

Denne artikel er publiceret i det elektroniske tidsskrift

**Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet**

(Proceedings from the Annual Transport Conference  
at Aalborg University)

ISSN 1603-9696

[www.trafikdage.dk/artikelarkiv](http://www.trafikdage.dk/artikelarkiv)

## ***Compass4D – EU ITS-projekt om kommunikation mellem køretøjer og infrastruktur***

*Anders Torp Madsen, cf5i@tmf.kk.dk*

*Københavns Kommune*

---

### **Abstract**

Kooperative intelligente transport systemer (C-ITS) er et stadigt voksende område inden for transportsektoren. C-ITS åbner mulighed for, at køretøjer kan kommunikere med andre køretøjer og vejinfrastrukturen.

Københavns Kommune er en del af det europæiske C-ITS pilotprojekt Compass4D, hvor WIFI kommunikation mellem køretøjer og infrastruktur afprøves på gaden i syv forskellige europæiske byer.

Denne artikel vil give et indblik i implementeringen af systemet i den godt fire kilometer lange centrale strækning i København, som udgør én af de syv test sites.

Artiklen vil fortælle om kommunikationsteknologien bag systemet DSRC (Dedicated Short Range Communication), samt give en beskrivelse af de køretøjer og tjenester, som benyttes i København.

Desuden vil implementeringsprocessen blive gennemgået, og afslutningsvis vil fremtidsperspektiverne for denne type systemer i kommunen blive vurderet.

## Baggrund

Den 1. januar 2013 blev det EU-medfinansierede projekt "Cooperative Mobility Pilot on Safety and Sustainability Services for Deployment" eller forkortet "Compass4D" igangsat. Det tre-årige projekt hører under EU-Kommissionens CIP-program (Competitiveness and Innovation framework Programme) og arbejder med innovative aktiviteter inden for informations- og kommunikations-teknologier.

Projektkonsortiet består af 31 partnere fra 10 lande og bliver koordineret af den europæiske ITS interesseorganisation ERTICO – ITS Europe. Partnerne består bl.a. af vejoperatører, vidensinstitutioner, køretøjsproducenter, ITS-leverandører og transportfirmaer, som i projektet alle arbejder sammen for at designe og implementere C-ITS efter EU-standarder i syv forskellige byer. København er sammen med byerne Bordeaux, Helmond, Newcastle, Thessaloniki, Verona og Vigo én af de syv byer, hvor systemet installeres og afprøves.

I København har man stort fokus på ITS, og man har de sidste par år arbejdet med pilotprojekter og testet nye løsninger på gaden. Til efteråret 2015 vil vinderen af et stort ITS-udbud i kommunen blive udpeget, hvorefter implementeringen af fem udvalgte områder inden for ITS vil starte i langt større skala end tidligere set i byen. Københavns Kommune deltager i Compass4D netop for at opbygge erfaringer med forskellige ITS-løsninger som inspiration til det aktuelle udbud.

Kommunens egen finansiering er hentet fra midler til bedre busfremkommelighed, og man har derfor i København stort fokus på busser i projektet. Over 80 % af køretøjerne, som deltager i projektet, er udvalgte buslinjer fra Movia.



Kommunikationen mellem køretøjer og infrastruktur i projektet er en blanding mellem mobilnetværket (3G/LTE) og *Dedicated Short Range Communication* (DSRC). Mobilnetværket er de fleste formentlig bekendt med, da alle nu til dags ejer en smartphone og hyppigt benytter sig af 3G/LTE netværket til diverse tjenester. Men *Dedicated Short Range Communication*, som direkte oversat betyder *Dedikeret Kort Distance Kommunikation*, er færre nok bekendt med. Kommunikationsformen kaldes også for WI-FI, og så ved de fleste igen, hvad der snakkes om. Men den type WI-FI som benyttes i C-ITS adskiller sig ift. den normale WI-FI, vi kender, når man logger sig på et trådløst WI-FI netværk. Den benytter sig af en anden protokol og frekvens, som sikrer en hurtigere og mere stabil kommunikation.

