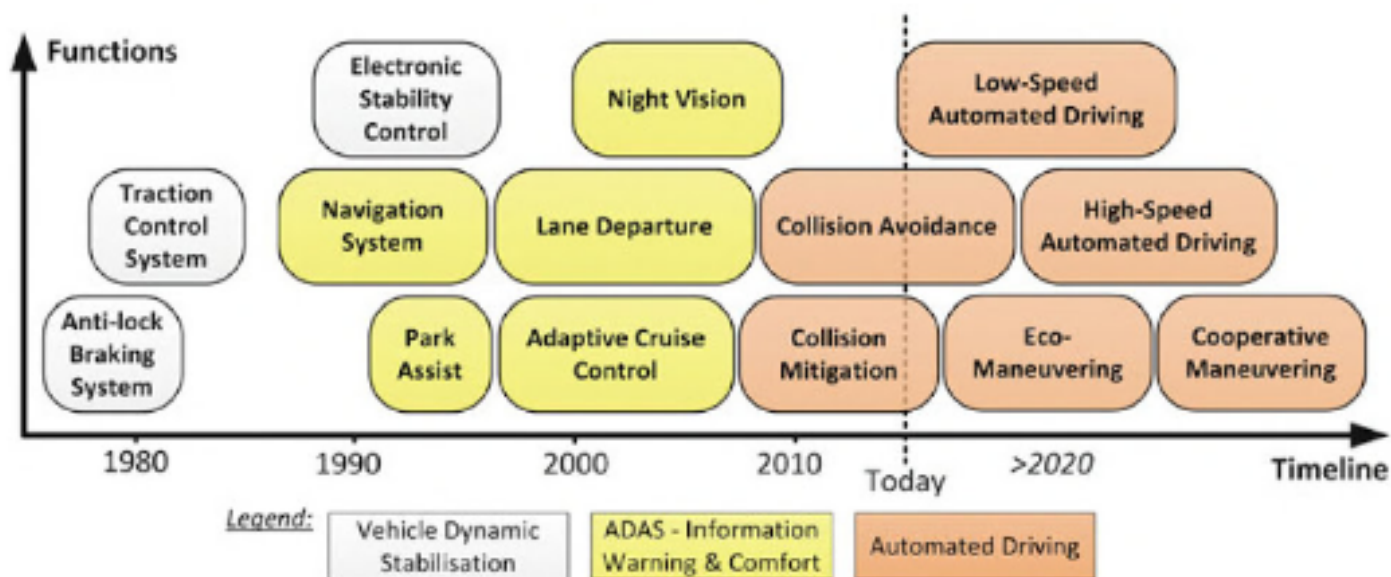
Høy, A. (2017B). Dybdestudier av fartsrelaterte ulykker ved bruk av UAG-data. TØI-rapport  
1569/2017. Oslo: Transportøkonomisk institutt.



**Trender .....**

**kjøretøyteknologi og førerstøtte**

# Evolusjon eller revolusjon?

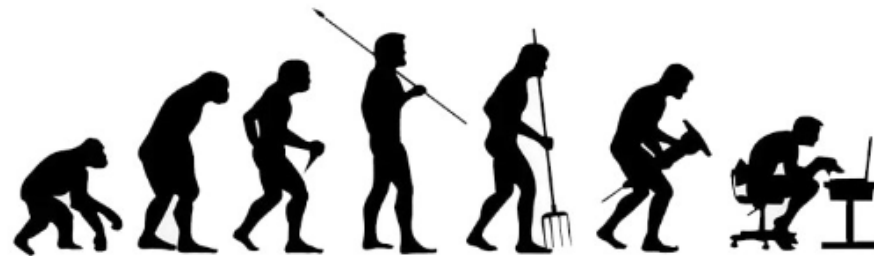
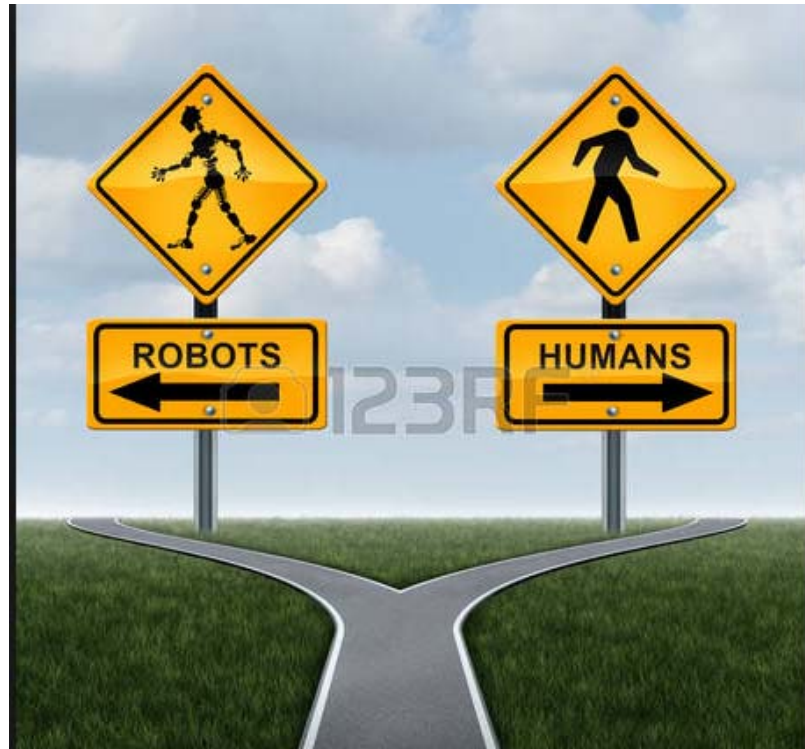


## "Norske" prosjekt

- Citymobil
- Wisecar
- Yeti
- Borealis
- SmartFeeder
- Sarepta
- ....og flere

## VIDEO Autonom Barnevogn







Autonomous Car

Normal Car

Normal Car



## Hva er Automatisert Transport?

**Autonom = Selvkjørende**

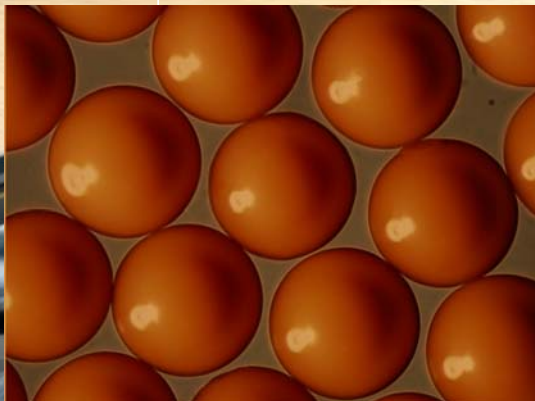
**Automatiserte kjøretøy**

**Førerløse kjøretøy**

**Robot kjøretøy**

**Ubemannet**

**Den  
monodisperse  
fører**



Teknologier Visuelle sensorer – maskin syn  
Digitale kart Radar, Lidar, GPS, Osv.

Bygger på førerstøtte: ABS, ESP, ACC, Antikollisjon, Lane keeping osv.

# AUTOMATISERING AV KJØREOPPGAVEN

Mennesket håndterer  
alle oppgaver



"Handover"  
Kjøretøyet  
håndterer  
oppgaver



Datamaskin(er) håndterer  
alle



SAE Task level  
J3016

0

1

2

3

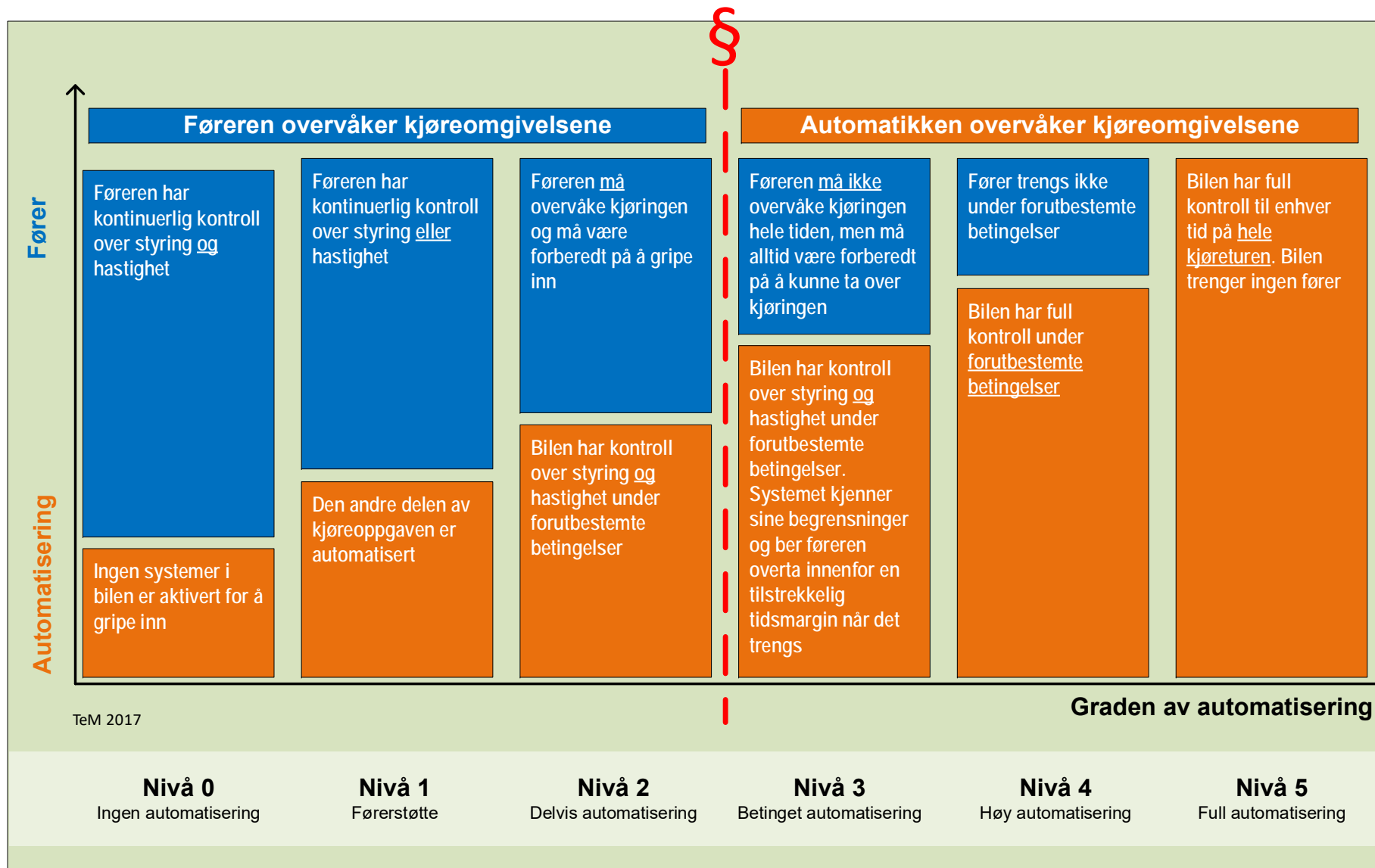
4

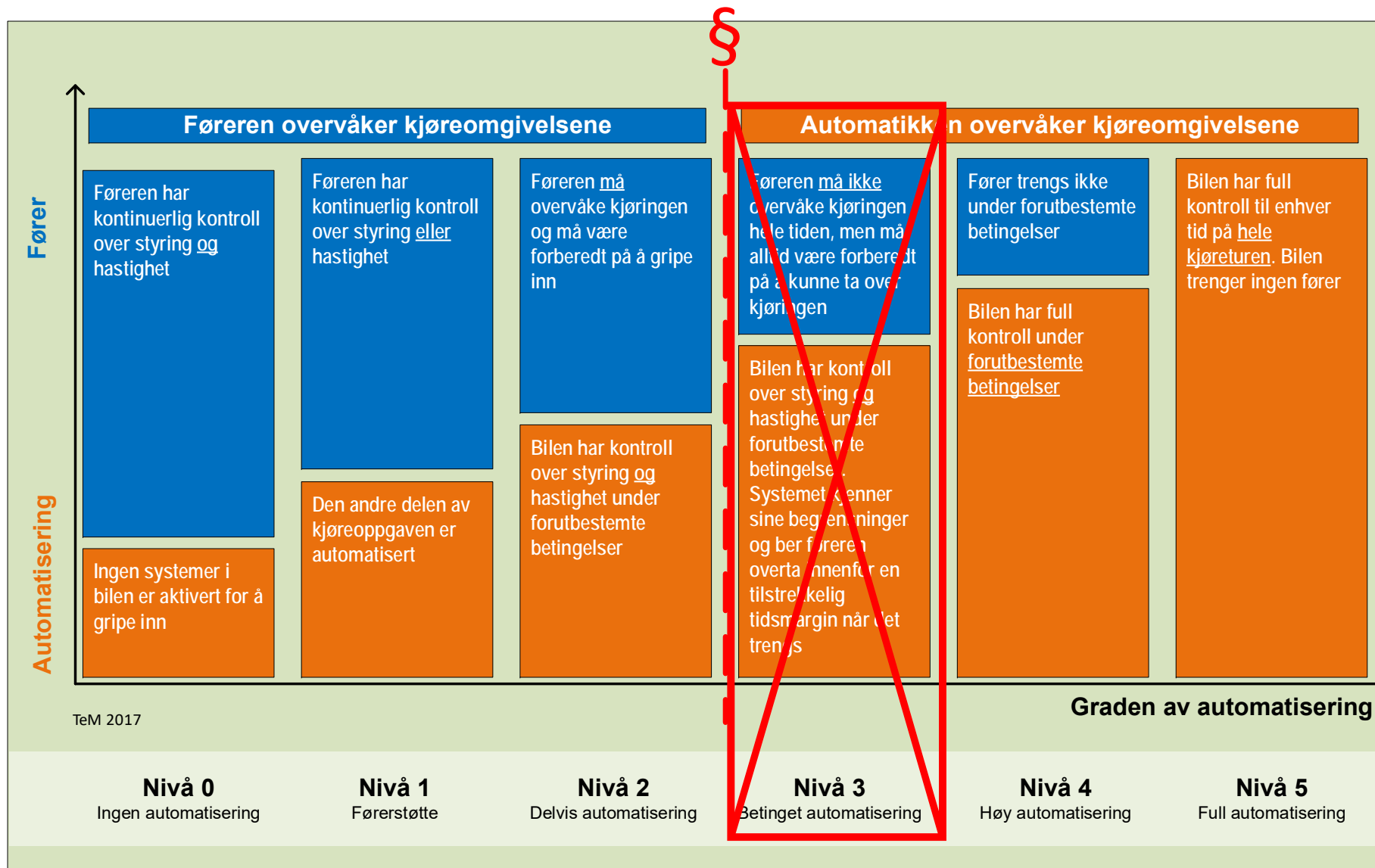
5

# SAE J3016

*Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving  
Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*

