

**FORGRUNDS-
VIDEN**

**SKODROBOT-
PROJEKTET**



KORT OM BAGGRUND

- En samfundsmæssig udfordring.
- 4,5 trilliarder skod i naturen på verdensplan om året (10^{21})
- 9 millioner i DK om dagen
- Der bliver smidt 12 skod i sekundet i Aarhus Kommune
- Indeholder mikroplast og tungmetaller



KORT OM BAGGRUND

- Det koster Aarhus Kommune 3 kr. for hvert cigaretskod der opsamles.
- EU-lovgivning omkring "Extended Producer Responsibility" kan give en mulighed for at holde producenterne ansvarlige og dække udgiften til opsamling af affald (gælder fra 2023).
- Aarhus har de rette betingelser for at udvikle- og afprøve en teknologibaseret løsning (5G, TAPAS, Robotkørebane)
- Projektet bidrager til udvikling af lokale og nationale robotvirksomheder.
- Projektet giver mulighed for at afprøve autonome køretøjer i byrum

PROCES



- Projektdeltagere:
 - KK Tech: Klaus Kaack
 - Capra Robotics: Mads Bendt (CINO), Alexander Scharfe, Niels Jul (CEO)
 - MTM: Anders Laursen (Ren By)
 - MKB: Anders Krogsager (ITK)
 - MKB: Projektleder Søren Tranberg (ITK)
- Online projektmøder hver 14. dag – ca. 1 time. Suppleret med fysiske møder
- Møde med OPI-leder hver 14. dag – ca. 10-15 min.
- Eksternt tilknyttede:
 - AAU: Mathieghan Mahendran, Kandidat-studerende (afsluttet)
 - AAU: Sara Nielsen (Ph.D. studerende)

UDVIKLING

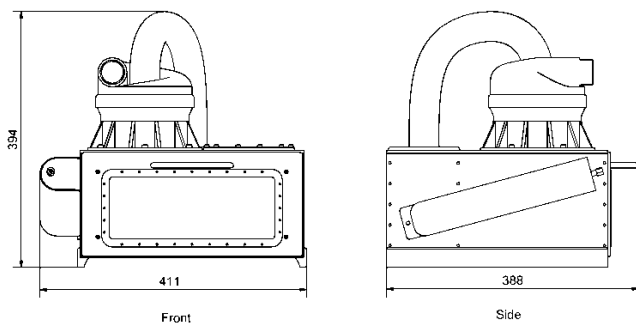
- Robotplatform
- Opsamlingsmodul
- Kameraløsning til detektion af skod
- Navigationsalgoritmer
- Test



UDVIKLING AF OPSAMLINGSMODUL



UDVIKLING AF OPSAMLINGSMODUL



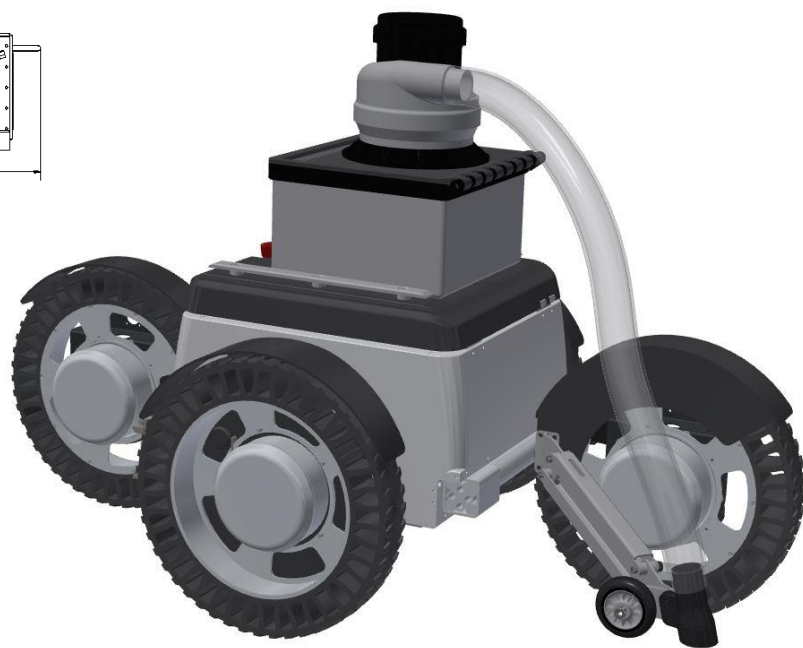
Data:

Effekt: 2x300 w

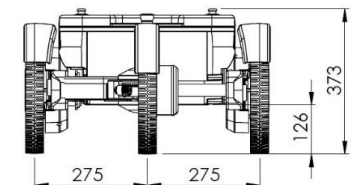
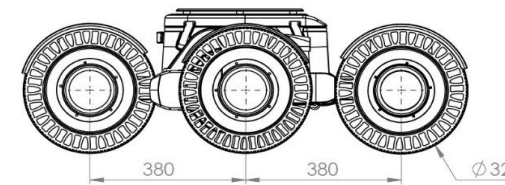
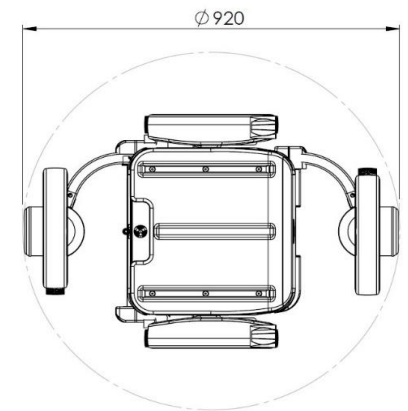
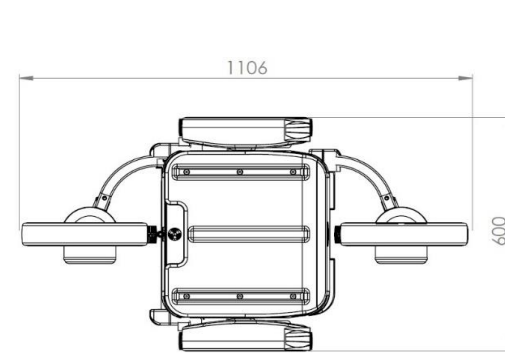
Beholder volume: 7,8 l

