

Teknologi til opkrævning af kørselsafgifter i København

Management Konsulent Jens Peder Kristensen, KeyResearch
Mail: jpk@keyresearch.dk

1 INTRODUKTION

Dette notat beskriver tekniske muligheder for at implementere kørselsafgifter i København rækkende fra gennemprøvede teknologier, som allerede er i driftssikker anvendelse i mange europæiske byer, til teknologier som ligger længere ude i fremtiden, men som vil give større fleksibilitet i prissætningen, end vi ser med dagens metoder. Notatet inddrager, hvor det er relevant, erfaringer fra implementationer af kørselsafgifter i byer, erfaringer fra opkrævning af lastbilafgifter, samt erfaringer fra forskningsprojekter. Målet med notatet er at skabe et overblik over de parametre, som er vigtige at tage i betragtning ved valg af teknologi. Blandt de vigtigste parametre finder vi driftssikkerhed, omkostninger ved implementering og drift, mulighederne for takstvariationer, mulighederne for integration med parkeringsordninger, den visuelle virkning, samt sikring af privatlivets fred.

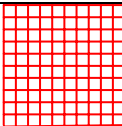
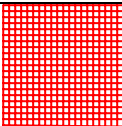
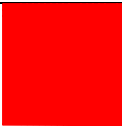
Selv om teknologien til afgiftsopkrævning udvikler sig hurtigt, så har den dog stadig mange begrænsninger. Det betyder, at man ved design af et kørselsafgiftssystem let kan komme til at stille krav, som enten er meget dyre at opfylde eller praktisk talt umulige at realisere. Derfor må design af systemet og valg af teknologi nødvendigvis være en iterativ proces, hvor krav til systemet justeres ind efter de muligheder, som teknologien giver. Det er håbet, at dette notat kan bidrage til, at den iterative proces forløber så smertefrit som muligt hen mod et godt design af et kørselsafgiftssystem for København.

Indledningsvist diskuteres forskellige principper for geografisk opdeling af områder kendt fra fuldska-l implementationer eller mindre forsøg. Dernæst diskuteres de forskellige teknologier og deres be-grænsninger, de forskellige teknologiers muligheder for at understøtte takstvariationer, relationerne til p-ordninger, sikring af privatlivets fred og den visuelle påvirkning af de forskellige løsninger.

2 GEOGRAFISK OPDELING

Dette afsnit handler om principper for geografisk opdeling og strukturering af et takstområde. Valget af princip for geografisk opdeling har stor betydning for valg af teknologier, idet nogle teknologier kun kan understøtte meget simple principper, mens andre teknologier understøtter mere komplekse principper. Valget af geografisk opdeling hænger dermed tæt sammen med de tekniske muligheder og de teknologiske løsninger, som er til rådighed på et givet tidspunkt.

Tabellen på næste side gennemgår de mest kendte principper for geografisk opdeling af takstområder. Alle eksemplerne anvendes i dag eller har været afprøvet i forsøg.