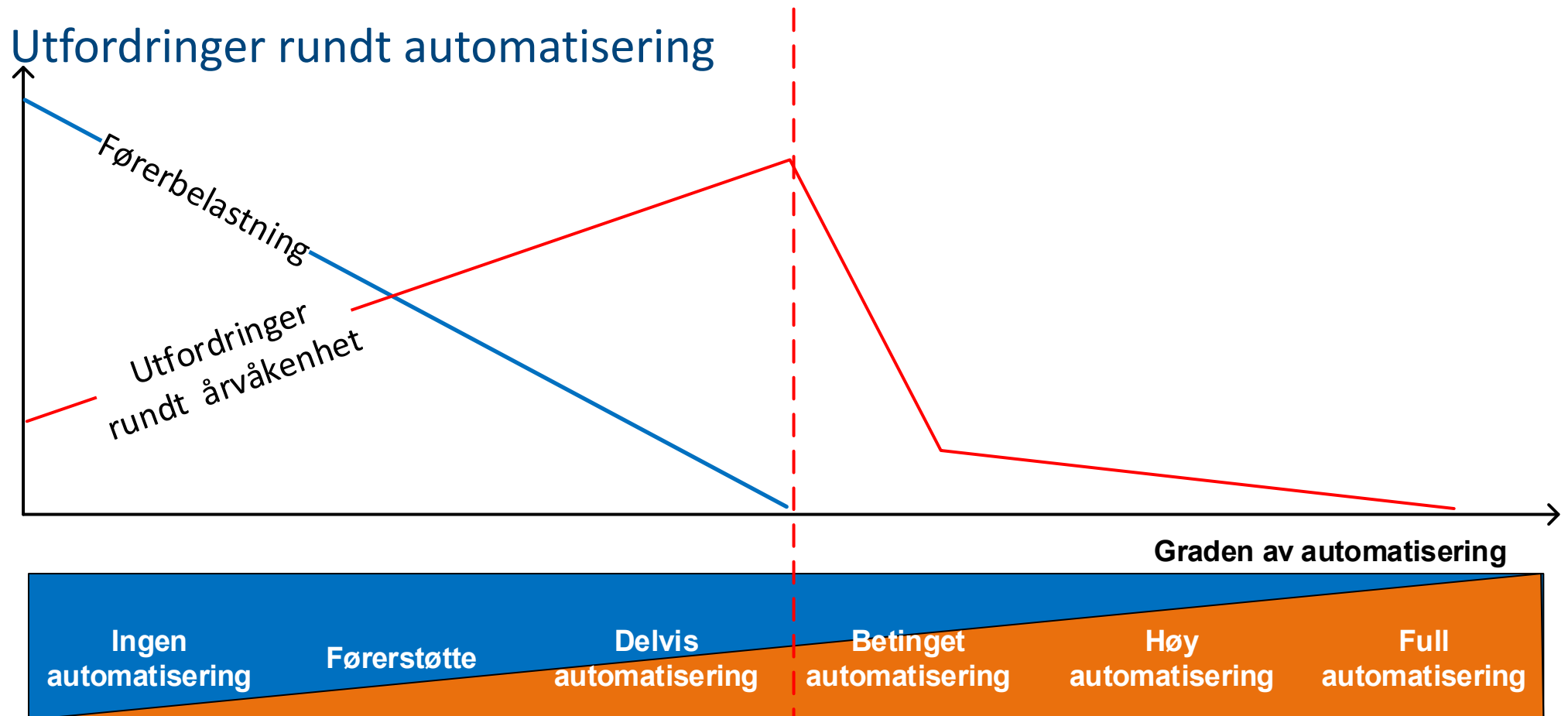
På norsk: **Konsept, terminologi og klassifiseringen av  
systemer for automatisert kjøring med motorkjøretøyer  
på veg**







## Utfordringer rundt automatisering

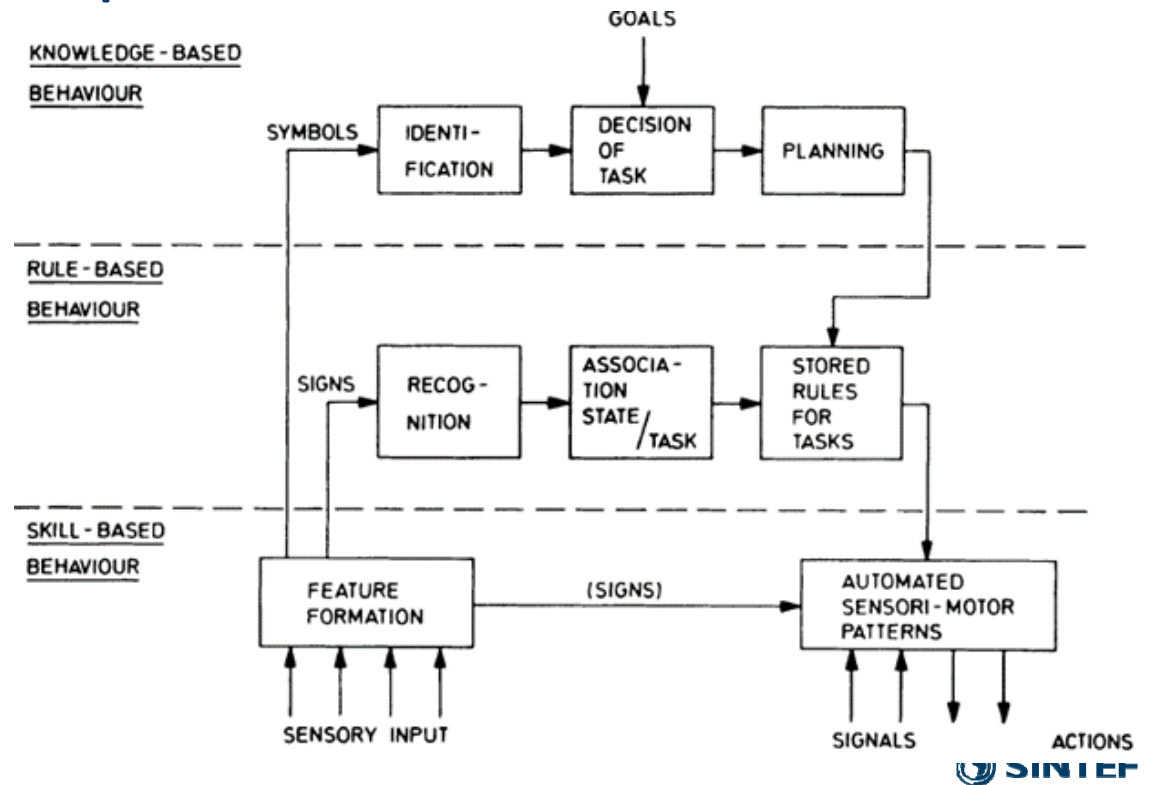


# Programmering av automatiserte kjøretøy (AK)

Operational Dynamic Driving (ODD)  
(SAE J3016)

1. Ruteplanlegging
2. Posisjonering
3. Trafikkforståelse
4. Oppførsel i trafikken
5. Styring

Rasmussen 1983. Model of operator performance





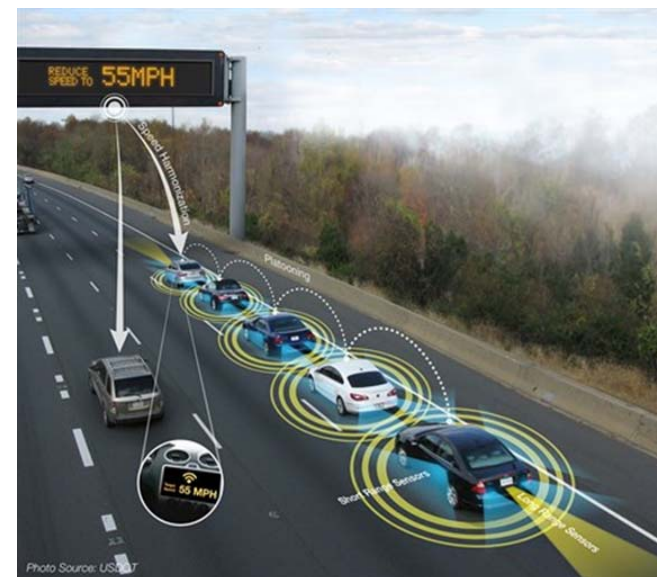
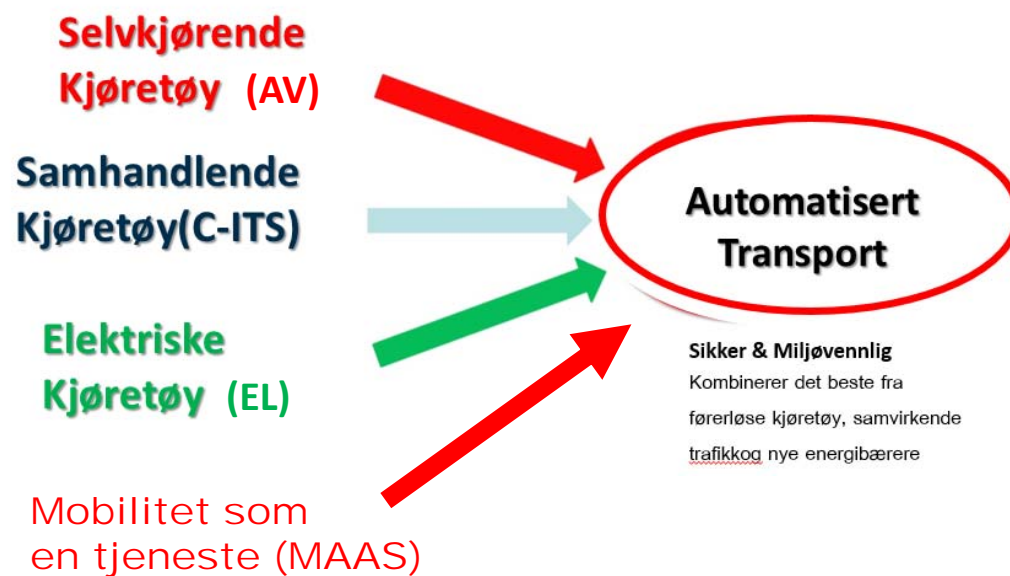
# Automatiserte kjøretøy kan operere:

---

- **Fjernstyrt** – Overvåket og / eller kontrollert utenfra
- **Autonomt** – Basert på egne sensorer og system
- **Samhandlende/sammenkoblet-** Basert på egne sensorer og annen vegtrafikk informasjon (V2X)



## Trender som muliggjør Automatisert Transport på veg



# Hvorfor skal biler være selvkjørende?

---

Blant annet fordi:

- Den aller viktigste årsaken til ulykker er at det dessverre er menneskelig å feile !
- Selvkjørende biler vil ikke gjøre menneskelige feil som for eksempel å ta høy risiko, kjøre i rus, sovne bak rattet