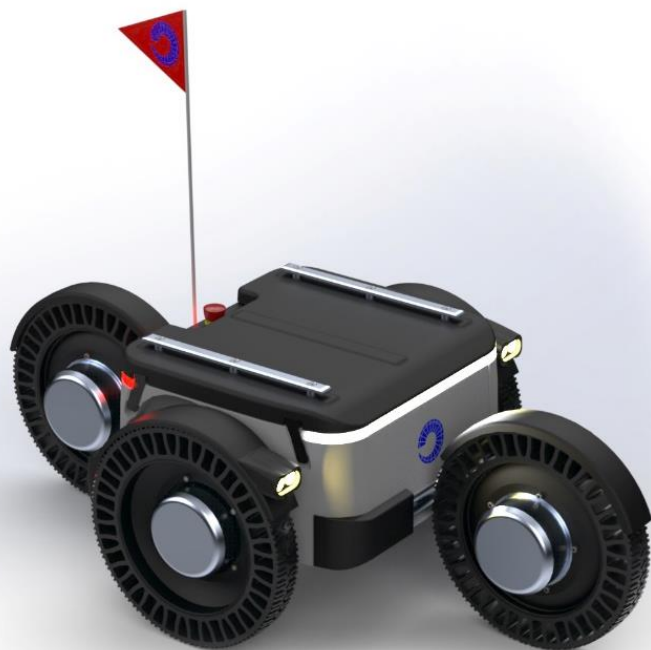
Spænding: 24-30V

Vægt: ca. 12 kg



UDVIKLING AF PLATFORM



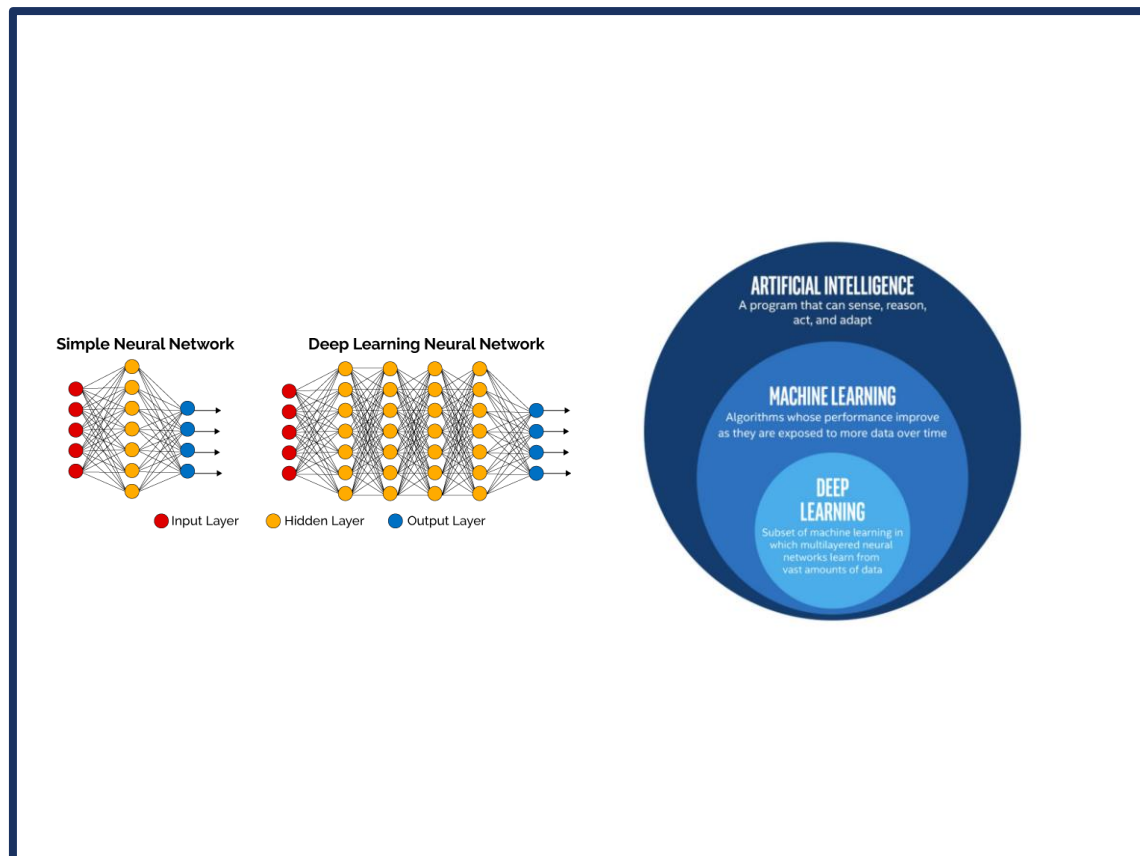


- Capra Hircus kan bruges i ujævnt terræn og til kørsel i bynære omgivelser.
- Muligt at koble ekstra udstyr på robotten.
- Mulig at styre via fjernbetjening
- Automatisk kørsel med robotten kan gøres fra kontrolsystemer baseret på VDA-5050 protokollen, hvor robotten følger den givne sti.