Takstprincipper	Beskrivelse
	En ring: En model med en bomring uden om en del af byen er den mest udbredte form for kørselsafgifter i dag. Ved at lægge ringen langs motorveje, jernbaner eller naturlige grænser såsom bjerge eller floder kan man begrænse antallet af bomstationer og derved etablere en bomring forholdsvis billigt.
	En zone: London indførte en zone med betaling for ikke bare at passere zonegrænsen men også for at køre inde i området. I London har man valgt at give en kraftig rabat til beboere i det takserede område, hvilket betyder, at de fleste, der betaler fuld pris, kommer udefra.
	En zone, men med fri gennemkørsel på enkelte veje: London overvejer at udvide takstområdet til dobbelt størrelse. Trafikmodelberegninger har vist, at det vil give de største trafikreduktioner i det nye område, hvis kørsel på to gennemgående veje forbliver gratis.
	Indfaldsveje: Flere byer har takster på nogle indfaldsveje men ikke på øvrige veje. Det er ofte fordi, bygningen af de takserede veje er takstfinansieret, mens de øvrige veje er bygget med offentlige midler. Metoden har dog den ulempe, at meget trafik vil søge over på andre og ofte mindre veje, hvis det er praktisk muligt.
	Koncentriske ringe: Edinburgh overvejede et system med to bomringe inden i hinanden. Derved opnår de en ekstra graduering af afgiften ved, at biler, der fortsætter helt ind til det meget tæt trafikerede centrum, skal betale to gange, mens de, der forbliver udenfor centrum, kun betaler én gang.
	Flere ringe/zoner: Det københavnske forsøg med road pricing, AKTA, arbejdede med 11 zoner. Disse var placeret i koncentriske ringe med centrum i city. Zonegrænsepassage blev dyrere, jo tættere bilisten kom på city. De mange zoner giver mulighed for at påvirke trafik udenom centrum. Samtidigt begynder det at ligne en grovkornet form for distanceafgift, fordi man uvil-kårligt vil passere mange zonegrænser, når man kører langt indenfor området.
	Celler: Det britiske transportministerium har diskuteret flere modeller for et landsdækkende road pricing system. Én af dem arbejder med zoner på ca. 500 meter i diameter. Herved er systemet så grovkornet, at GPS-teknik måske kan bruges, og samtidigt er systemet så finkornet, at det til en vis grad er ægte distancebaseret.
	Vejsegmenter: Et forsøg i Seattle arbejder med en pris pr. vejsegment. Byen er delt op i 8000 vejsegmenter, som kan sammenlignes med meget små zoner. Det er nok den fineste opdeling, som GPS-teknikken i dag kan håndtere, og samtidigt ret tæt på at være ægte distancebaseret. En mere grovkornet opdeling i vejsegmenter anvendes på de tyske motorveje.
	Km-afgift: I dag findes der en landsdækkende løsning i Schweiz baseret på km-afgift, men kun gældende for lastbiler. Omkostningerne ved indkøb og drift af udstyret er stadig alt for høje til, at det kan anvendes i almindelige personbiler. Det er dog sandsynligt, at prisfald og en mere moden teknologi vil gøre det muligt i løbet af nogle år.

Tabel 1. Mulige takstprincipper for kørselsafgifter i byer

3 TEKNOLOGIERNES MULIGHEDER OG BEGRÆNSNINGER

Opkrævning af kørselsafgifter kan ske med tre grundlæggende forskellige teknologier:

- Vignet
- Registrering af passage af takstgrænse
- Måling af kørt distance

3.1 Vignet

Den simpleste og måske billigste teknologi til opkrævning af afgifter er en simpel vignet, som blot skal placeres synligt på bilen, normalt på bilens forude. I dag anvendes vignetten på motorveje i Østrig og Schweiz. I Schweiz køber man en vignet, som gælder for et helt år ad gangen. Den placeres synligt i bilens forrude og gælder kun for den pågældende bil. Vignetten går i stykker, hvis man forsøger at flytte den over til en anden bil.

Både Rom og Singapore opgav brug af vignetten, fordi det er for kostbart at håndhæve, at alle bilister har de rigtige vignetter. I Rom regnede man med, at mere end en tredjedel af bilisterne i det licenskrævende område ikke havde den nødvendige licens. I Singapore fungerede vignetsystemet udmærket i de første år, men da man indførte specielle afgifter på nogle af indfaldsvejene, blev antallet af vignetvariationer meget stort, da man i forvejen skulle have forskellige vignetter afhængig af periodens længde og køretøjstype.

Eksemplerne viser, at vignetløsningen er meget lidt fleksibel, da det ikke er praktisk muligt at håndhæve ret mange forskellige vignettyper. Det betyder, at et vignetbaseret system kun kan have meget få takstkategorier. For eksempel to køretøjstyper og to zoner. Vignetløsningen kan kun vanskeligt understøtte myldretidstakster, da det vil være meget vanskeligt at håndhæve, at det kun er biler med myldretidslicens, der kører i myldretiden. Da der skal købes licens for en periode af gangen, formentligt i praksis et år, er der heller intet incitament for bilister, der har købt licens, til at lade bilen stå.