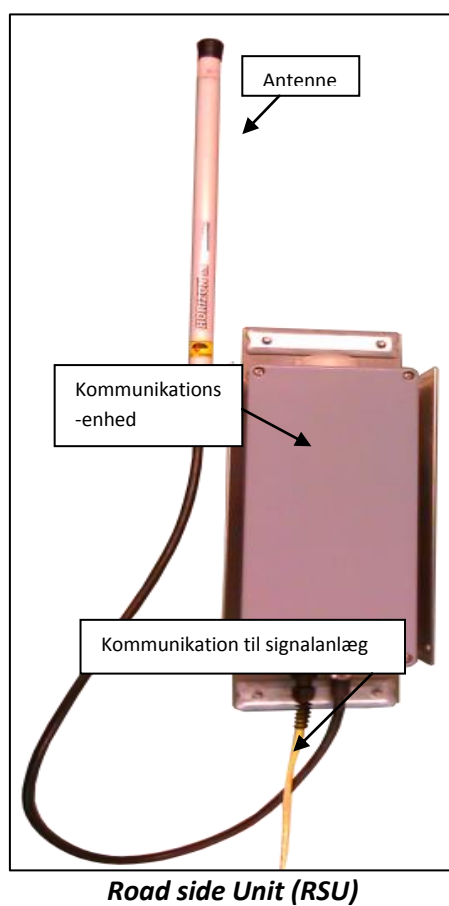
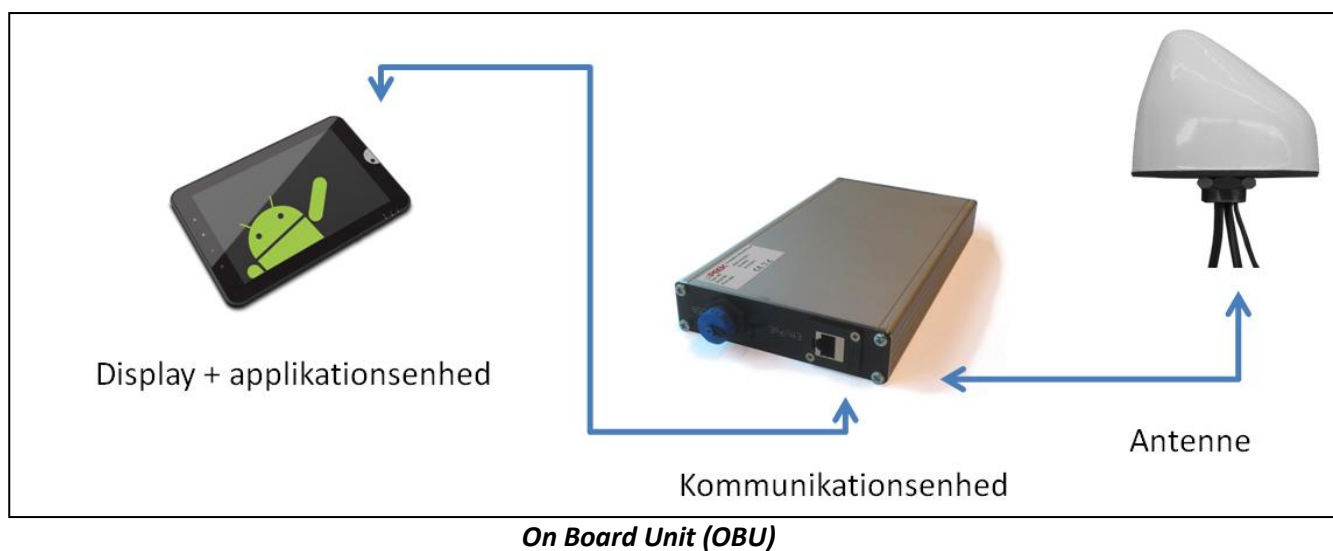
Kommunikationsformen omtales også som G5 kommunikation, da det er i frekvensbåndet 5.9 GHz, at dataudvekslingen finder sted. EU besluttede i 2008, at dette frekvensbånd netop skulle reserveres udelukkende til dataudveksling mellem køretøjer og infrastrukturens systemer.

I København har man valgt kun at benytte sig af G5 kommunikation på teststrækningen, da det er erfaringer med performance og drift af denne nye kommunikationsform, man ønsker at afprøve. Men flere af de andre seks testbyer benytter sig udelukkende af mobilnetværket, eller en kombination af begge teknologier, til udvekslingen af data.