Dimensioner og vægt	
Ekstern dimension (LxBxH)	1106x600x373 mm
Hjuldiameter	326 mm
Frihøjde	126 mm
Egenvægt	50 kg (med 2 batterier)
Hastighed og ydelse	
Maksimal hastighed	6 km/t
Maksimal stigning	30°
Venderadius	465 mm
Chassis	4-hjuls robotramme
Motortype	4 stk. Navmotor a 250W
Nyttelast	30 kg
Effekt	
Batteritype	Li-NMC
Kapacitet	Op til 6 enheder af 25.9V, 20 Ah
Driftstid	17,5 timer (med 6 batterier)
Aktionsradius	105 km (med 6 batterier)
Ladetid	3 timer
Miljø	
Omgivelsestemperaturområde	-20°C til +50 °C
IP-klasse	IP 65
Anvendelse	Primært udendørs brug
Interface og kommunikation	
Ekstern kommunikation	Redundant 4G router med Dual-band WiFi (G/N/B)
I/O	RJ45 Ethernet (med adgang til ROS2)
Fjernstyring	RC-kontrol og trækstang
Sikkerhed	
Kollisions undgåelse	2 stk. Ultralyd sensorer Bumper bar
Sikkerhedsfunktioner	Maskindirektivet EMC test: EN55032-2015, Class B, EN61000-4-3:2006 +A1+A2, EN61000-4-2 2009 Design for safety 4 sikkerhedsfunktioner ifølge ISO 13849-I



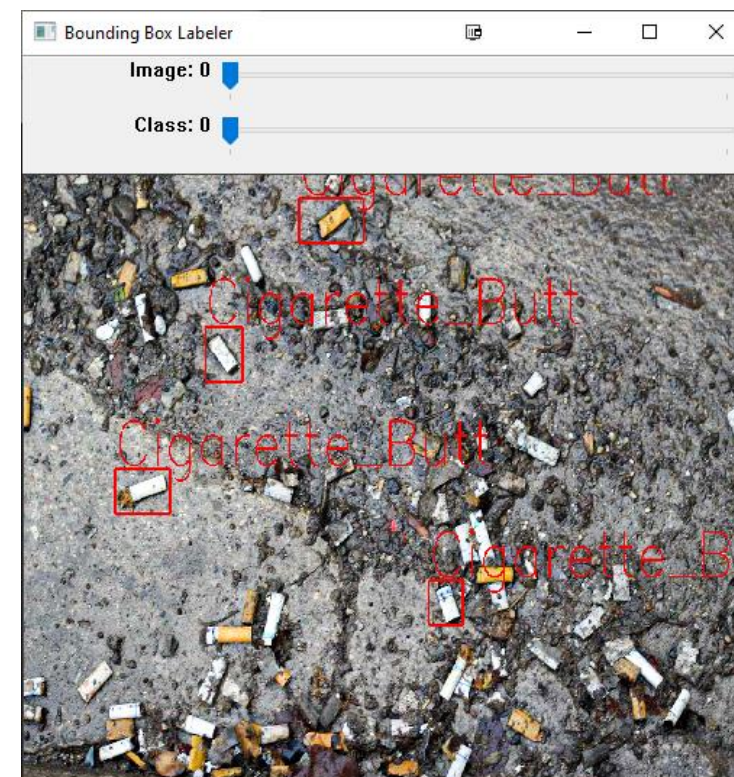
UDVIKLING AF NAVIGATIONSSYSTEM



- Navigationssystem består af to dele:
 - Detektion og kortlægning af skod
 - Beregning af rute til opsamling, tømning, opladning
- Forløbigt fokus på detektion og kortlægning
 - Brug af deep learning – del-element af kunstig intelligens
 - Benytter DarkNet/Yolo – værktøj der velegnet til visuelle løsninger (<https://arxiv.org/abs/2004.10934>)

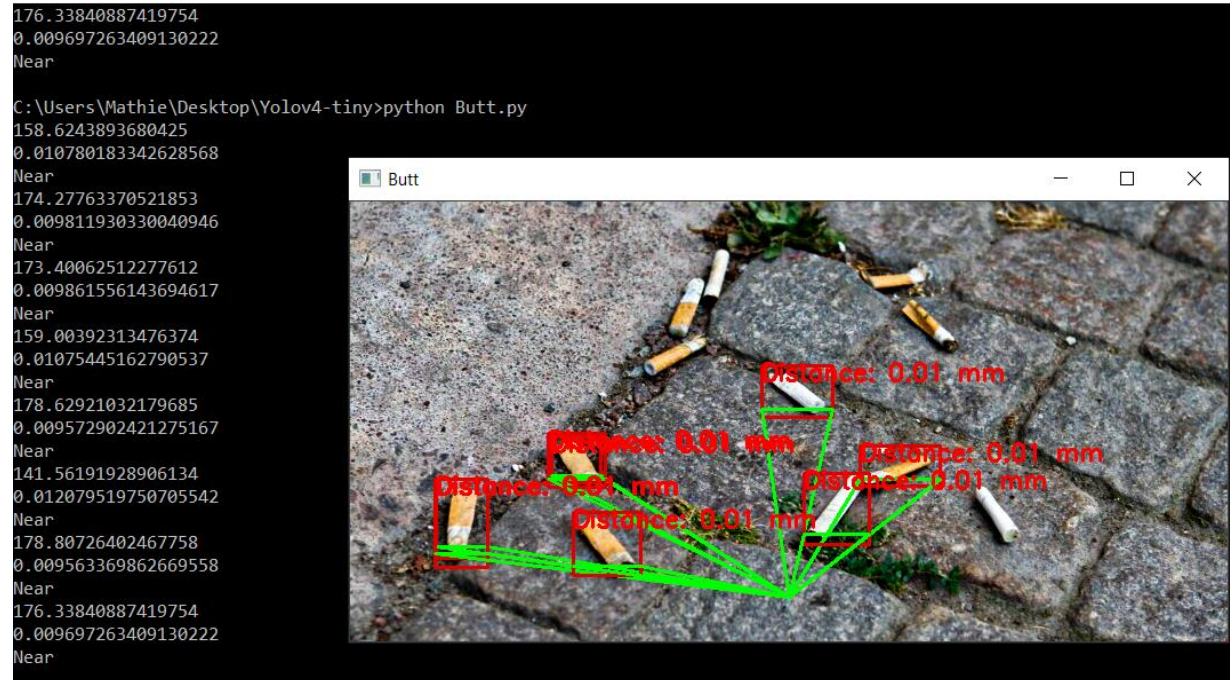
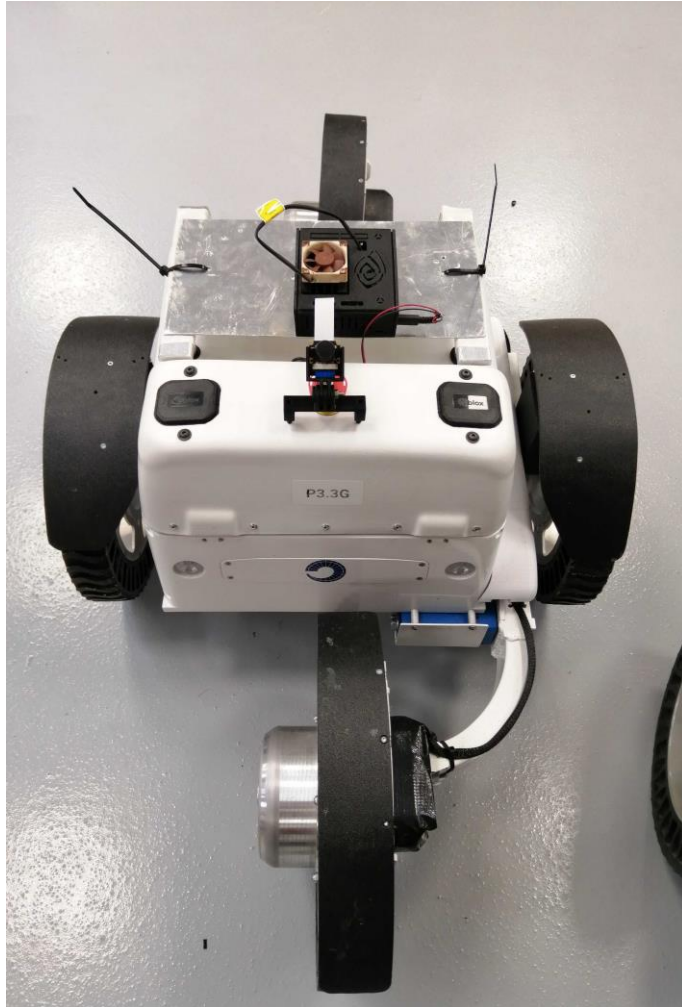
BRUG AF DEEP LEARNING