Innen 2050 vi 2/3 av verdens  
befolkning bo i by

---



## Starten i Europa EUREKA "*Future mobility*" 1985-2010

---



The research plan in a box from the PROMETHEUS kick-off meeting in 1987



# Applications for automotive electronics



PROMETHEUS  
Brussels,  
Nov. 30th 1987

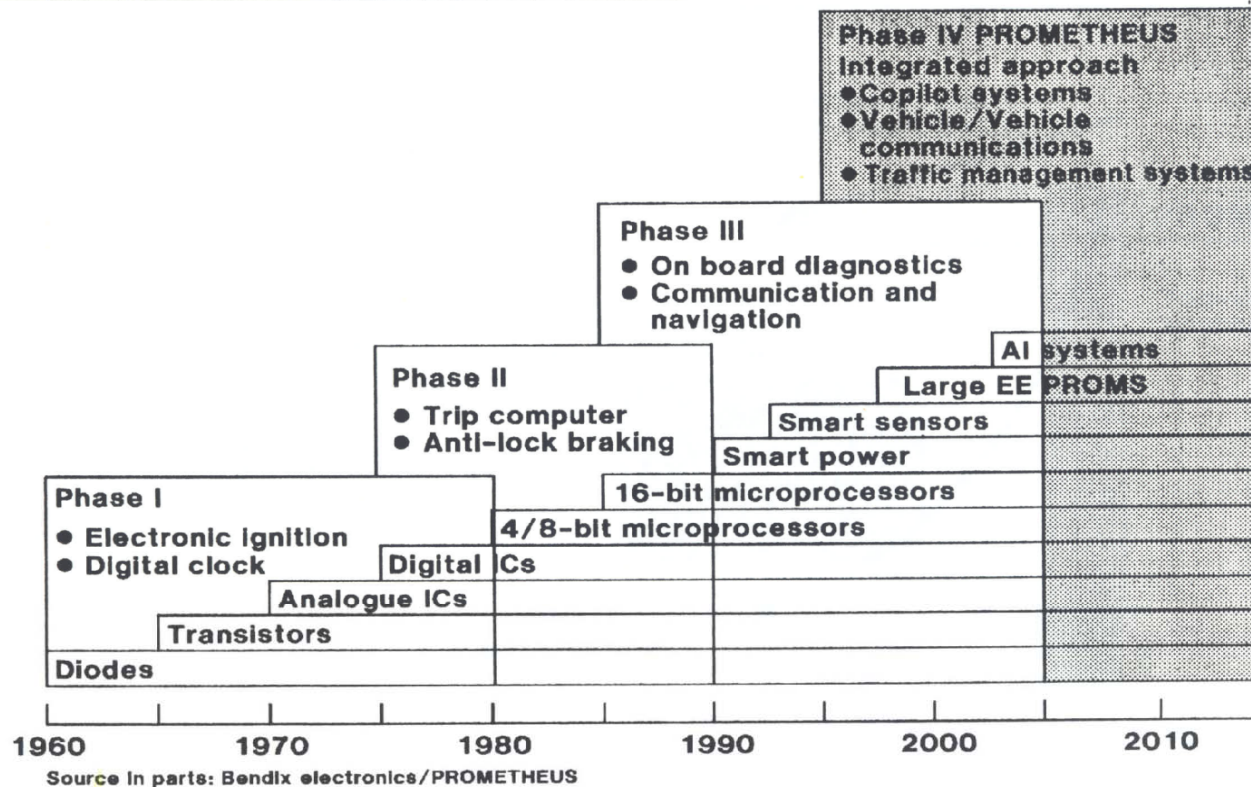
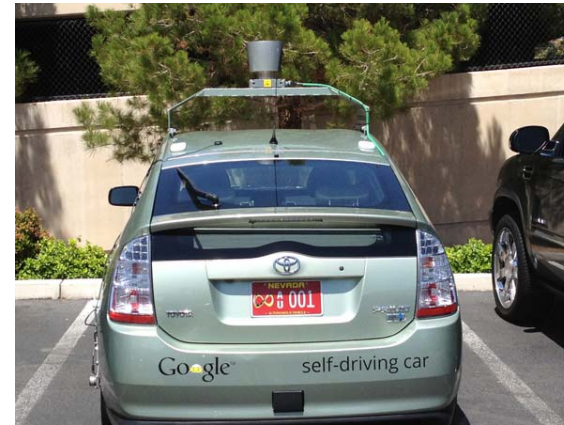


Figure 2

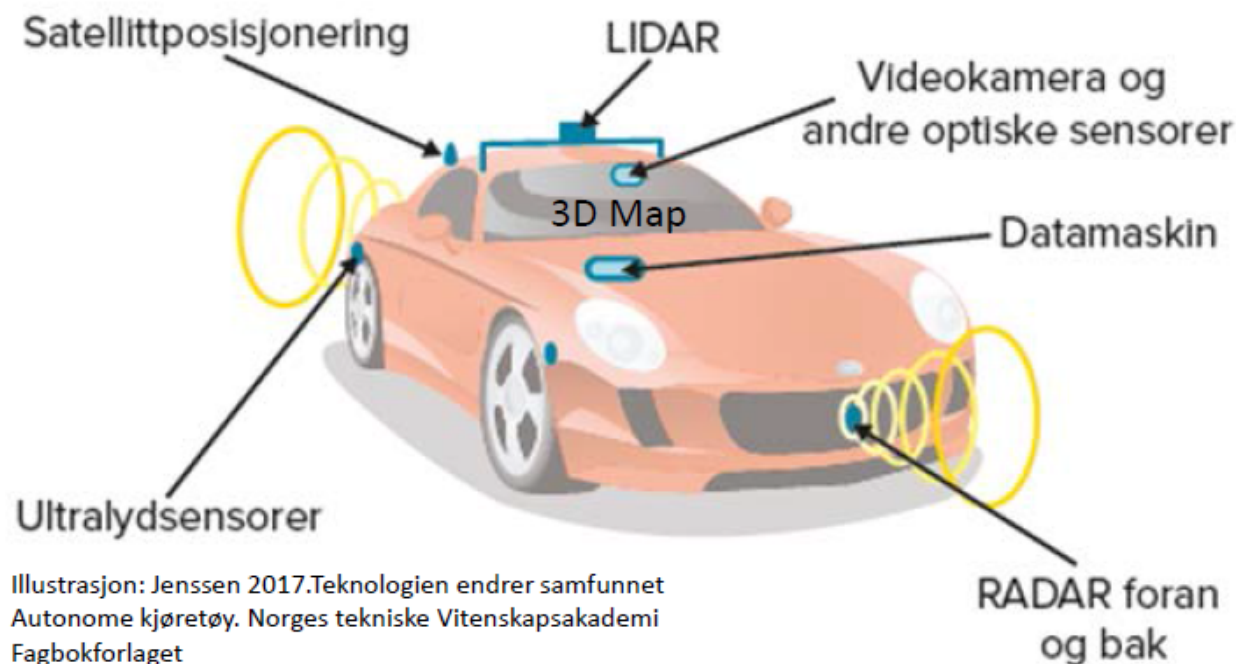
Automatisering - Førerløse kjøretøy

## Paradigmeskifte

- Nevada godkjente en lov som tillater selvstyrte biler på veger fra 1 mars 2012
- Omfattende program for testing og lisensiering
- Autonome biler må ha røde nummerkilt slik at de raskt kan identifiseres av andre
- Det første nummerskiltet ble gitt til - hvem andre?  
Google's autonome Toyota Prius prototyp
- Førerløse brøytebiler på flyvlass

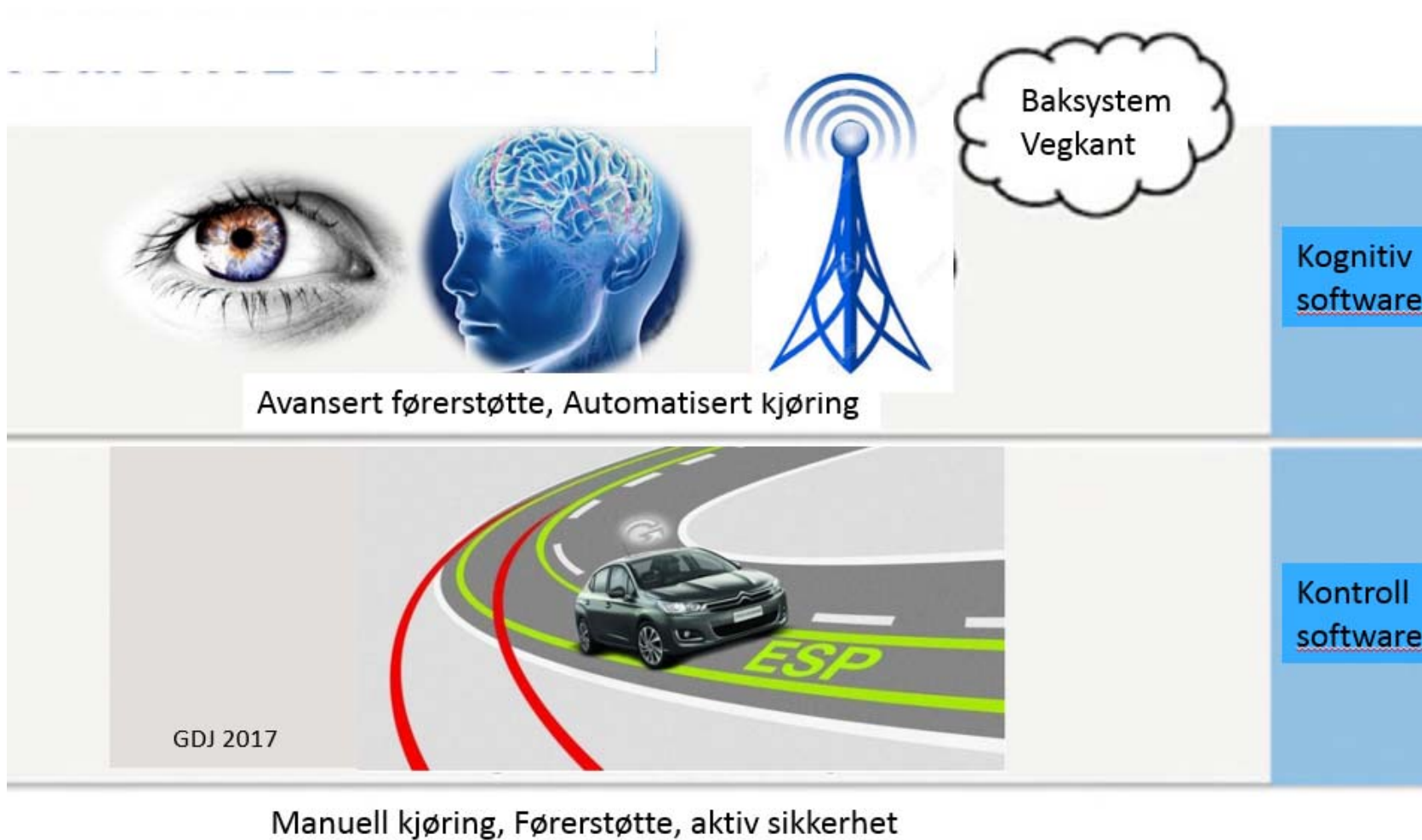


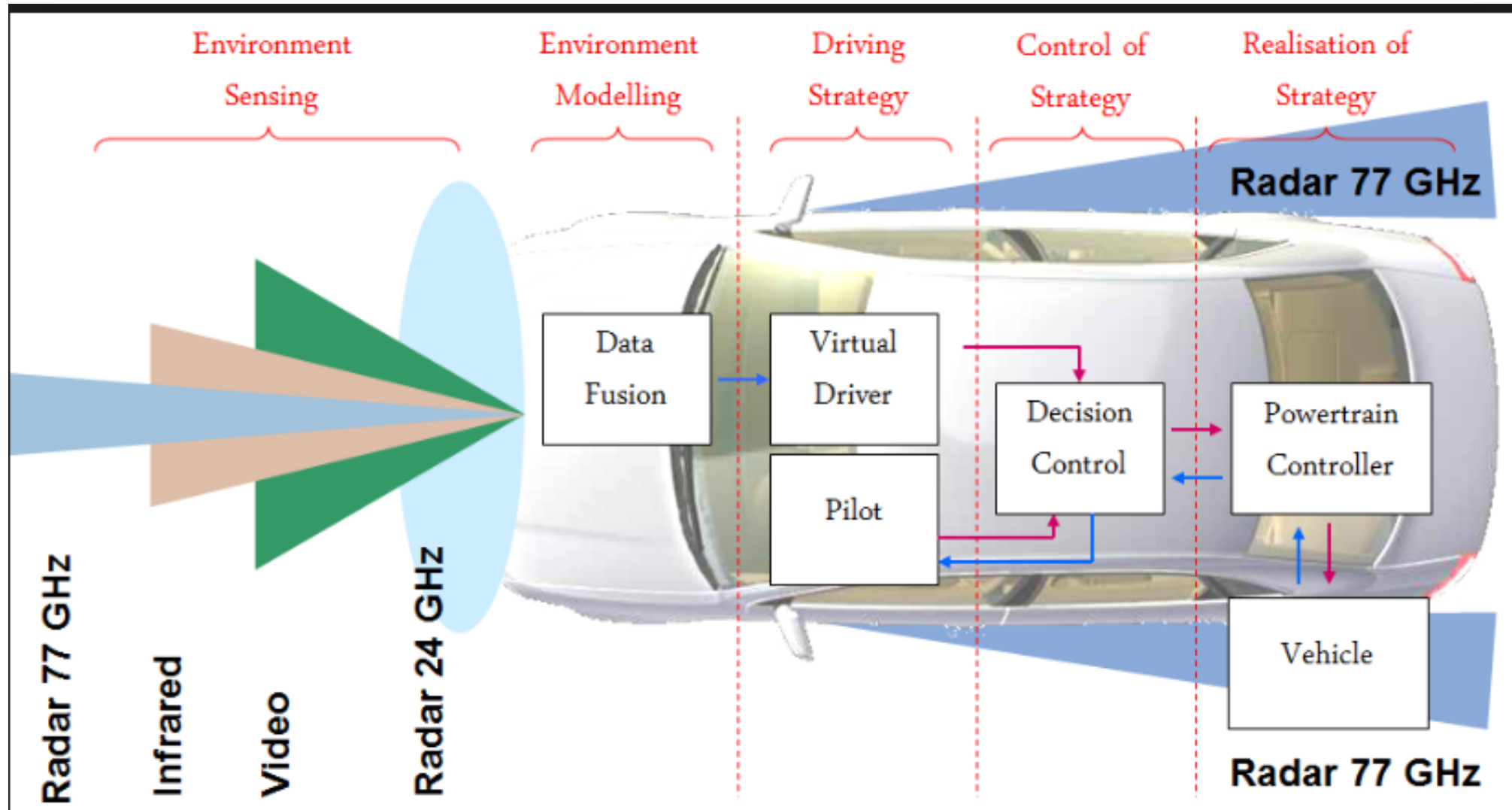
# *Teknologier og sensorer som inngår i autonome og automatiserte kjøretøy*