Der er både ulemper og fordele ved begge kommunikationsformer. G5 kommunikation kræver, at der bliver implementeret hhv. en OBU (On Board Unit) i køretøjet, og en RSU (Road Side Unit) på gaden. Begge disse indeholder hver en router, som sikrer dataudvekslingen mellem de to enheder via 5,9 GHz frekvensen. Dette er både kompliceret at installere og kan være en bekostelig affære. Med 3G/LTE kommunikationen kan man helt undgå disse to enheder, da de fleste køretøjer nu til dags har den indbygget som standard eller ejer en smartphone. Data fra infrastrukturen (trafiksignaler etc.) kan herefter udveksles mellem overvågningssystemet og brugeren via mobilnetværket. G5 kommunikationen har dog den fordel, at dataudvekslingen er hurtig og stabil og ikke bliver forstyrret eller langsom pga. dårlig dækning og et overbelastet netværk - som 3G/LTE kan have en tendens til.

Hvilken kommunikationsløsning man ønsker at benytte sig af, afhænger derfor af de data, man ønsker at udveksle mellem køretøjerne og infrastrukturen, og formålet med det. Er der tale om informationer, som ved forsinkelse eller manglende levering af data kan have direkte indflydelse på trafiksikkerheden, vil G5 kommunikationen klart være at foretrække. Ved mere servicemindede datainformationer, hvor mindre forsinkelser eller en sjælden gang udeblivelse af dataudveksling kan forekomme, kan 3G/LTE kommunikationen dog være et tilfredsstillende og langt billigere alternativ at bruge. G5 kommunikationen er som udgangspunkt også primært designet til motorkøretøjer, så hvis man også ønsker dataudveksling med bløde trafikanter kan denne kommunikationsform ikke stå alene.

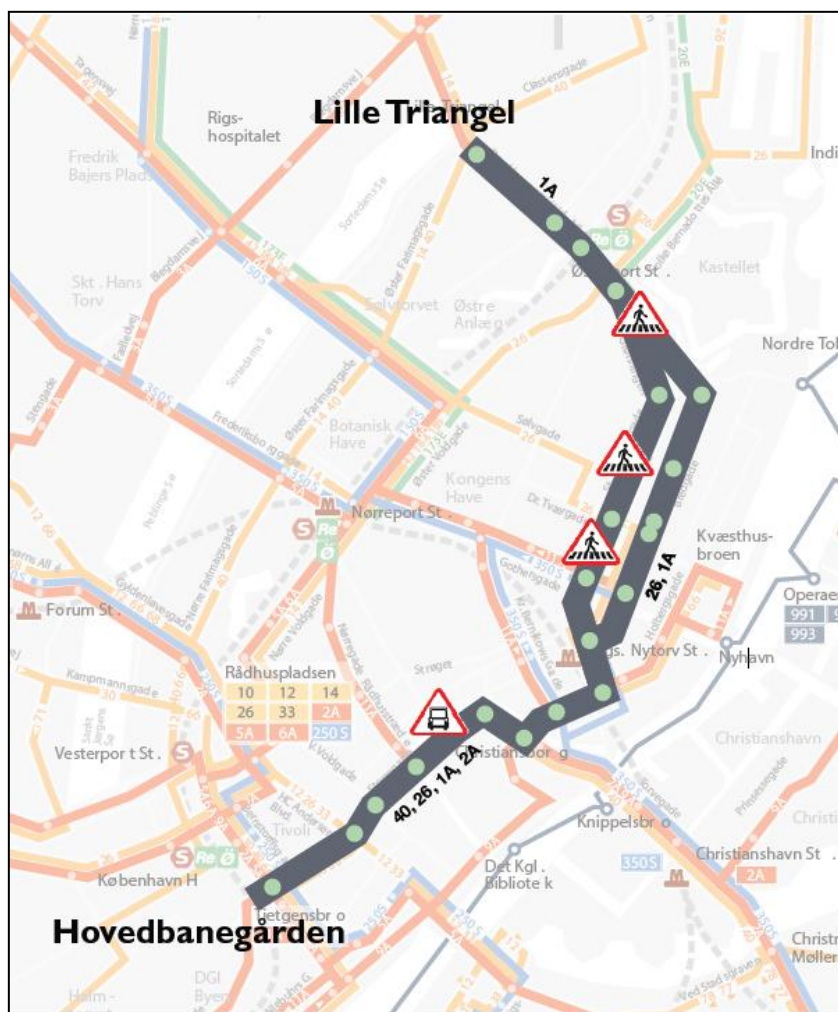
Compass4D benytter sig af de standarder, som ETSI har udviklet. ETSI, eller *European Telecommunications Standards Institute*, er en organisation, som er blevet godkendt af EU til at udvikle og skabe EU standarder inden for informations- og kommunikationsteknologi. Ved brug af ensartede standarder på tværs af landegrænser sikrer man sig, at køretøjerne, som bruges i København, også vil have mulighed for at udveksle data med infrastrukturen i de øvrige seks testbyer. Systemet bliver på den måde leverandørufhængigt, så en OBU fra en leverandør vil kunne tale sammen med en RSU fra en anden leverandør.