- Opsamling af billeder på repræsentativ baggrund – helst over lang periode med skiftende årstider
- Manuel annotering af billeder – hvad er et skod?
- Træning af algoritme
- Afprøvning i virkeligheden
- Resultater offentliggjort Open Source: [GitHub - Mathiebhan/darknet_ros:YOLO detecting and distance of cigarette butts](https://github.com/Mathiebhan/darknet_ros:YOLO_detecting_and_distance_of_cigarette_butts)

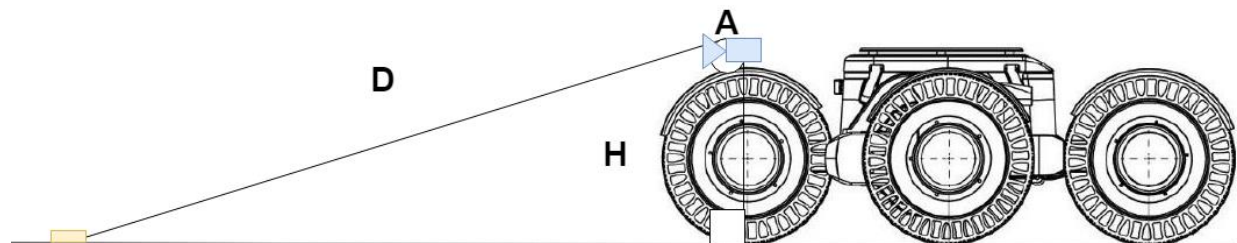




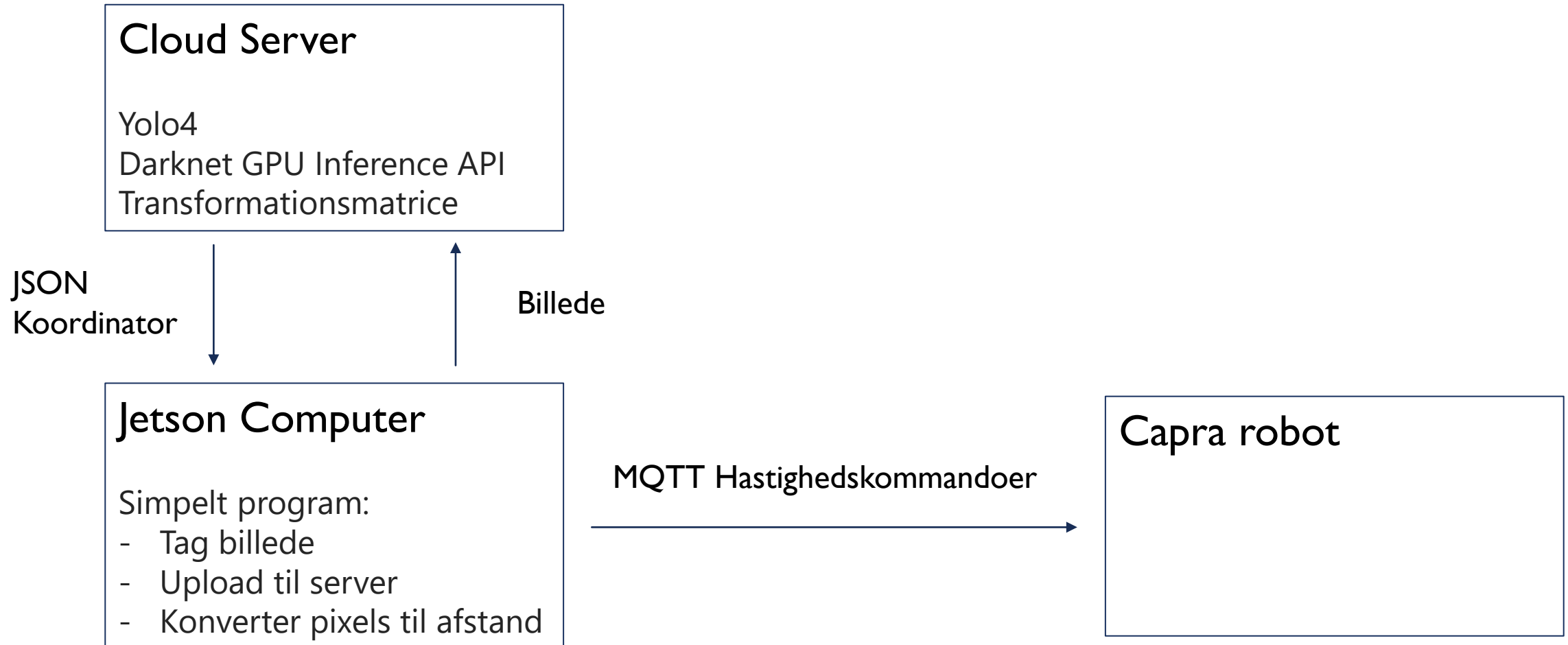
ESTIMERING AF POSITION AF SKOD



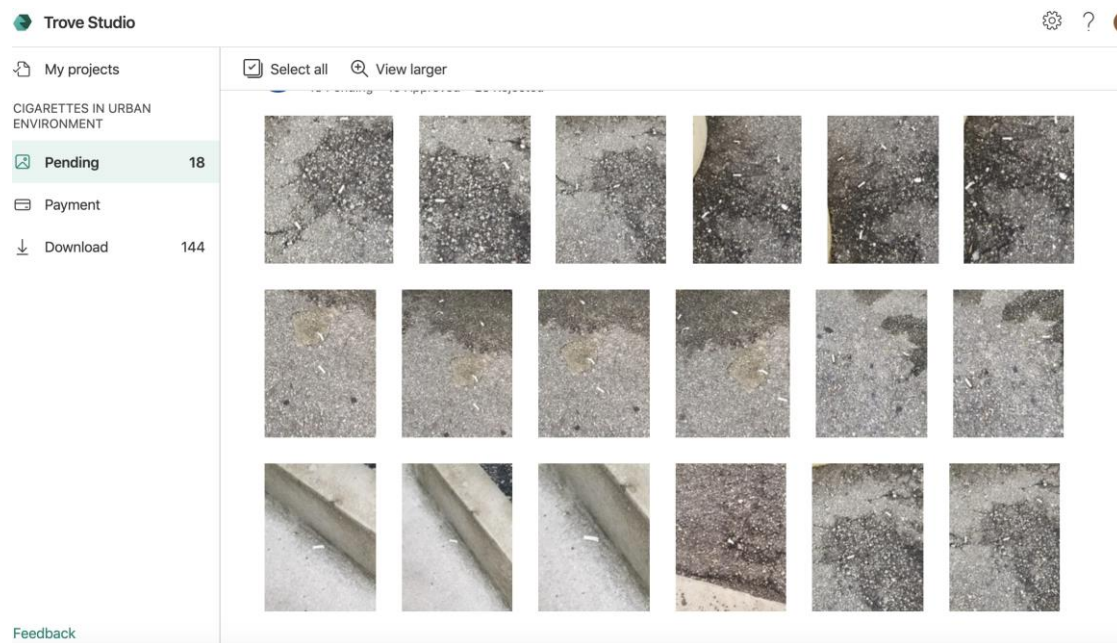
- ▶ Monocular Camera
- Cigarette Butt



SOFTWARE-ARKITEKTUR



BORGER-INDDRAGELSE



- To kanaler: Sociale Medier og Microsoft Trove
 - Via Facebook for borgere på Frederiksbjerg og Langenæs, hvor brugere blev opfordret til at sende billeder til stop@skod.nu.
 - Via aktive brugergrupper (Skodaktivisterne)
 - Dags dato har vi fået 4 billeder tilsendt via to e-mails.
- Den anden kampagne kørte via Microsoft's Trove, hvor vi indenfor 3 dage modtog 144 fotos fra 13 bidragere or 25 cent pr. foto.
- Begge kampagner er nu sat på pause.
- Fremadrettet opsamles fotos via studentermedhjælper i Ren By