Illustrasjon: Jenssen 2017. Teknologien endrer samfunnet  
Autonome kjøretøy. Norges tekniske Vitenskapsakademi  
Fagbokforlaget

# Kjøretøy programvare



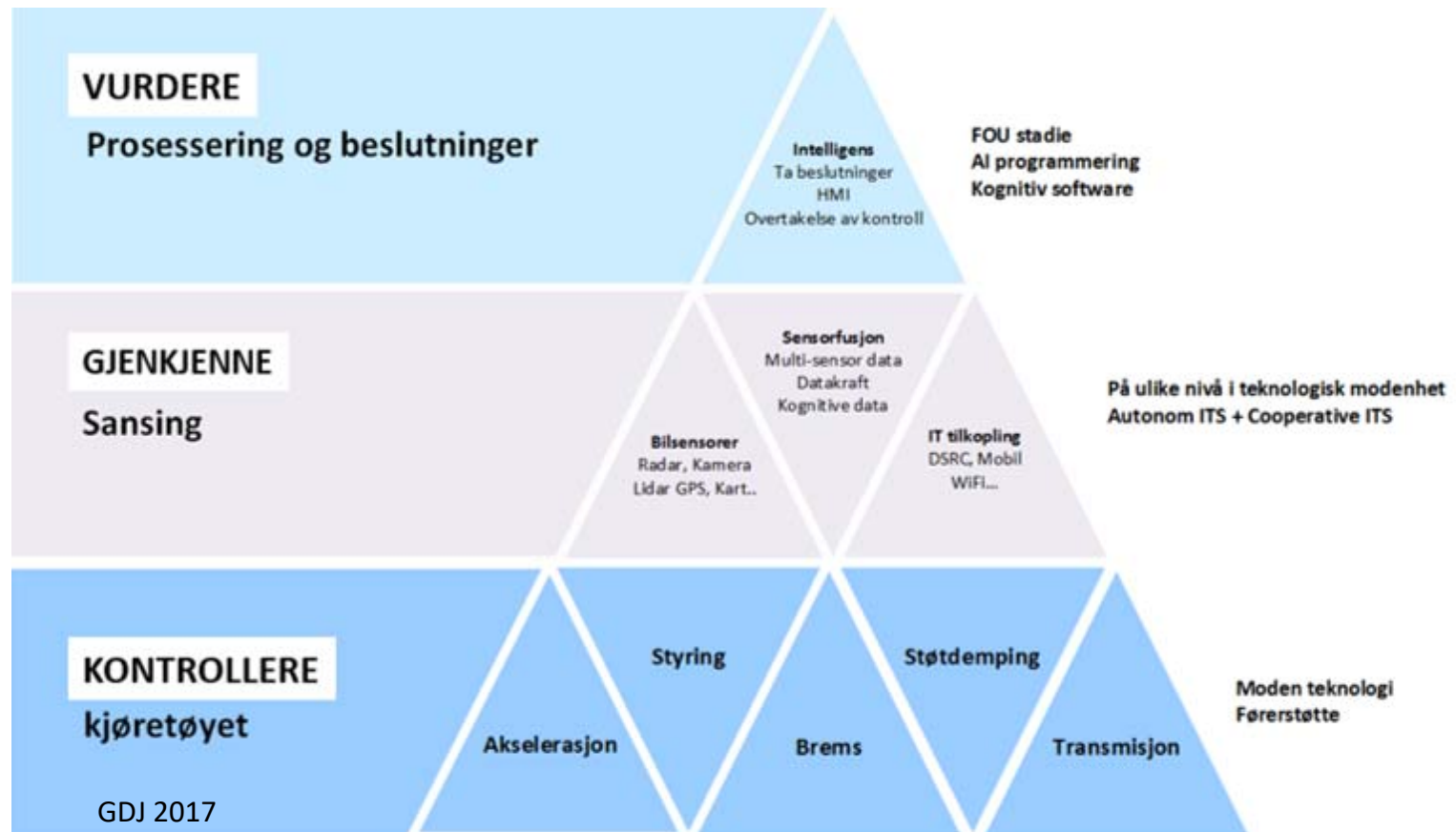


Kilde: Prof. Dr. G. Spiegelberg [http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/jarmurendszerek\\_iranyitasa\\_angol/ch03.html](http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/jarmurendszerek_iranyitasa_angol/ch03.html)



Hva vet vi om teknologiens styrke og begrensninger?

# Byggesteiner i utviklingen av automatiserte kjøretøy





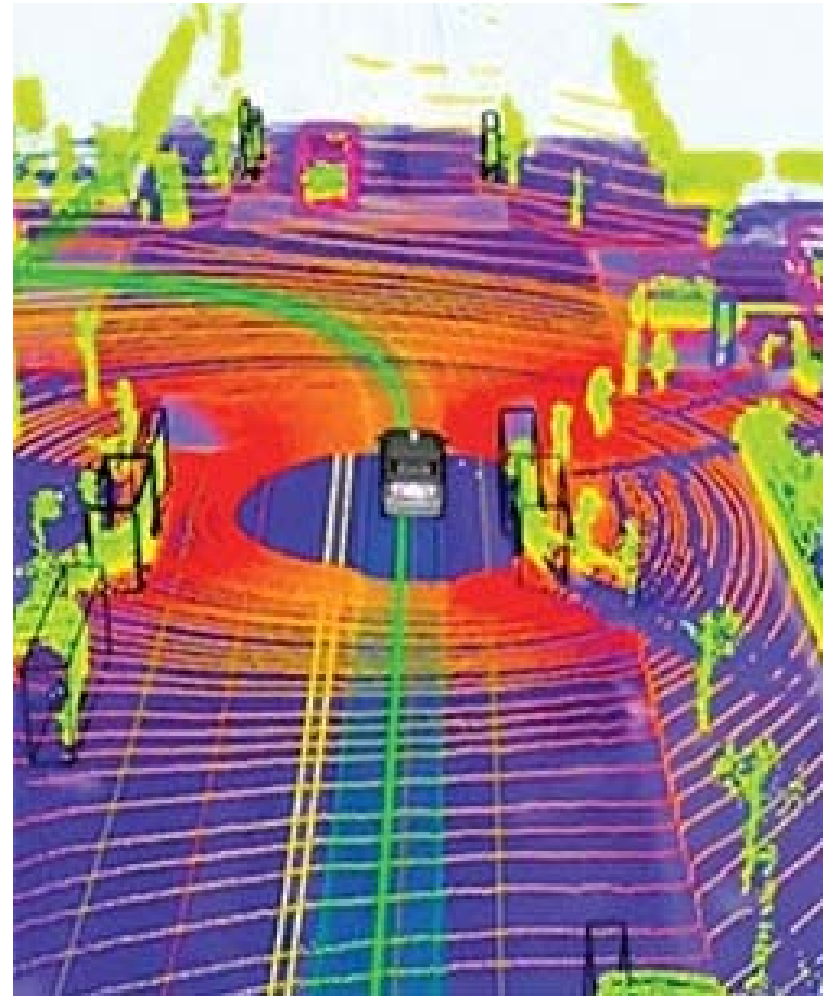


# Teknologisk status

---

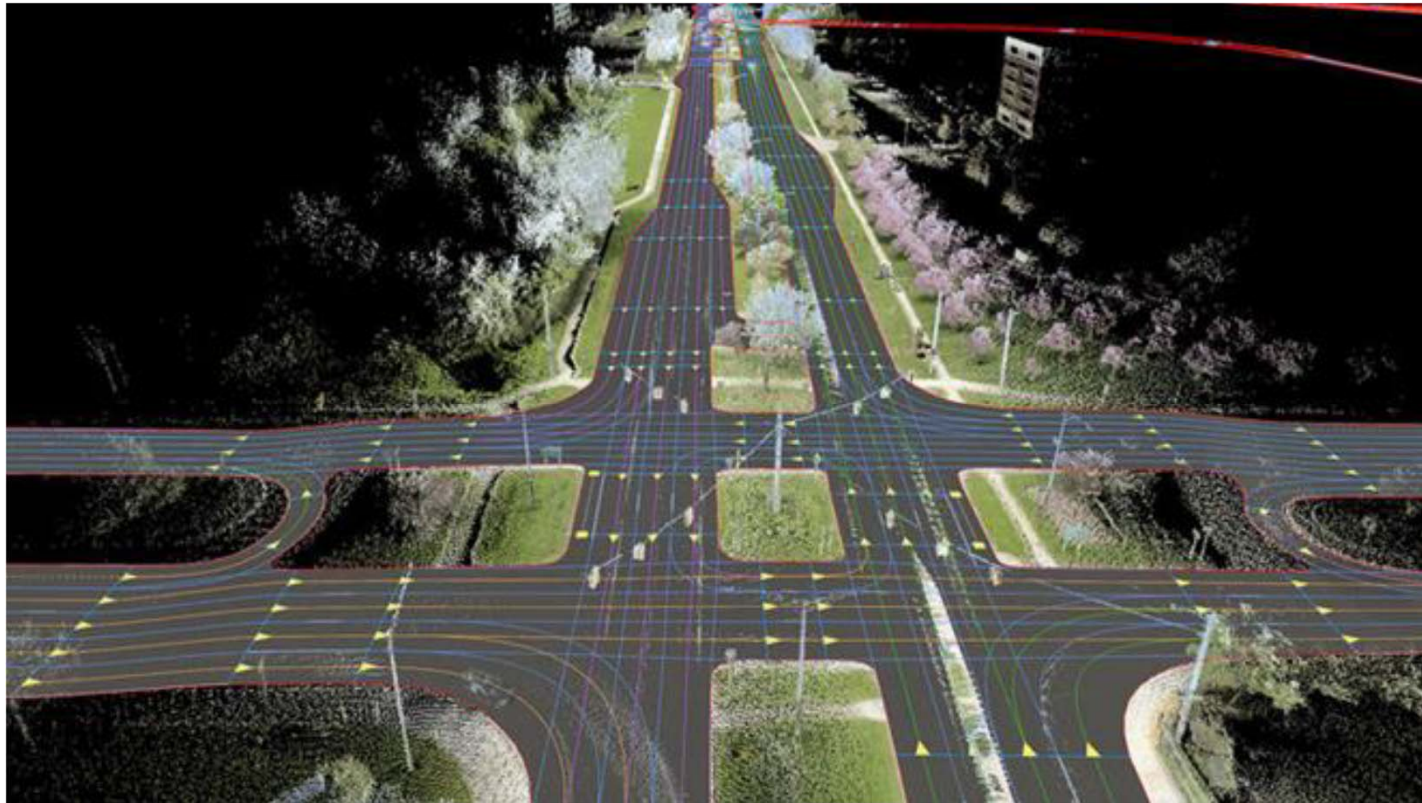
- Hva en Google bil ser når det tar en venstresving
- Utfordring med
  - Snø, støv, dugg
  - Motlys
  - Ukjente objekt
  - Broer, umerket veg, rundkjøring
  - Hacking, fjernstyring

## Lidar vision



# Detaljert 3D kart

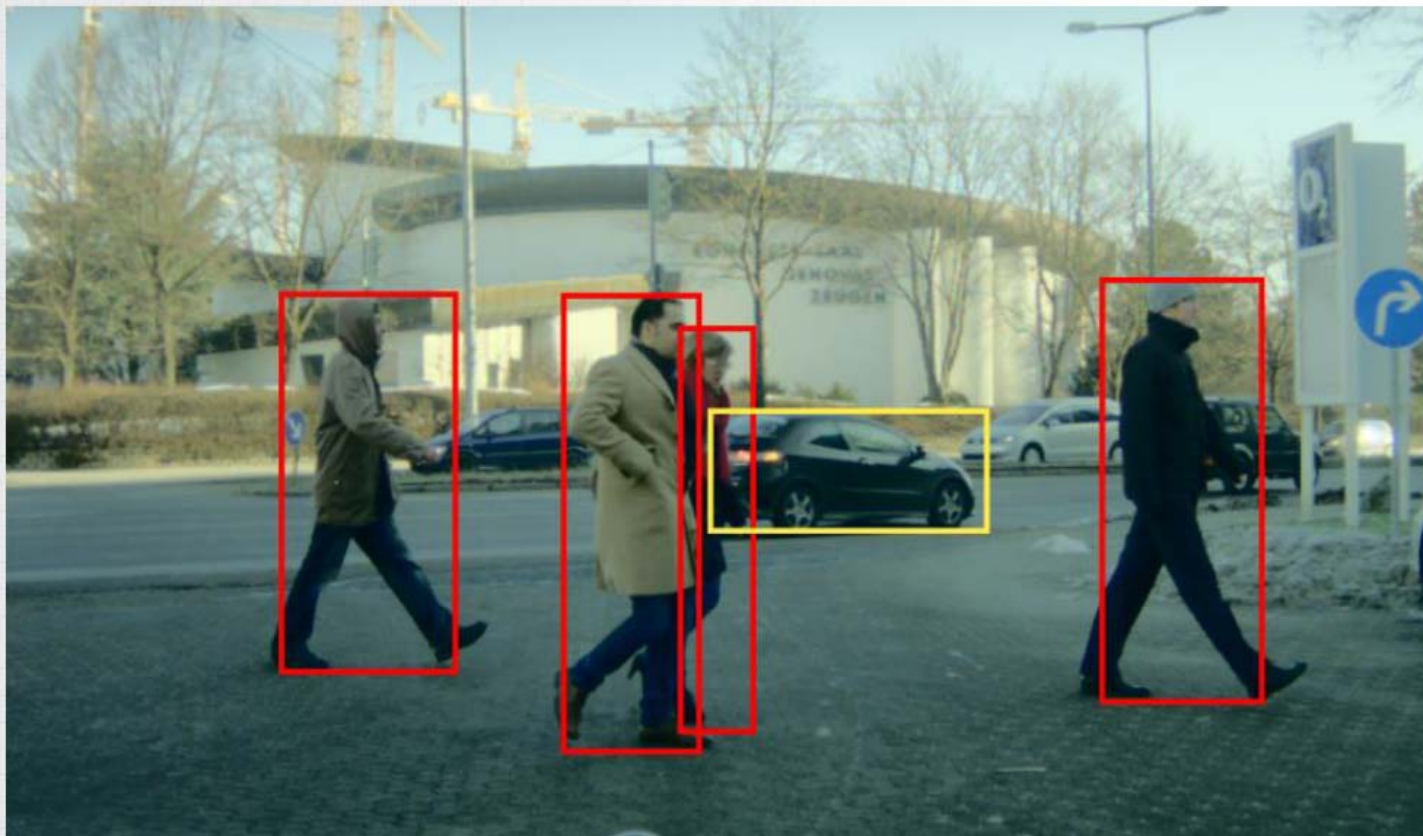
---



Detaljert: høydefinisjons-kart (HD-kart) inneholder informasjon om vegbanen, terreng, kjenne-merker i omgivelsene som gjør at bilen lettere kan orientere seg.