## Projektet

Det danske testområde er beliggende i centrum af København. Den valgte strækning er en af de travleste busruter i byen og strækker sig fra Hovedbanegården til Østerport Station via Kongens Nytorv. Strækningen bærer præg af mange forskellige brugere og køretøjstyper og forbindes samtidig til store hovedfærdselsårer. Derudover giver det igangværende anlægsarbejde i forbindelse med Metro Cityringen en usædvanlig stor andel af tung trafik samt til- og frakørsel fra byggepladser på strækningen. Dette skaber trafikpropper og fører til store udfordringer for bl.a. bussernes fremkommelighed og køreplaner, hvilket forringer servicen for brugere af den kollektive trafik.

Projektstrækningen inkluderer 21 signalreguleringer, og det samme antal Road Side Units er blevet installeret.



*Projektstrækningen og placeringen af de 21 Road Side Units*

## Køretøjer

Der er i alt 106 køretøjer i København, som har fået installeret en såkaldt OBU, og dermed har mulighed for at kommunikere med de 21 RSU'er på strækningen. Som tidligere nævnt udgør størstedelen af køretøjerne Movia-busser, som helt eller delvist har rute igennem de signalreguleringer, hvor RSU'erne er installeret.

Buslinje 1A, 2A, 26 og 40, som tilsammen har 87 busser i deres flåde, er alle blevet installeret med den nye teknologi og indgår i projektet. Især A-linjerne er højt prioriteret i København, og det er derfor et stort ønske at skabe bedre fremkommelighed på strækningen for disse linjer.

Derudover er der blevet installeret kommunikationsenheder i 17 lastbiler fra 3 forskellige transportfirmaer, som ofte kører på strækningen. Ved at skabe et bedre flow for denne type køretøjer, med færre stop for rødt ved signalanlæggene, kan CO<sub>2</sub>-udledningen reduceres markant.

Udstyret er også blevet installeret i to af forvaltningens egne brintbiler, hvis primære formål er testkørsler, introduktion af systemet til forvaltningens medarbejdere, og demoture for delegationer.

## Tjenester

Compass4D fokuserer på tre tjenester, som forventes at øge trafiksikkerheden ved at reducere antallet og alvorlighedsgraden af trafikulykker, samt undgå køer og trafikpropper. Derudover forventes det også, at de vil have en positiv indvirkning på det lokale miljø ved at reducere køretøjers CO<sub>2</sub>-udledning og brændstofforbrug.

### The Road Hazard Warning (RHW)

Vil reducere antallet og alvorlighedsgraden af kollisioner på vejen ved at sende advarsler til køretøjer, som nærmer sig en hændelse.

I København implementeres denne tjeneste både som statiske og dynamiske advarsler. De statiske advarsler omhandler tre uregulerede fodgængerovergange på strækningen. Når et køretøj nærmer sig en af overgangene, får chaufføren automatisk information om dette. Hermed øges hans opmærksomhed på, at der kan være krydsende fodgængere forude, som han har vigepligt for.

Yderligere én ureguleret fodgængerovergang indgår også som en dynamisk advarsel. Ved hjælp af termisk detektering fremsendes informationen kun til chaufføren, hvis der er detekteret aktivitet i overgangen.

Ved magnetometer detektering udsendes der også en dynamisk advarsel, når et køretøj er på vej ud fra metrobyggepladsen ved Gl. Strand. Da udkørslen ligger umiddelbart efter et sving, vil denne tjeneste gøre chaufførerne på vej hen mod konfliktpunktet opmærksomme på dette, inden svinget foretages.