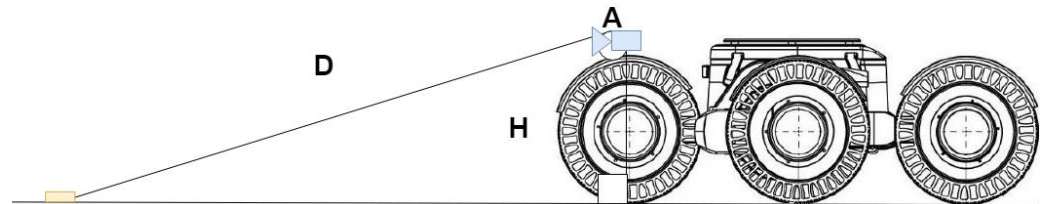
LOKALISERING AF SKOD



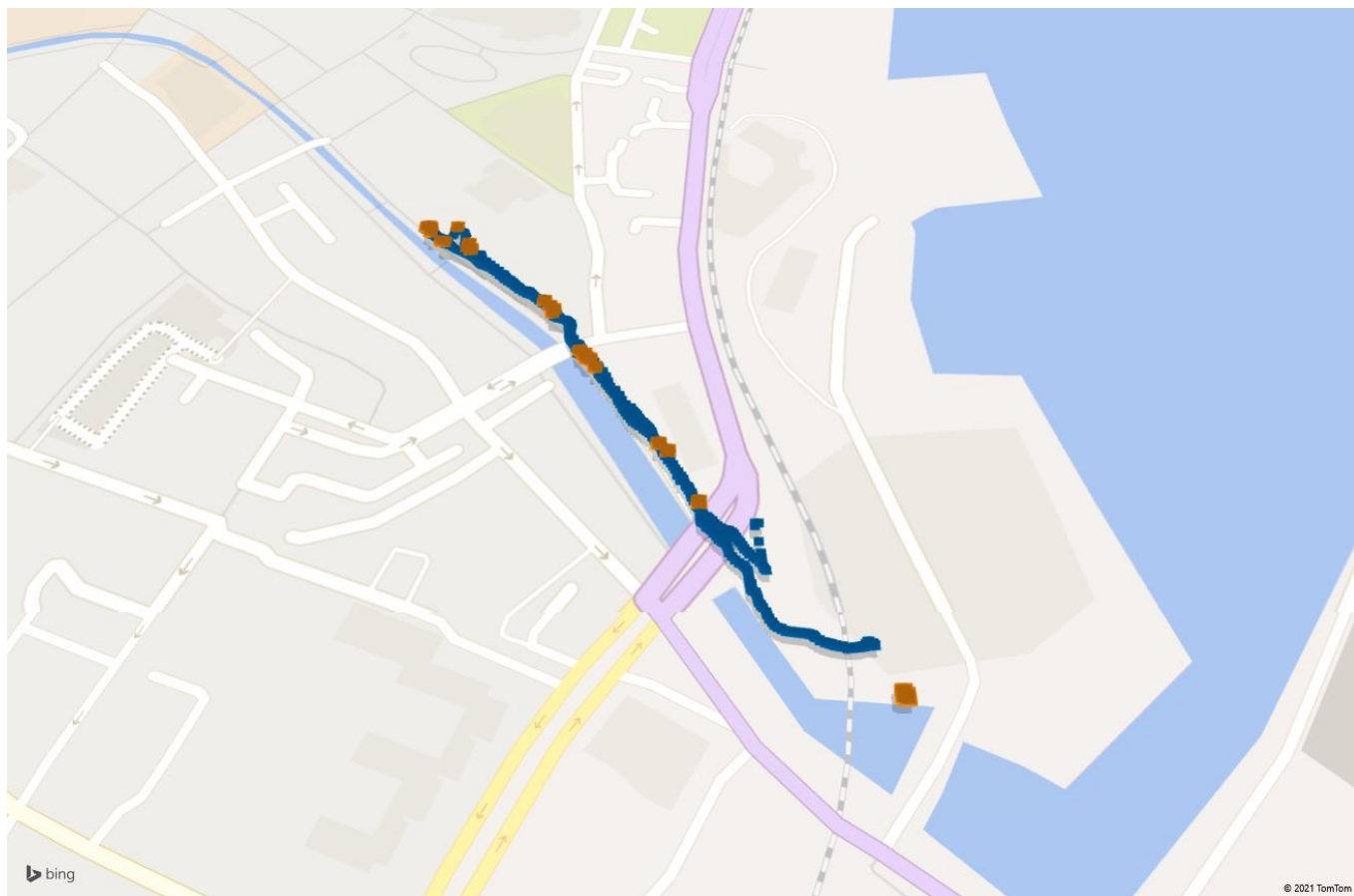
```
176.33840887419754
0.009697263409130222
Near
C:\Users\Mathie\Desktop\Yolov4-tiny>python Butt.py
158.6243893680425
0.010780183342628568
Near
174.27763370521853
0.009811930330040946
Near
173.40062512277612
0.009861556143694617
Near
159.00392313476374
0.01075445162790537
Near
178.62921032179685
0.009572902421275167
Near
141.56191928906134
0.012079519750705542
Near
178.80726402467758
0.009563369862669558
Near
176.33840887419754
0.009697263409130222
Near
```

Distance: 0.01 mm
Distance: 0.01 mm
Distance: 0.01 mm
Distance: 0.01 mm
Distance: 0.01 mm