# Stereo kamera leverer mye informasjon

---



Kilde: Autoliv AB

# Stereo kamera leverer mye informasjon,



Kilde: Autoliv AB



# Stereo kamera leverer mye informasjon,



Beveger seg til venstre

Beveger seg til høyre

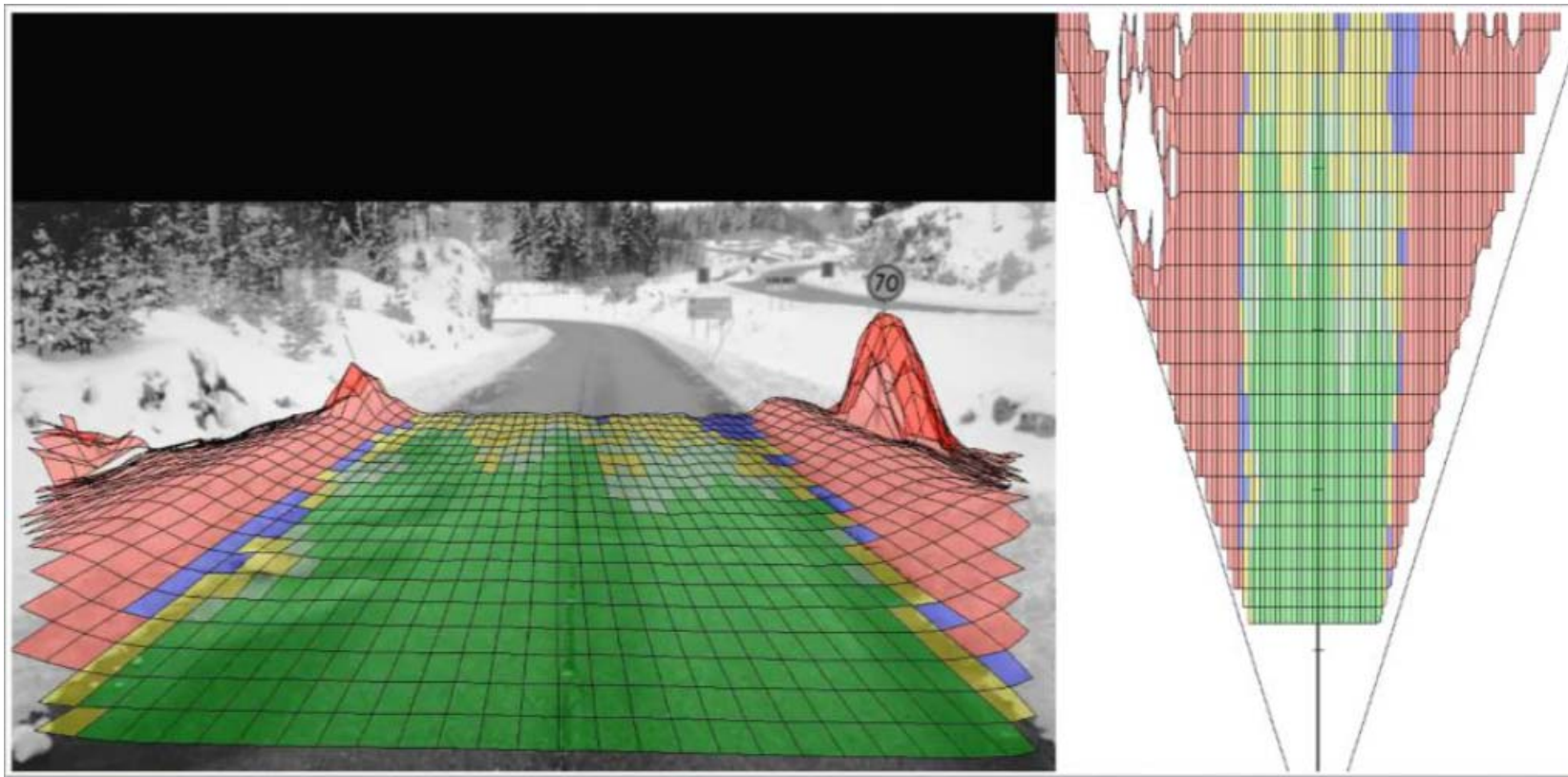
Kilde: Autoliv AB

# Stereo kamera, deteksjon av "kjørbare flater", sommer



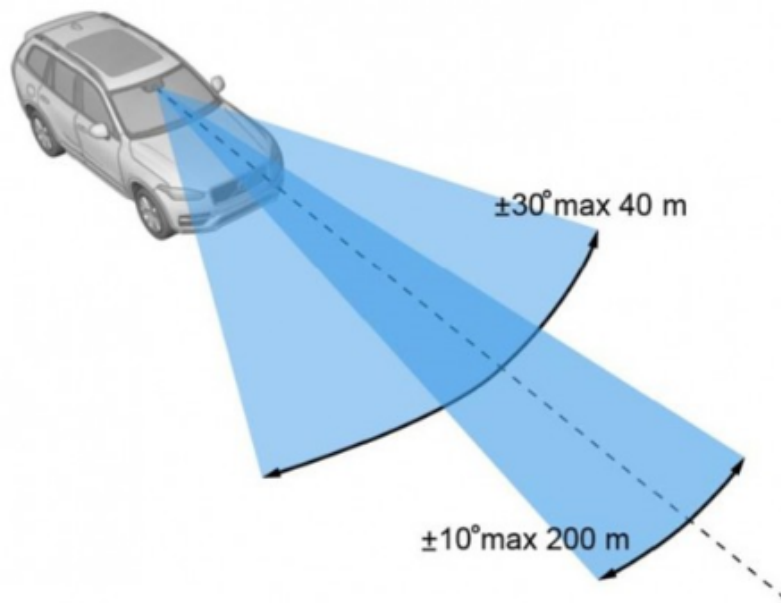
Kilde: Autoliv AB

# Stereo kamera, deteksjon av "kjørbare flater", vinter



Kilde: Autoliv AB





Source: Volvo Car Group and Delphi Automotive

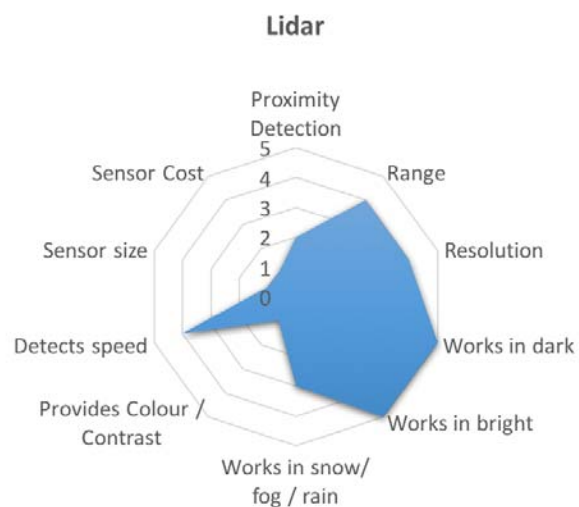
## Radar and Camera system (RACam) inside the wind shield

- The RACam module on Volvo XC 90 has two fields of view-short range 40m ahead, 30 degrees either side of centre line and longer range up to 200m, 10 degrees either side of center line.
- The short range radar combined with the camera eliminates the need for a LIDAR sensor.

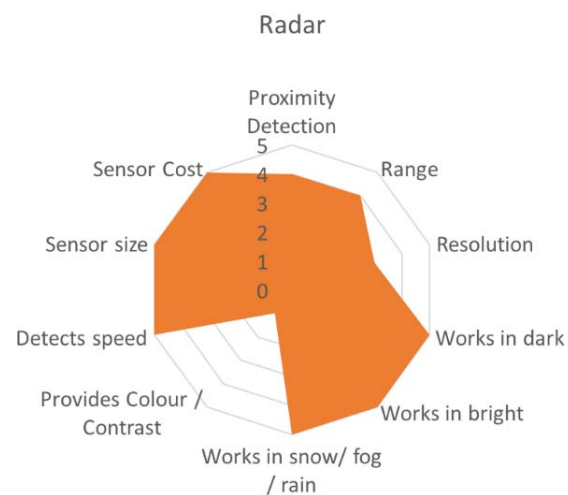
Hva vet vi om  
teknologiens styrke og  
begrensninger?

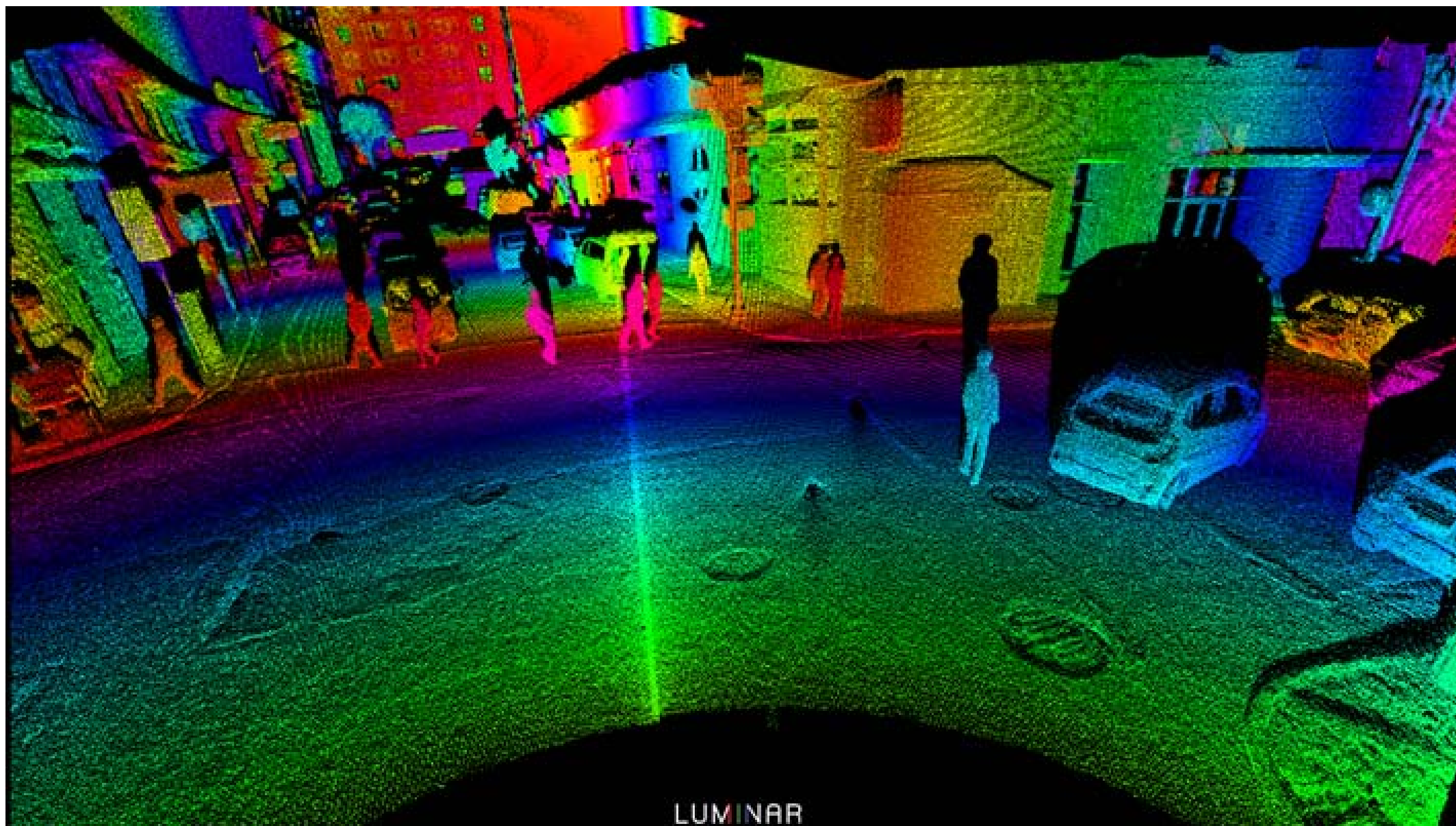
# Er det et spørsmål om teknologi?