3.2 Registrering af passage af takstgrænse

Den klassiske form for motorvejsafgift består i, at bilisten ledes ind i én af flere manuelle betalingsbaner i et betalingsanlæg og betaler til personen i lugen. Når betalingen er modtaget, åbner personen for bommen, og bilisten kan fortsætte turen, indtil han forlader motorvejen eller igen møder et betalingsanlæg. Systemet kender vi fra Storebæltsbroen og Øresundsbroen.

Manuel betaling er en forholdsvis dyr betalingsform, hvilket har medført, at automatisk betaling er blevet indført de fleste steder. Det har dog indtil for nylig været svært helt at undvære den manuelle betaling, da de klassiske former for automatisk betaling kræver, at der er installeret særligt udstyr (en OBU¹) i bilen, hvilket man ikke kan forvente, at alle bilister har mulighed for eller overhovedet ønsker. Kravet om særligt udstyr i bilen er en kerneproblemstilling, som relaterer til de fleste former for elektronisk betaling. Kræver systemet særligt udstyr, skal systemdesignerne tage stilling til følgende tre spørgsmål:

1. Hvordan motiveres flest mulige bilister til at få monteret dette særlige udstyr?
2. Hvordan håndteres bilister, som ikke har det særlige udstyr?
3. Skal udstyret knyttes til bilen, eller må det frit flyttes rundt mellem forskellige biler?

De byer, der har indført kørselsafgifter, har valgt meget forskellige løsninger på ovenstående problemstillinger.

London har valgt en løsning, hvor der ikke skal anvendes en OBU. Alle biler, der kører ind i området, samt de fleste biler der kører i området, får deres nummerplade affotograferet, og med hjælp fra software, der automatisk kan genkende nummerpladen, bliver bilen identificeret. Det kontrolleres så, om bilisten har betalt for retten til at køre ind i området. Betalingen skal ske inden kl. 24.00 om aftenen, idet taksten ellers sættes op med 25 %. Er det ikke betalt inden kl. 24.00 næste dag, stiger taksten til det tidobbelte, men med mulighed for at slippe med at betale det femdobbelte, hvis betalingen falder

¹ OBU= On Board Unit. En almindelig term for en boks evt. med display der monteres i bilen til brug for for eksempel opkrævning af kørselsafgifter.

indenfor 14 dage. Der sker således en løbende stigning i betalingskravet for at sikre, at det er i bilistens interesse at betale hurtigst muligt.

Desværre så er nummerpladegenkendelse ikke fuldt pålideligt, hvorfor et stort antal nummerplader skal genkendes manuelt. Selv om leverandørerne lover meget høje genkendelsesprocenter, så viser praksis i London, at mere end 20 % skal genkendes manuelt. Alle biler bliver i gennemsnit fotograferet $3\frac{1}{2}$ gang pr. dag, da de også fotograferes inde i området, samt hvis de har forladt området og kører ind igen. Dette betyder, at mere end halvdelen af bilerne ($3\frac{1}{2} \cdot 20\% = 70\%$), der kører ind i området hver dag, skal have deres nummerplade identificeret manuelt. Det er naturligvis en ikke ubetydelig omkostning, og medfører, at driftsomkostninger i London-systemet er helt ekstraordinære høje (op mod 60 % af indtægterne). Set i lyset af, at en af de væsentlige fordele ved Londons system er, at bilisten slipper for at få installeret en OBU, må det konstateres, at det er en meget høj omkostning for at lade bilisterne slippe for lidt besvær. London er nu ved at overveje at indføre OBU i køretøjer for at reducere omkostningerne.

Singapore har valgt en løsning, der kræver OBU installeret i alle biler. Det er muligt, fordi langt hovedparten af bilerne, der kører igennem betalingsringen, er beboere i staten Singapore. De relativt få bilister fra Malaysia, som har behov for at anvende betalingsringen, lejer eller køber en OBU, inden de når frem til betalingsringen. Singapore har herved opnået en meget rationel drift af deres kørselsafgiftssystem.

Tønsberg og Bergen har valgt løsninger, som også er fuldautomatiske. De forventer, at langt hovedparten af bilisterne har en OBU, og affotograferer nummerpladerne på de resterende bilister uden OBU. Bilister uden OBU får periodevist tilsendt en samlet regning på alle passager af bomringen. Prisen for at passere uden OBU er lidt højere end med OBU for at motivere bilisterne til at anskaffe sig en OBU.