- Monocular Camera
- Cigarette Butt

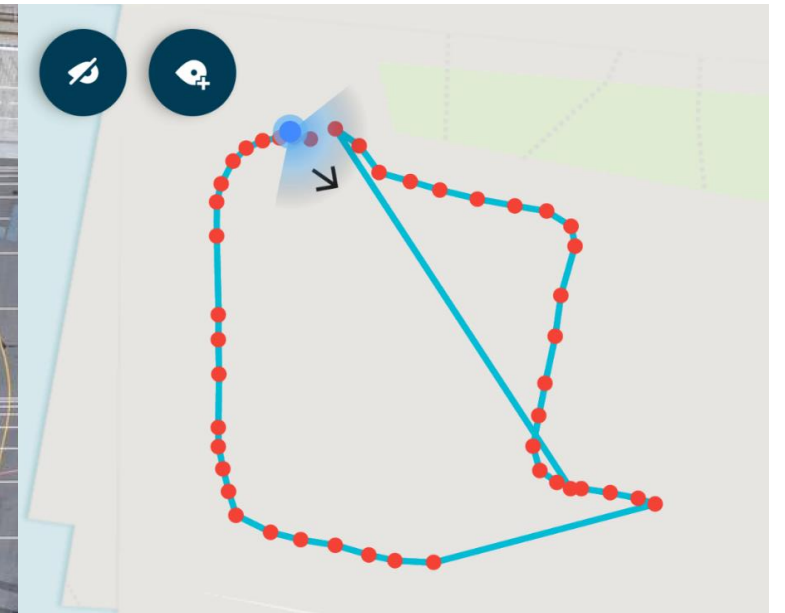
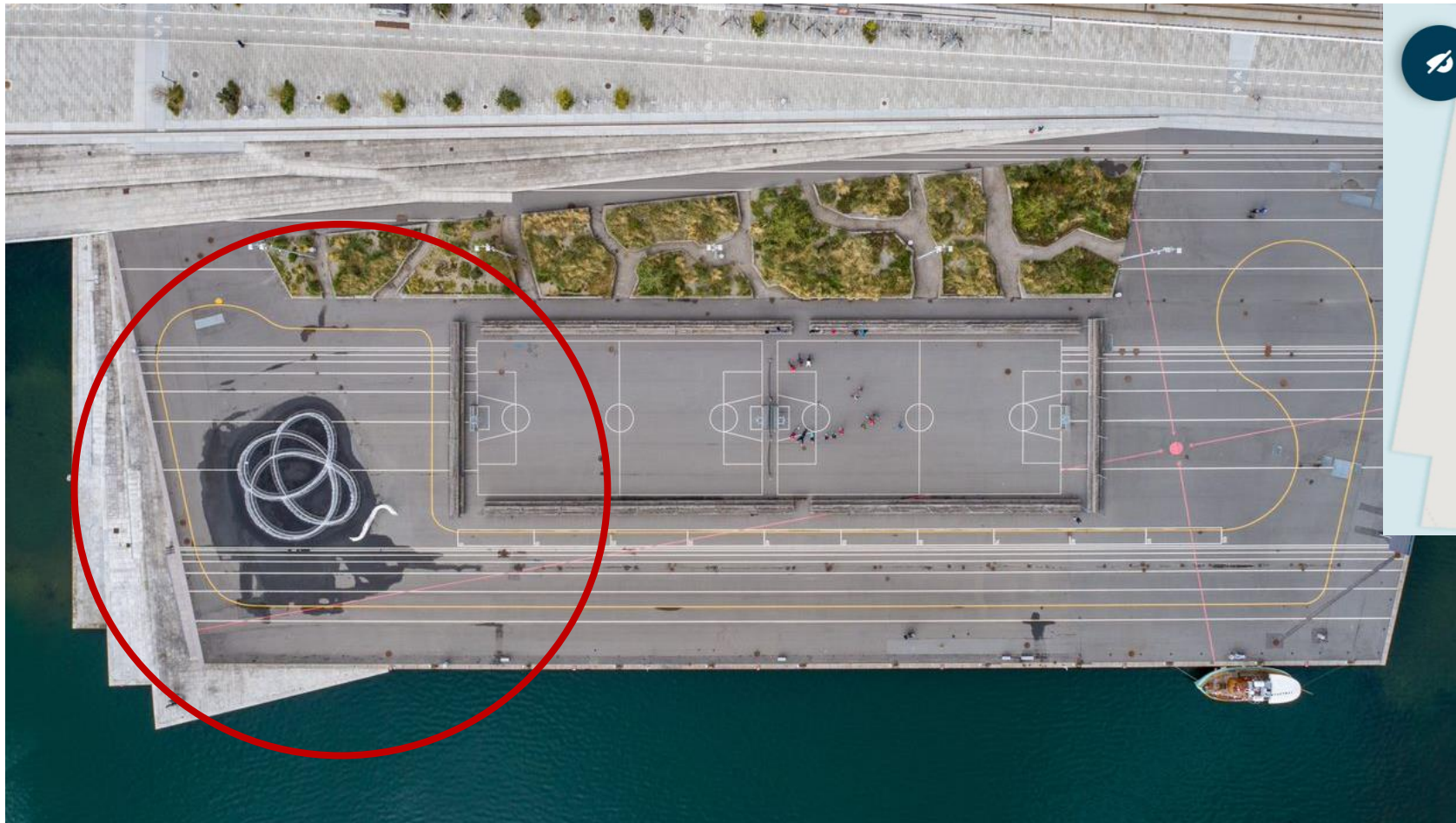


LOKALISERING AF SKOD LANGS ÅEN



- Test med fjernstyret kørsel langs Aarhus Å
- Test om formiddagen - relativt få skod
- Opsamling af 676 datapunkter - 49 billeder med skod
- Kan evt. bruges til monitorering af problemområder

TEST AF AUTONOM KØRSEL VED ROBOTSPORET



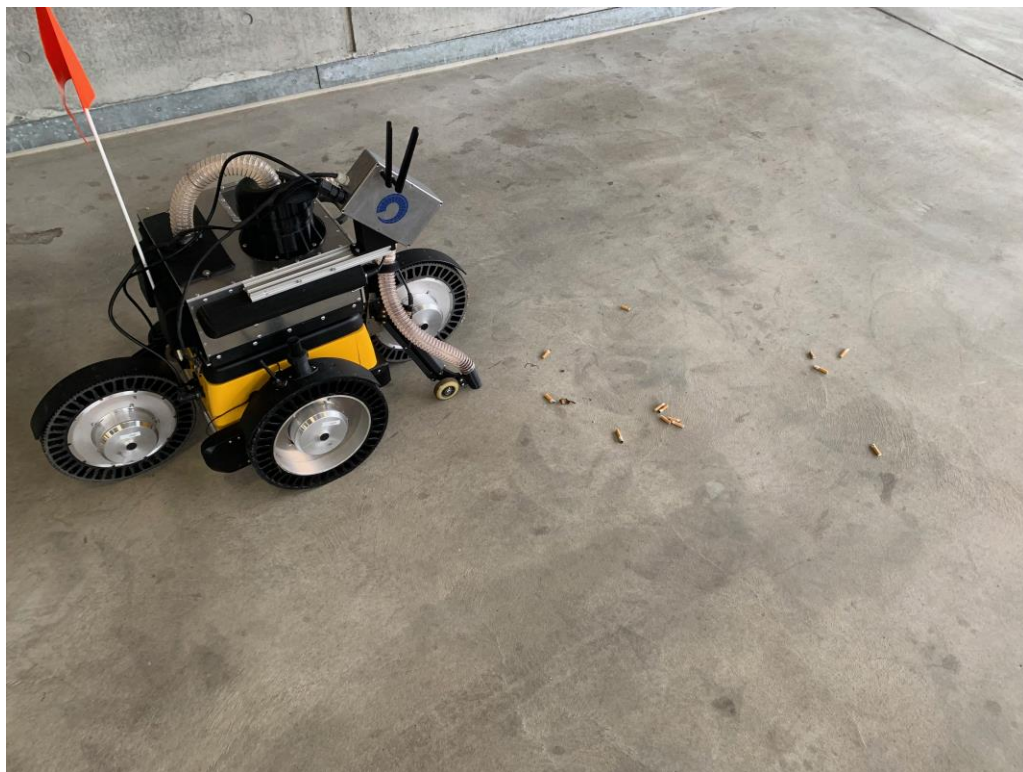


TEST AF AUTONOM KØRSEL VED ROBOTSPORET

- Robotten følger en pre-defineret planlagt rute
- Nøjagtighed af robot er lavere end forventet – usikkerhed på op til en meter
 - Skyldes muligvis placering af støvsuger, der skygger for antenne
- Ikke muligt at validere performance af opsamling - store åbne arealer har typisk få skod