Google



Tesla





# Hva vet vi om ulykker med høyt automatiserte selvkjørende kjøretøy?

- Kjørt 3 millioner miles på lukket område og offentlig veg
- 21 Ulykker pr. 2018
- 17 påkjøring bakfra

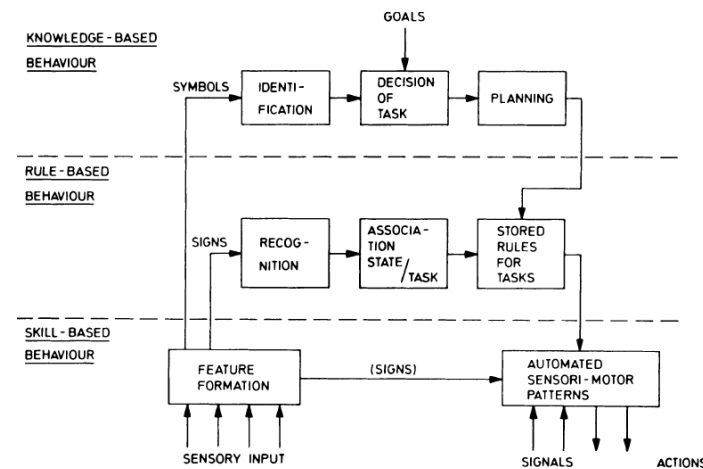


# Mismatch: Atferd og forventninger

Normative versus formative

## ~~Operatioal~~ Dynamic Driving (ODD) Model (SAE J3016)

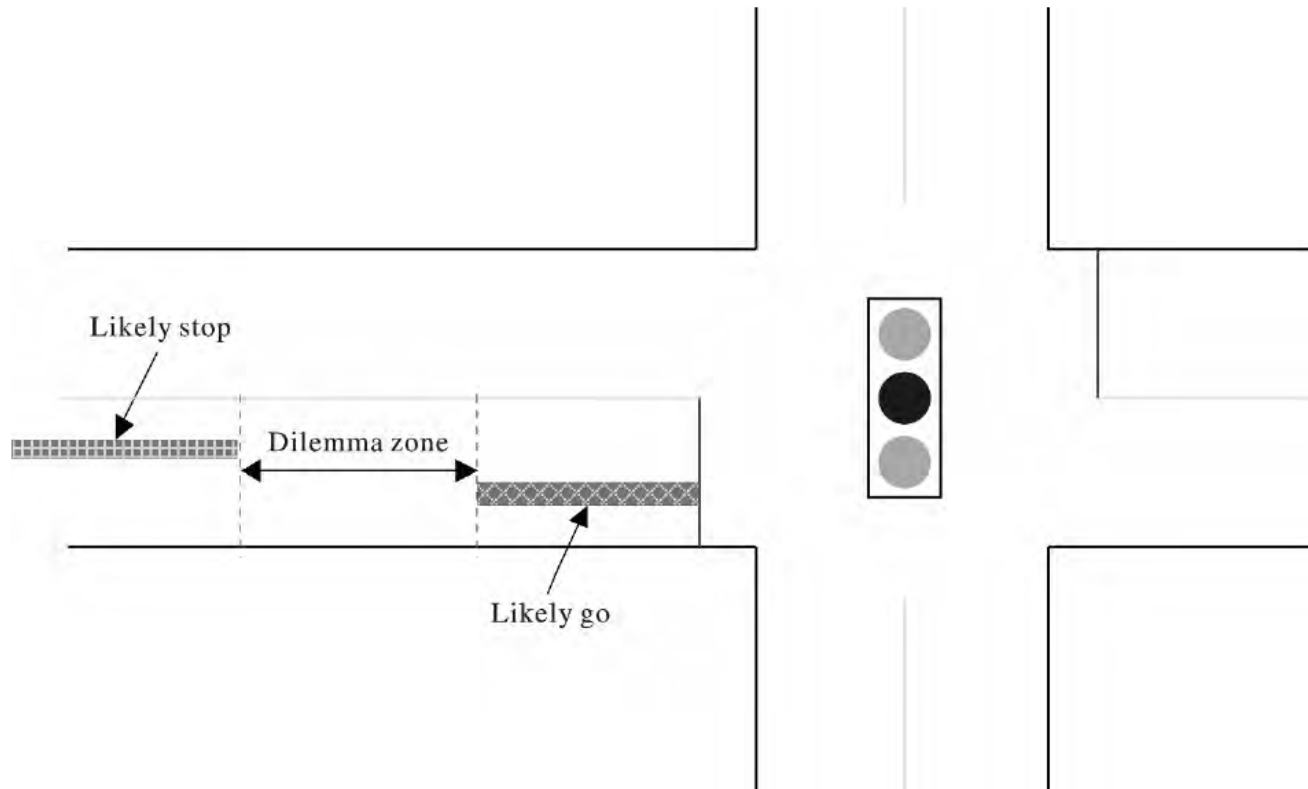
1. Ruteplanlegging
2. Posisjonering
3. Trafikkforståelse
4. Oppførsel i trafikken
5. Styring



Rasmussen 1983. Model of operator performance

# Dilemma Zone, Google patent 4. februar 2016:

---



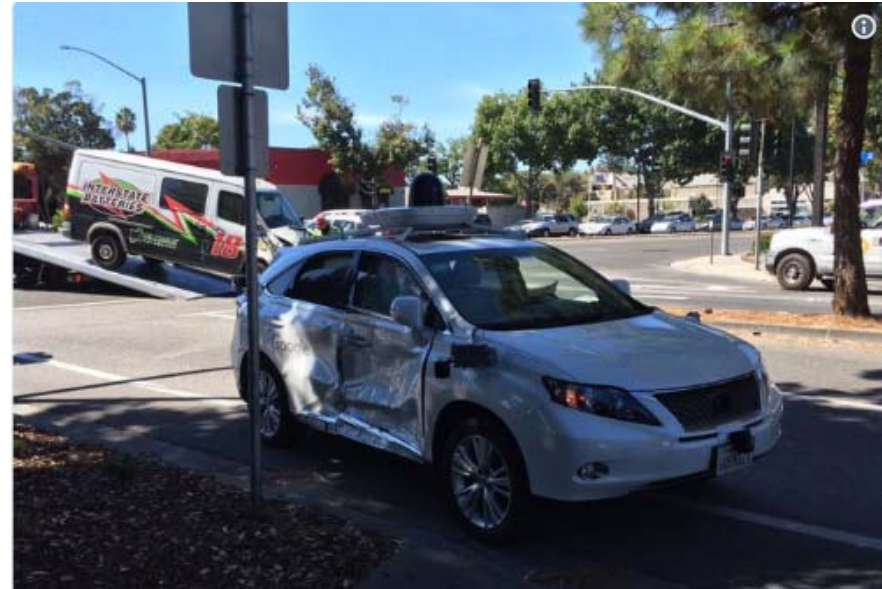


## Google self-driving car in broadside collision after other car jumps red light

September 2016



One of Google's self-driving Lexus SUVs was hit in the side by a driver running a red light. Photograph: Tony Avelar/AP



Google car speed 20mph  
Other car speed 30mph

Google says:

*"Our light was green for at least six seconds before our car entered the intersection."*

*" Thousands of crashes happen everyday on US roads, and red-light running is the leading cause of urban crashes in the US. Human error plays a role in 94% "*

Hva vet vi om teknologiens styrke og begrensninger?

# Driver in China Autopilot crash blames Tesla's 'self-driving' pitch

Model S driver escapes injury but blames automaker, report says



# Tesla kolliderer med brannbil (jan 2018)

---

- [https://www.linkedin.com/redir/redirect?url=https%3A%2F%2Fwww%2Emercurynews%2Ecom%2F2018%2F01%2F22%2Ftesla-on-autopilot-slams-into-parked-fire-truck-on-freeway%2F&urlhash=ouKg&t=tracking\\_anet](https://www.linkedin.com/redir/redirect?url=https%3A%2F%2Fwww%2Emercurynews%2Ecom%2F2018%2F01%2F22%2Ftesla-on-autopilot-slams-into-parked-fire-truck-on-freeway%2F&urlhash=ouKg&t=tracking_anet)

- Mercury news, January 22 2017

***Tesla on autopilot slams into parked fire truck on California freeway***

# Tesla dødsulykke i Kina (sept 2016)

## Tesla autopilot crash in China -YouTube

Video for tesla fatal china▶1:21

<https://www.youtube.com/watch?v=fc0yYJ8-Dyo>

15. sep.2016 -LastetoppavGBTIMES

A Chinese family has sued US carmaker Tesla for a fatal crash that may have been caused by the company's ...





Hva vet vi om teknologiens styrke og begrensninger?