## The Red Light Violation Warning (RLVW)

Vil sende information, der vil øge chaufførernes opmærksomhed i signalregulerede kryds med henblik på at reducere antallet af kollisioner - eller alvorlighedsgraden af kollisioner, hvis de stadig skulle ske. Denne tjeneste vil også omfatte særlige situationer, såsom at advare andre køretøjer, hvis et udrykningskøretøj kører hen imod, eller overtræder, et rødt lys.

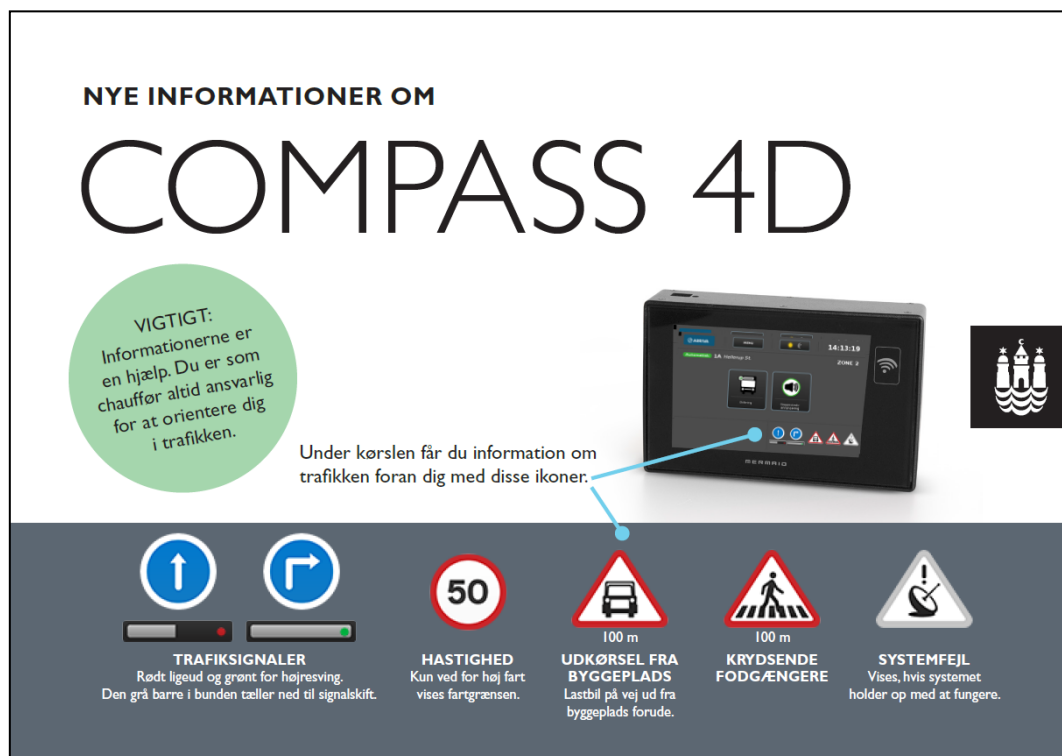
Tilgangen til denne tjeneste har igennem projektet være meget diskuteret, og der er forskellige metoder til at advare chaufførerne om deres egne potentielle rødkørsler, eller andres rødkørsler fra sidevejene. På grund af GPS'en unøjagtighed ift. hastighedsmåling, mangel på alternativ detektering på strækningen og en presset tidsplan, har man i København valgt at undlade at implementere denne tjeneste.

## The Energy Efficient Intersection (EEI)

Vil reducere energiforbruget og udledninger fra køretøjer i signalregulerede kryds, samt give prioritet til udvalgte køretøjer.

I København implementeres denne tjeneste i forskellige varianter. Alle køretøjer vil få informationer på deres skærme om de enkelte signalanlægs resterende grøn- og rødtider i kombination med en anbefalet hastighed. Hermed kan chaufføren tilpasse sin hastighed og dermed reducere antallet af stop for rødt på strækningen. Tjenesten er dog ikke anvendelig i myldretiden, hvor man ofte holder i kø på strækningen. Men uden for myldretiden forventes den at kunne have en gavnlig effekt.

Foruden informationen om signalanlæggene får de 87 busser også prioritet i de 21 signalreguleringer på strækningen. Denne tjeneste er kun konfigureret til busserne, da man ikke ønsker at en lastbil har mulighed for at blive prioriteret frem for en fyldt Movia bus.