AUTONOM OPSAMLING AF SKOD



- Baseret på simpel visual servoing
 - Robotten bevæger sig konstant hen mod nærmeste skod. Ude af øje, ude af sind
- Skod manuelt placeret
- Samler måske 60-70% op ved høj koncentration af skod
- Der hvor det er nemt at køre (få forhindringer) er der typisk lav koncentration af skod
- Små genstande (blade?) kan forhindre opsugning



NY BEKENDTGØRELSE

- Forsøgsordningen gør det muligt for robotter at køre, hvor færdselsloven gælder.
 - Last mile delivery, opsamling af affald, rengøring, inspektion m.m.
- Krav:
 - Selvkørende robotter må have hastighed op til 6 km/t og ikke køre på skinner
 - Skal være emissionsfri
 - Må ikke bruges til persontransport
 - Altid være kontakt til person, som man kan overtage styringen
- Man betaler et gebyr for behandling og monitorering af sagen





ANSØGNING OM AUTONOM KØRSEL INDSENDT

- Ansøgning om tilladelse til at køre frit på specifikke områder omkring havnen
- Primær brug mellem kl. 05-17 og ved specielle lejligheder
- Ansøgning om følgende anvendelser
 - Fjernelse af cigaretskod samt andet henkastet småaffald fra fortov og pladser
 - Fjernelse af fastklistret tyggegummi fra fliser, asfalt o.a.
 - Fjernelse af ukrudt
 - Inspektion af fliser og af underlagets tilstand
 - Test af autonom navigation via TAPAS-netværk
 - Demonstration og formidling af muligheder
 - Undersøge muligheden for at opkvalificere renovations-medarbejderes
 - Undersøge brug af intuitivt genkendelige intentionssmarkører

AFSLAG MED FØLGENDE BEGRUNDELSE

- Færdselsstyrelsen lægger dog på baggrund af sagens oplysninger, herunder oplysningerne om, at områderne ligger centralt i Aarhus Centrum og tæt på blandt andet uddannelsesinstitutioner, kulturhus og erhvervslokaler, til grund, at der **i alle områderne i store dele af døgnet er en ganske betydelig mængde af færdsel**
- Færdselsstyrelsen har ved afgørelsen lagt vægt på, at alle de pågældende områder **ikke alene i begrænset omfang anvendes til almindelig færdsel af en eller flere færdselsarter.** Det har i den forbindelse ikke betydning, at den konkrete færdselsart overvejende er gående. Det afgørende i forhold til bestemmelsen i færdselslovens § 92 m, stk. 1, er mængden af færdsel, også selvom der kun er tale om én færdselsart, som f.eks. gående.
- Færdselsstyrelsen har endvidere lagt vægt på, at der ansøges om tilladelse til kørsel med selv-kørende enheder **i alle døgnets 24 timer.** Færdselsstyrelsen har ikke herved taget stilling til, om der vil kunne gives tilladelse til kørsel med selvkørende enheder på nærmere afgrænsede tids-punkter af døgnet, hvis der måtte være tidspunkter på døgnet, hvor mængden af færdsel er til-strækkelig begrænset til at være omfattet af anvendelsesområdet for forsøgsordningen for selv-kørende enheder i færdselslovens § 92 m, stk. 1.

IMPLEMENTERING AF ANONYMISERINGSALGORITME

- ”§ 92 m, stk. 4, fastsætte bestemmelser om, at de selvkørende enheders kameraer m.v. skal være indrettet således, at der automatisk under optagelse foretages pixelering ved brug af algoritmer indbygget lokalt i udstyret, som gør, at det ikke er muligt at identificere f.eks. ansigter og nummerplader, og at denne pixelering ikke efterfølgende må kunne ophæves.”
- Implementering af Open Source algoritme til anonymisering (understand.ai)



FORMIDLINGS AKTIVITETER

- Seminar om udendørs robotter til Internet Week
- Artikel på Smart Aarhus hjemmeside
- Artikler på aarhus.dk
- Artikel på kommunen.dk
- Optagelse til DR Sommerprogram
- Løbende formidling LinkedIn (Capra)
- Planlagt deltagelse i Digitaliseringsmesse d. 30. september



FORMIDLINGSAKTIVITETER

- Stand på KL's Digitaliseringsmesse
- Løsning fremvist i forbindelse med delegationsbesøg hos ITK, bl.a.:
 - Frederiksberg Kommune, Lübeck Byråd, Region Hovedstaden, Danmarks Tekniske Universitet (DTU), Høje-Taastrup Kommune
- Løbende formidling LinkedIn
- Artikel i Aarhus Lokavis
- Omtale i udenlandske medier (ZDF)

Der dänische Wall-E



In Aarhus räumt ein Roboter auf – ganz nach dem berühmten Disney-Vorbild. Er erkennt und beseitigt Zigarettenstummel, lässt aber zum Beispiel Ringe an Ort und Stelle liegen.

1 min | 14.07.2021

Video verfügbar bis 14.07.2022



Mehr von heute - in Europa

TECHNOLOGY READINESS LEVEL

- TRL 1: Basic principles observed
- TRL 2: Technology concept formulated
- TRL 3: Experimental proof of concept
- TRL 4: Technology validated in lab
- TRL 5: Technology validated in relevant environment
- TRL 6: Technology pilot demonstrated in relevant environment
- TRL 7: System prototype demonstration in operational environment
- TRL 8: System complete and qualified
- TRL 9: Actual system proven in operational environment

Projekstart

Projekslut

Projektleder
Søren Tranberg Hansen

Mail: htso@aarhus.dk
Tlf.: 26113316



Q&A's