# Driver killed in Tesla crash

Florida May 2016 – Joshua Brown





Tesla ulykken med Autopilot, Jenssen 2017

# Hvit trailer truck av den typen Joshua Brown kolliderte med



Tesla ulykken med Autopilot, Jenssen 2017

# TESLA, SAE Nivå 2, bremses ikke...

---

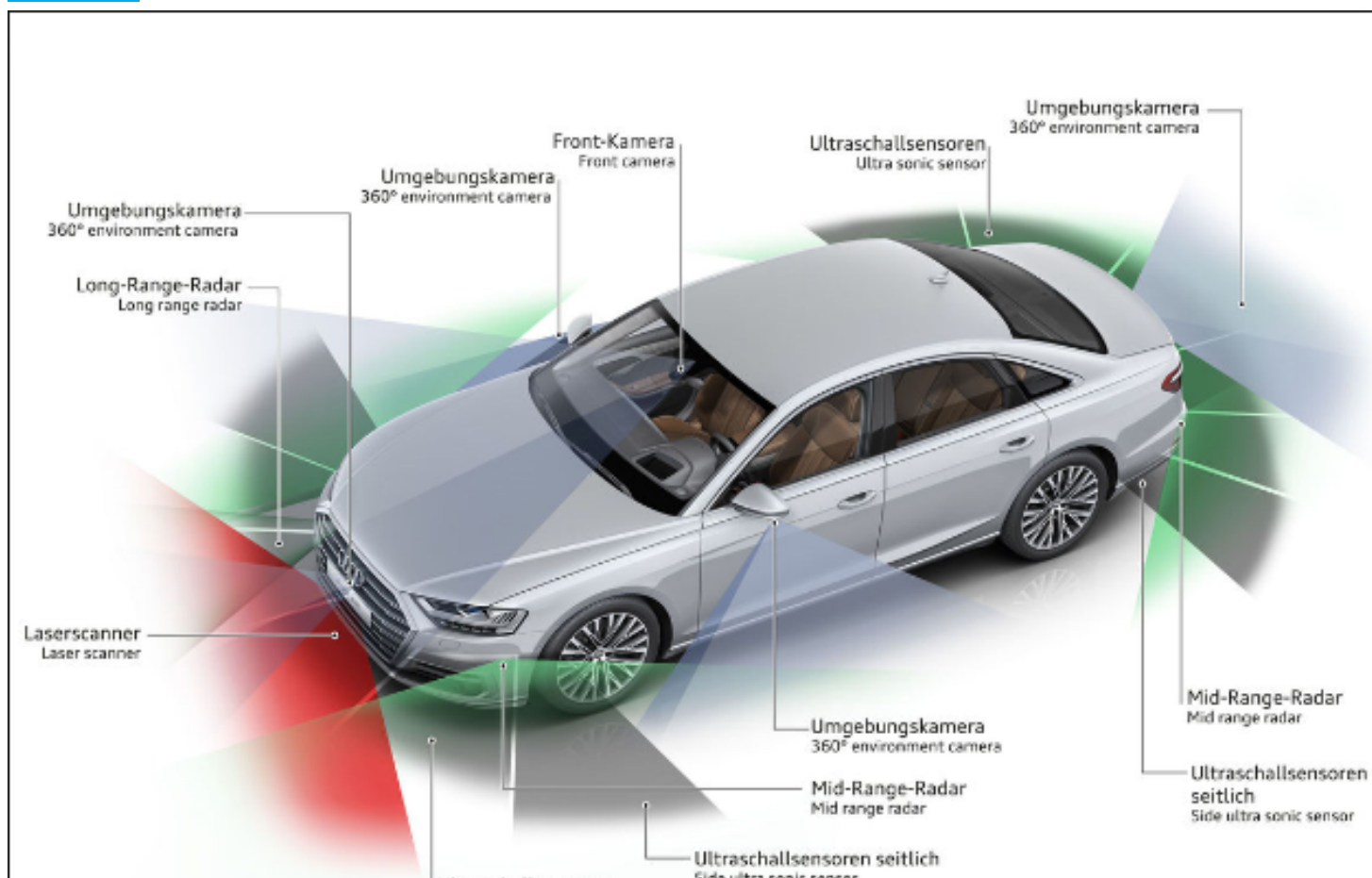
Bremser ikke



Bremser

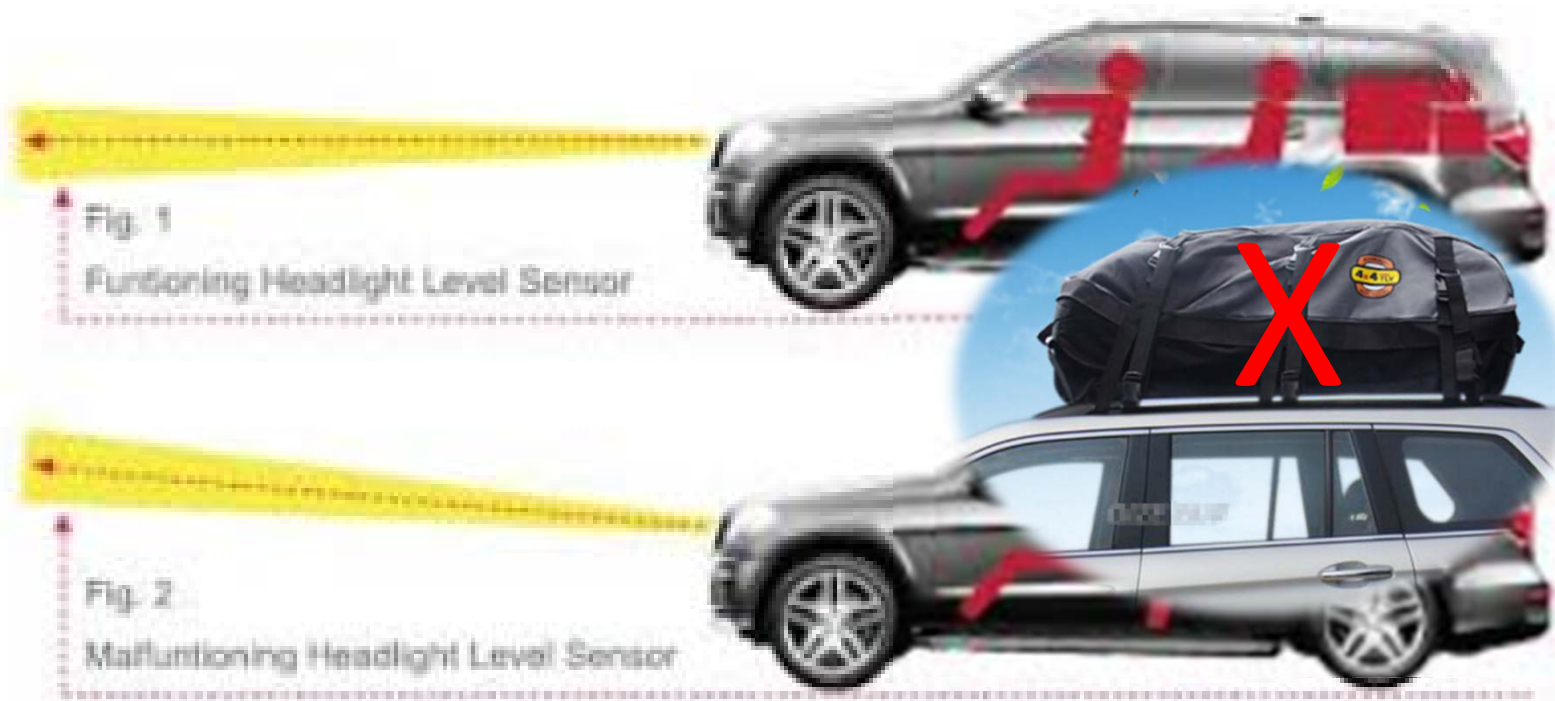


# Audi A8



# Vertikal sensors

---



## Robot traller (AGV)

Operativt i 13 år på  
St. Olav Hospital

De kommuniserer med  
deg på trøndersk!!

*"Robot tralle på vei"*

*"Pass dæ no kjæm æ"*

*"Deinn heisen e min"*



# Bilindustrien tar ansvar

---

Sagt av Hakan Samuelsson februar 2016- Volvo Car Group President og CEO

- *Volvo vil ta på seg fullt ansvar når en av våre biler er i selvkjørende modus. Vi er en av de første bilprodusentene i verden som gir et slikt løfte.*



# NÅR "SKJER DET"?

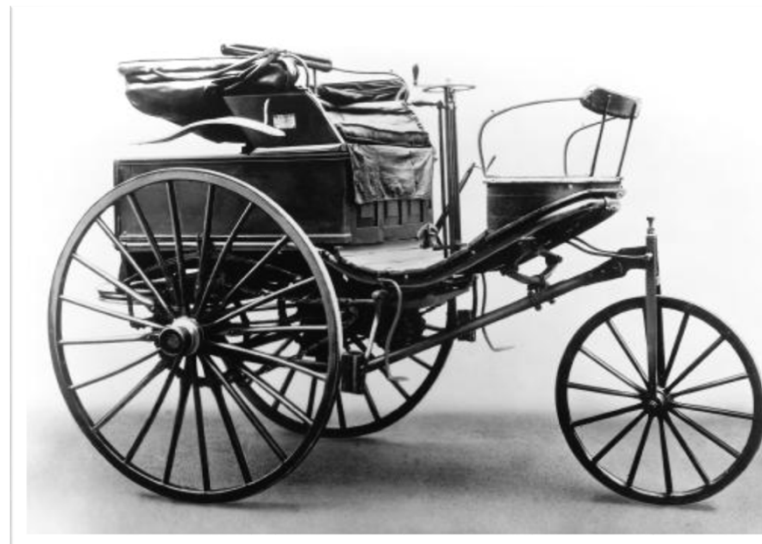


# Historisk tilbakeblikk

---



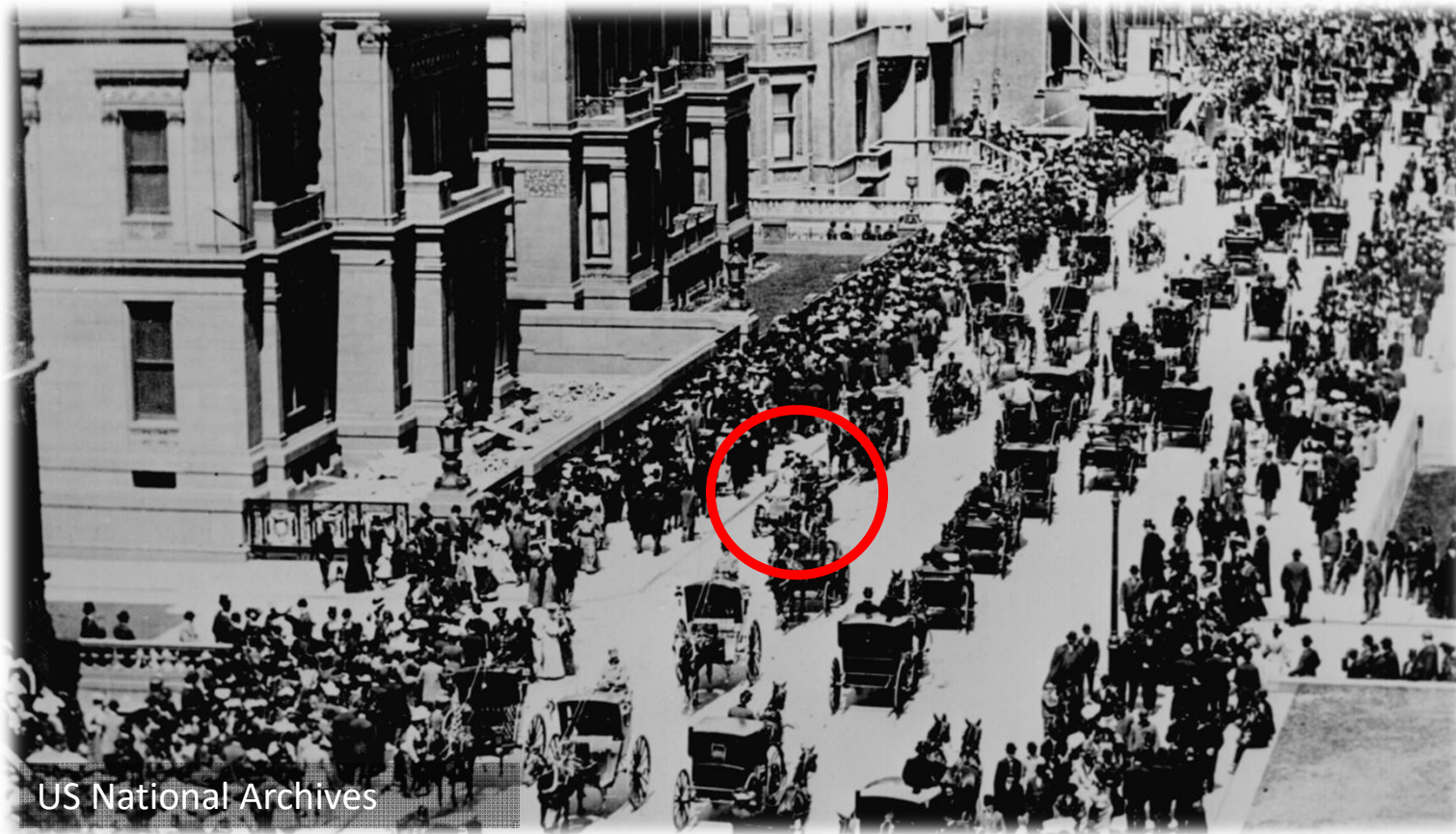
Hest og vogn fra 1890



Carl Benzs patenterte motor-  
kjøretøy fra 1886

# New York påsken 1900, hvor er bilen?

---





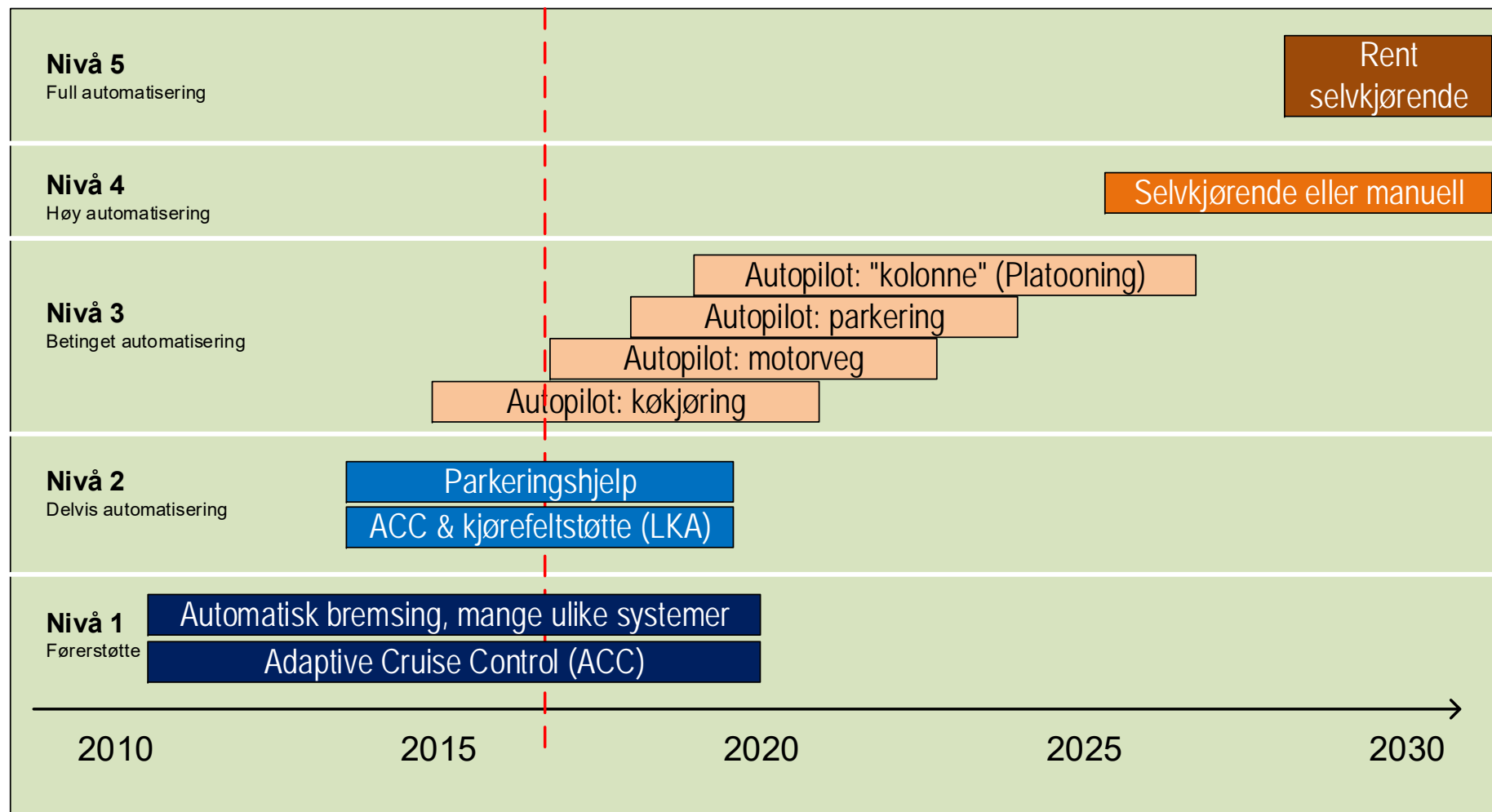
# New York påsken 1913, hvor er hesten?