*Grafik som benyttes til præsentation af tjenesterne for buschaufførerne*



**Skærm i buslinje 1A, hvorpå Compass4D informationerne præsenteres for chaufføren**

## Implementering

De data, som sendes fra RSU'erne og ud til køretøjerne skal følge nogle standarder, som sikrer et åbent marked. Men hvordan data bruges, og hvordan de præsenteres for chaufførerne, er meget forskelligt både for de syv byer, men også ift. køretøjstypen.

Det var et krav fra de fire buslinjers operatør, Arriva, at tjenesterne blev integreret i det eksisterende IT-system, som benyttes til andre tjenester i busserne. Et nyt separat system med en ekstra skærm var ikke en mulighed, og det har derfor været nødvendigt at få systemudvikleren, Mermaid, til at integrere Compass4D tjenesterne i den eksisterende software i busserne.

For de øvrige køretøjer i København, er disse blevet installeret som separate systemer, med software udviklet af kommunens signalleverandør, Imtech, og med display som ligner dem, man kender fra en GPS-enhed. Selve grafikken, som præsenteres for chaufførerne, er derfor også forskellig ift. den som buschaufførerne ser, da der er visse begrænsninger i Mermaid-systemets software, hvor der også skal tages hensyn til andre tjenester. På den lange bane er en integreret løsning klart at foretrække, men dette kræver, at det enkelte køretøjs producent tilpasser sine software-løsninger til dette. En omkostningsfuld affære, hvis projektet skulle finansiere dette for hver enkelt køretøjsproducent.

Selve installationen af OBU'erne har også været en tidskrævende opgave for de 87 busser. Imtech har leveret enhederne og har i fællesskab med Mermaid, Arriva og Movia gennemgået de enkelte bustyper. Sammen er de blevet enige om en optimal placering af router, antenne og kabelføring, og Imtech har gennemgået selve installationsprocessen. Herefter har Mermaid stået for installationsarbejdet i de 87 busser. For de øvrige køretøjer har Imtech primært stået for installationsarbejdet, da disse enheder ikke

skulle integreres i eksisterende systemer. Installationsarbejdet er væsentligt lettere ved et eksternt system, og en installation kan udføres på ca. to timer pr. køretøj.

Imtech har ligeledes varetaget alt installationsarbejde for RSU'erne. Disse enheder skal forbindes til de enkelte signalanlægs styreapparater for at modtage informationer herfra. Derudover skal det sikres, at de placeres så højt som muligt, og antennen skal have sigtelinje til de afstande fra de enkelte tilfarter, hvor man ønsker, at køretøjerne skal modtage informationerne.



***Vejsideenhed installeret i én af de i alt 21 signalreguleringer i København***

## Evaluering

Som en del af projektet vil der blive gennemført en evaluering af Compass4D-tjenesterne og deres effekter.

Københavns Kommune har sit primære fokus på, om projektet kan forbedre fremkommeligheden for de fire udvalgte buslinjer på strækningen.

Systemet har kun været fuldt funktionelt på hele strækningen siden august 2015. Det vil derfor være data opsamlet fra denne måned og året ud, som vil danne grundlag for evalueringen. Movia vil levere køretidsdata for denne periode, som vil blive sammenlignet med data i samme periode fra 2014. Der vil dog være nogle usikkerheder ved denne metode, da netværket konstant bliver udsat for ændringer, og der derfor ikke er to ens situationer at sammenligne med. Christian D. IV's bro har netop gennemgået en omfattende renovering med afslutning i august 2015, som har skabt et ændret kørselsmønster på strækningen. Der vil derfor gå lidt tid, før trafikken vænner sig til de normale forhold igen. Dertil kommer en ny situation til efteråret, hvor anlæggelsen af cykelstier på St. Kongensgade påbegyndes. Dette forventes at have en markant betydning for trafikken i sydgående retning, og i værste fald vil nogle af buslinjerne blive omlagt uden for projektstrækningen resten af året. Reelt set vil der formentlig kun være en enkelt "normal" måneds tid, hvor data kan sammenlignes med året forinden. Det er ikke nogen ideel situation, men på en så central strækning i København er det desværre vilkårene.