---



George Grantham Bain Collection

# Utviklingen i autonom transport



# Utviklingen i autonom transport



Feet off

2000



Hands off

2015



Eyes off

2018



Mind off

>2020

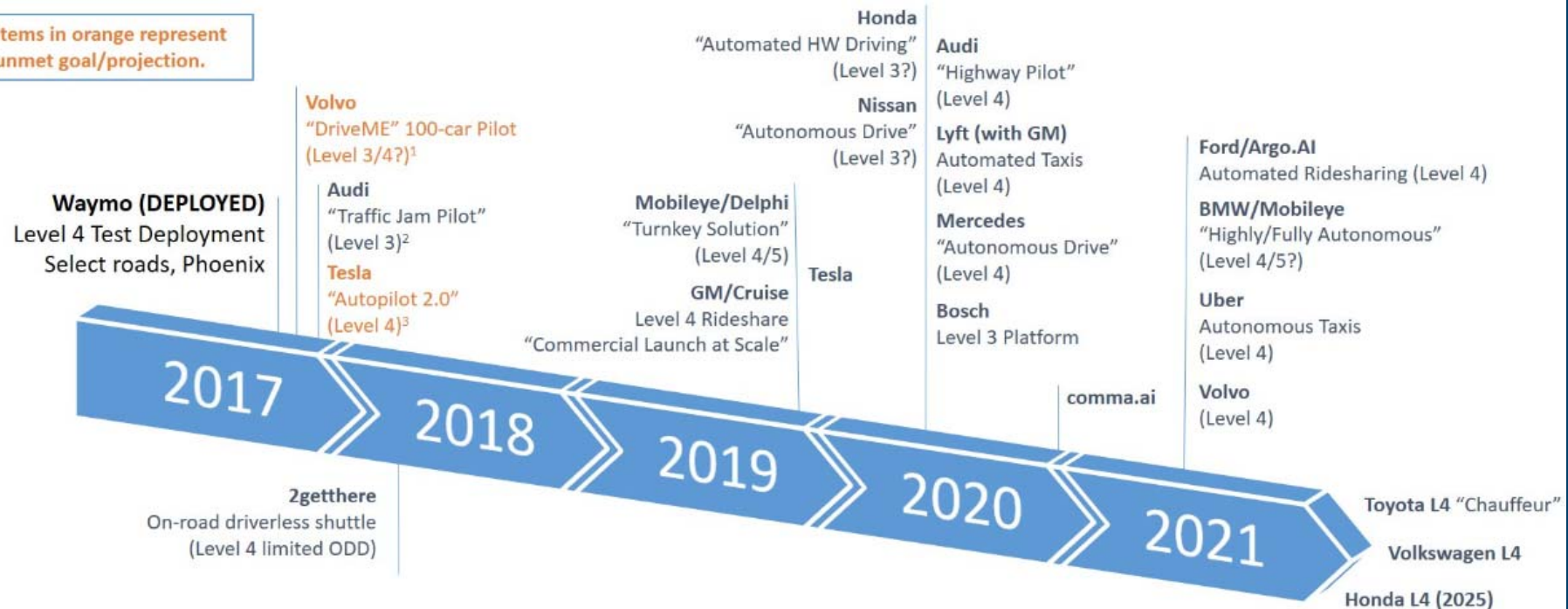
Kilde: Autoliv AB



# Deployment Timeline

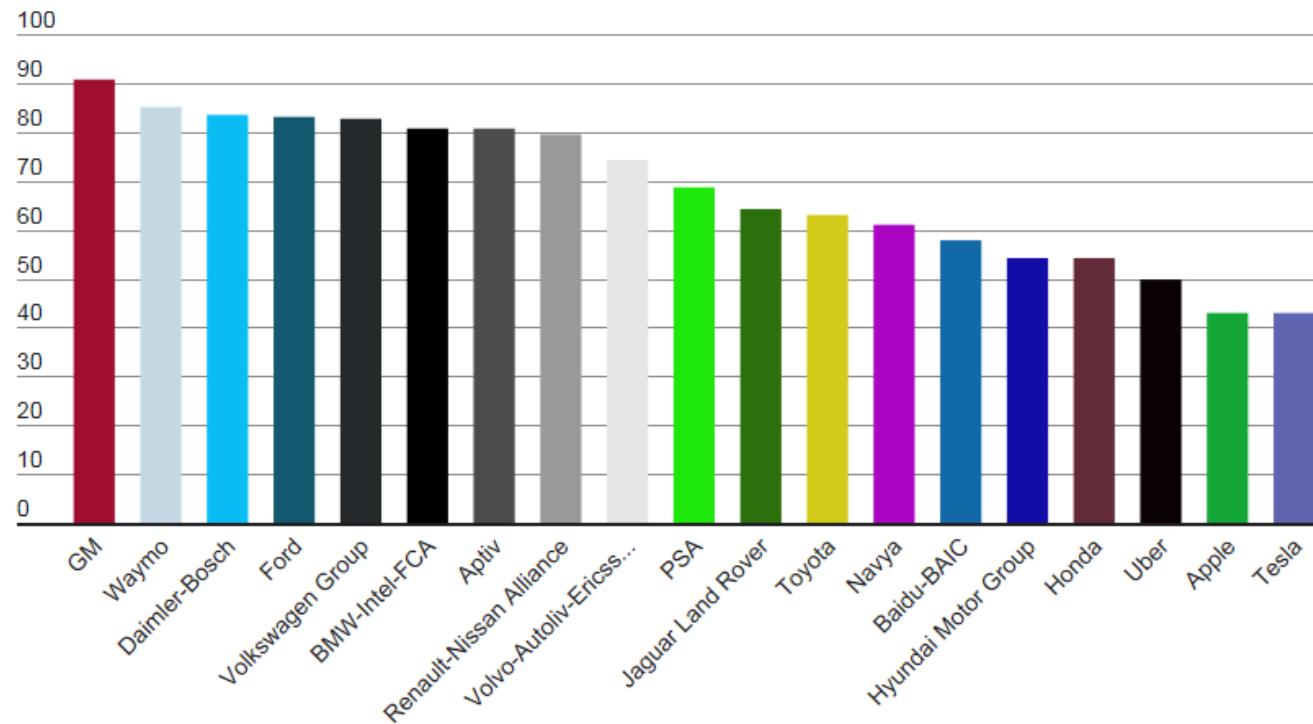
## Automated Driving Systems (SAE J3016 Levels 3-5)


Items in orange represent unmet goal/projection.



**Notes:** 1) Volvo's DriveME Pilot started in December 2017 with two level 2 consumer-available vehicles. 2) Despite confusion, Audi's level 3 Traffic Jam Pilot appears to not yet be consumer available. 3) Tesla CEO Elon Musk announced at NIPS conference in December 2017 that self-driving Teslas were two years away.

## Slik rangerer Navigant de ulike selvkjørende-selskapene



 [Download data](#)

Kilde: Navigant Research Leaderboard: Automated Driving Vehicles

# Hvordan vil dette påvirke oss?

Uforutsette effekter?

## Nuro launches fully autonomous delivery vehicle

- A self-driving vehicle created specifically for goods deliveries
- The new company was founded by two ex-Google engineers, Dave Ferguson and Jiajun Zhu
- Have raised US\$92m in two rounds of funding.



# Catch terrorists

- Police surveillance
- Police investigating a crime will ask AVs in the vicinity what they saw



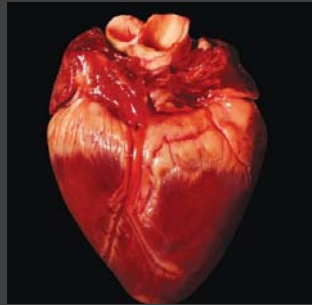
A different world

Self-driving cars will profoundly change the way people live

Foreseen and unforeseen consequences



# Organ donor shortage



- AVs could also trigger a shortage of organ donors (many of whom are young people killed in car accidents) and a drop in smoking (more than half of all tobacco sales in America are made at petrol stations, which will vanish, notes Mr Evans). And if cars are no longer symbols of independence and self-definition for the young, other things will have to take their place. Like cars before them, AVs will change the texture of everyday life.

A different world

## Self-driving cars will profoundly change the way people live

Foreseen and unforeseen consequences



# Fire Trender

- SELVKJØRENDE KJØRETØY

- Automatisk og selvforsynt med data
- Sjøføravlastning

- SAMVIRKENDE SYSTEMER

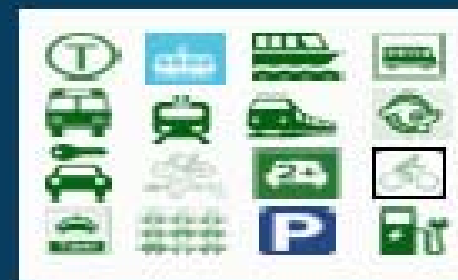
- Selvforsynt og sammenkoblet
- Enkel posisjonering og navigering

- MOBILITY AS A SERVICE

- Deling av transportressurser
- Sømløs transport

- ELEKTRISKE KJØRETØY

- Enkle og driftsikre
- Kobles til el-nettet- fornybar energi





# Fire Trender

- SELVKJØRENDE KJØRETØY

- Automatisk og selvforsynt med data
- Sjøføravlastning

- SAMVIRKENDE SYSTEMER

- Selvforsynt og sammenkoblet
- Enkel posisjonering og navigering

- MOBILITY AS A SERVICE

- Deling av transportressurser
- Sømløs transport

- ELEKTRISKE KJØRETØY

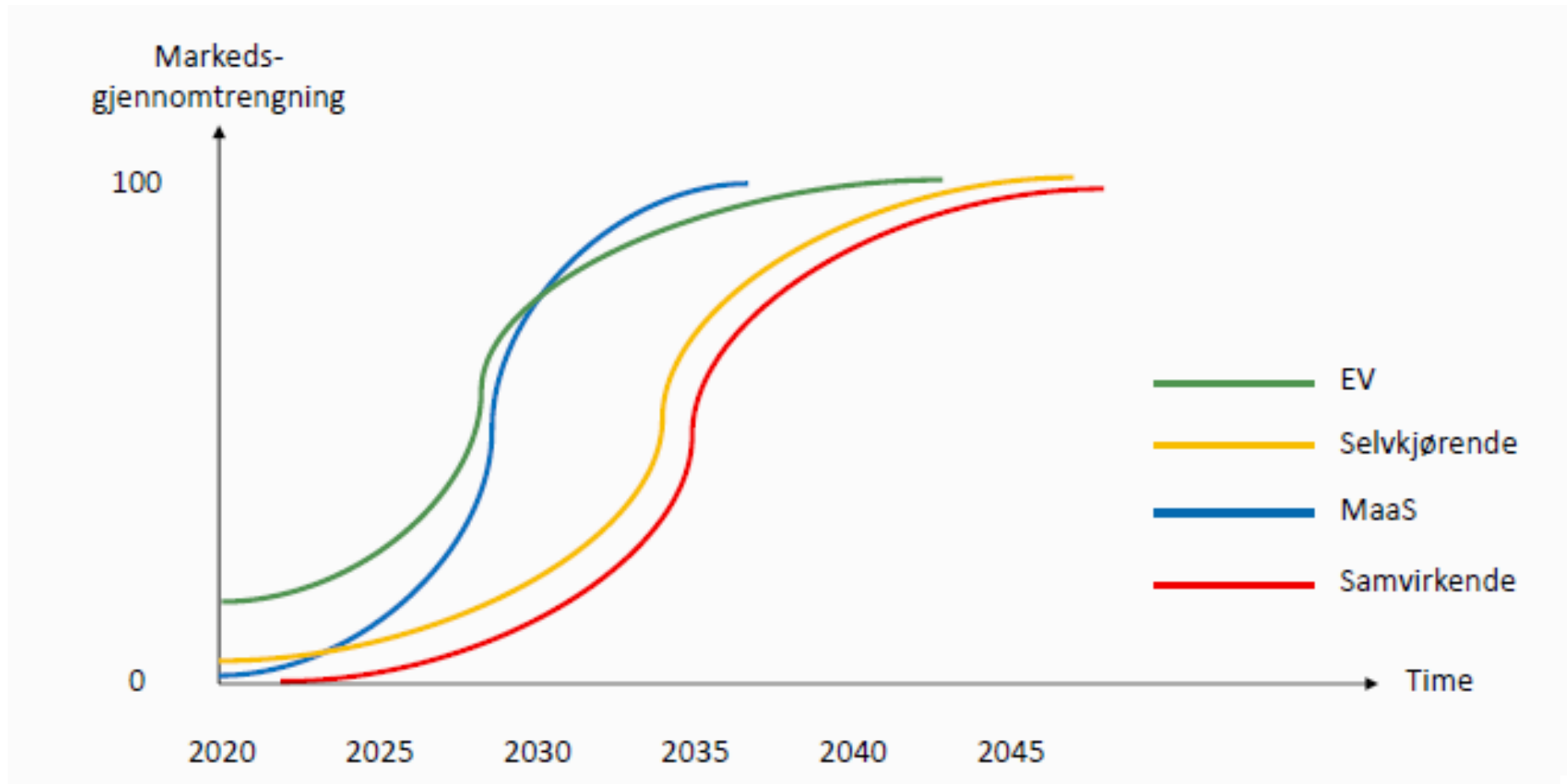
- Enkle og driftsikre
- Kobles til el-nettet- fornybar energi

- NULL ULYKKER

- FRIGJØRING AV AREAL

- NULL UTSLIPP

# Muligheter for nyutdannende en lang periode



# Refleksjon

## 1. Hvordan bør automatiserte kjøretøy oppføre seg

- Følge alle regler til punkt å prikke?
- Ta med seg unotene som vanlige sjåfører har?

## 2. Hvordan skal andre "manuelle biler" forholde seg til automatiserte kjøretøy?

- Bør kjøretøy varsle andre om at det er i autonom modus?
- Hva med føreropplæringen rundt dette?

## 3. Hvordan skal automatiserte kjøretøy kommunisere med myke trafikanter, og i "gentlemans" situasjoner (fletting, vike, mm)





Teknologi for et bedre samfunn

[gunnar.d.jenssen@sintef.no](mailto:gunnar.d.jenssen@sintef.no)