Køretøjernes brændstofforbrug er også en vigtig faktor, som der vil blive set på i evalueringen. Hvis tjenesterne har en reducerende effekt på forbruget, er der en potentielt god business case for systemet. Brugere vil opnå en besparelse i form af mindre indkøb af brændstof, og den samfundsmæssige gevinst vil bestå i en lavere udledning af CO<sub>2</sub>. I Compass4D leverer operatøren Arriva data fra de 87 bussers brændstofforbrug. Hermed vil det kunne ses, om de energieffektive tjenester har haft en reducerende effekt.

Foruden analyse af køretider og brændstoffsforbrug, vil der blive gennemført en brugerundersøgelse, hvor chaufførerne vil være i fokus. Her skal tjenesterne vurderes ift. forståelse, anvendelighed og kørekomfort. Samtidig vil brugere blive spurgt om de ønsker, at systemet bliver permanent, og om de i så fald vil være villige til at investere i det.

## Fremtidsperspektiver

Det er et klart succeskriterium for Compass4D, at tjenesterne forbliver aktive efter projektet afsluttes. Dette indebærer dermed også, at enhederne på vejene (RSU) og i køretøjerne (OBU) ikke bliver afinstalleret.

RSU'erne indgår allerede i Københavns Kommunes trafiksignaler og ITS driftskontrakt med Imtech, men der vil formentlig være behov for at få lavet en specificering af driftsomfanget og opetid for disse enheder. Hvis systemet skal være attraktivt for brugere at benytte, og de også selv skal ønske at investere i det, er det vigtigt, at infrastrukturen også er i stand til at levere de nødvendige informationer konstant.

Indkøb, installation og drift af OBU'erne er finansieret af projektet i dets løbetid. Men efter projektet skal der laves en ny driftsaftale med brugere, for at enhederne kan forblive i køretøjerne. Hverken projektet eller Københavns Kommune har mulighed for at dække omkostningerne til dette. Og det er heller ikke i kommunens interesse at eje udstyr, som sidder i de enkelte brugeres private køretøjer. Resultaterne fra evalueringen er derfor afgørende for, om brugere selv vil have en interesse i fortsat at benytte systemet, og dermed selv kunne se en gevinst i at investere i det.

De benyttede tjenester i Compass4D vil ikke blive videreudviklet efter projektet, og det er umiddelbart heller ikke intentionen, at Københavns Kommune fremadrettet vil levere tjenester til brugerne. Kommunen er interesseret i at forberede infrastrukturen til at kunne levere relevant data for brugerne, men det er op til de enkelte bilfabrikanter, programudviklere, flåder etc., hvordan de vil benytte de data, der stilles til rådighed.

Det afgørende punkt for, hvorvidt DSRC (G5) teknologien bliver udbredt er, om fremtidige køretøjer vil blive underlagt et krav om, at kommunikationsformen skal være implementeret som standard. Dermed vil man være ude over barrieren med at installere en OBU og et sekundært system i sit køretøj – samtidig med at tjenesterne vil være integreret i køretøjsproducenternes egne softwareløsninger.

## Konklusion

Compass4D benytter sig af nye løsninger til at forbedre trafiksikkerheden, fremkommeligheden og miljøpåvirkningen fra motorkøretøjer. København har valgt at indgå i projektet med et stort antal Movia-busser for at opbygge erfaringer med DSRC-teknologien og sammenligne den med andre kommunikationsformer, som benyttes til at prioritere busserne i byen med. Både traditionelle busspoleløsninger og trådløs GPS-prioritering via 3G/LTE netværket har begge deres ulemper, og det er håbet, at WIFI-kommunikationen vil kunne eliminere nogle af disse. Enten som et enkeltstående system - eller i kombination med andre systemer.

Samtidig giver Compass4D også mulighed for at levere andre ydelser end blot busprioritering. Mulighederne er mange, og det er absolut også interessant for kommunen at udforske disse som inspiration til den forestående store implementering af ITS i København.

Teknologien er dog stadig i opstartsfasen, og der er endnu kun få leverandører af hhv. OBU'er og RSU'er, der kommunikerer efter G5-standard. Derudover er der også det aspekt at tage hensyn til, at selvom kommunikationen mellem OBU og RSU benytter sig af standarder, er kommunikationen fra infrastrukturen til RSU'erne stadig et lukket leverandørspecifikt system. En løsning på dette i kombination med et krav til nye køretøjer om at indeholde teknologien som standard vurderes til at være de afgørende faktorer for at udbrede DSRC-teknologien på vejnettet i hhv. København, Danmark og Europa.