Parameter	Ingen OBU	Alle har OBU	De fleste har OBU. Resten fotograferes	De fleste har OBU. Resten betaler manuelt.
OBU procent	0%	100%	60-90%	60-90%
Håndhævelse	Kamera	Kamera	Kamera	Ikke nødvendigt
Hovedinvestering	Vejsideudstyr	Vejsideudstyr	Vejsideudstyr	Vejsideudstyr
Driftsomkostning	Høj Back-office ²	Lav Vedligehold	Lav Vedligehold	Lav Vedligehold
Teknologi	ANG ³	DSRC ⁴	DSRC	DSRC
Betaling	Registrering inden kørsel	Baseret på OBU	OBU, samt giro til dem uden OBU	OBU, samt manuel betaling
Byer med teknikken i dag	London	Singapore	Bergen, Tønsberg	Oslo, Stavanger, Trondheim

Tabel 2. Betaling ved passage af zonegrænse

Indenfor de seneste par år er RFID-tags, i form af klistermærker, der klæbes på forruden, blevet populære i USA. De anvendes også i Portugal og et enkelt sted i Frankrig. Med langtrækkende RFID-læsere, kan det fra vejsiden registreres, at en RFID-tag passerer en kontrolstation, og dermed kan man med RFID-tags lave en løsning, som har mange lighedspunkter med DSRC. Da RFID-tags kun koster et par kroner at producere i modsætning til DSRC OBU, der koster op mod 200 kroner, er RFID-tags en meget attraktiv løsning. Vi vil dog formentlig ikke se teknologien i brug i Europa de første mange år, da interoperabilitetsdirektivet fra EU (2004/52) ikke tillader brug af RFID-tags.

² Back-Office dækker over dataudstyr og personale placeret i et driftscenter

³ ANG = Automatisk Nummerplade Genkendelse

⁴ DSRC = Digital Short Range Communication: en standard udviklet specielt til brug på veje for betaling af afgifter. I Danmark anvendes teknologien i Brobizzerne til Storebælt og Øresund.

3.3 Betaling for kørt distance

Tre signaler bliver jævnligt omtalt som velegnede til at etablere et distancebaseret afgiftssystem. Der er tale om odometersignal⁵, GSM-signal og GPS⁶-signal. Her følger en diskussion af de teknologier, der knytter sig til anvendelsen af de tre typer af signaler.

Odometer/tachograph

Schweiz har også indført kilometerbetaling for lastbiler gældende for alle veje. Derfor var anvendelsen af betalingsanlæg udelukket fra starten. I Schweiz bestemte man sig for at anvende tachographen⁷ i lastbilen. Tachographen er direkte forbundet til odometret og kan derfor registrere antallet af kørte kilometre meget præcist, hvis ellers tachographen er blevet kalibreret korrekt. De schweiziske anlæg har også GPS-baseret positionsregistrering, men det er kun som en kontrol mod snyd og anvendes ikke til opkrævning.

Det er ikke nogen helt banal sag at anvende odometersignalet fra en personbil. Det findes i mange forskellige udformninger, da det ikke er nogen form for standardsignal. Det findes både som analogt og digitalt signal. Dertil kommer, at signalet skal kalibreres for at være anvendeligt. Denne kalibrering skal ske på et værksted med mulighed for at lade bilen køre på ruller.

Et dansk system med kilometerbetaling kunne i princippet bygges på en teknologi svarende til det schweiziske, hvor bilens odometer er den primære kilde til oplysninger om den kørte afstand. En stor ulempe ved odometerbaserede løsninger er dog, at taksten ikke kan varieres i et opkrævningsområde. Desuden er det nødvendigt at registrere, om bilen er i et opkrævningsområde eller ikke, hvorfor der skal indbygges DSRC-teknologi til at registrere passage af en zonegrænse. Endvidere skal udstyret sikres mod snyd, og det vil muligvis kræve installation af GPS svarende til den løsning, der er valgt i Schweiz. Dermed ender man med et dyrt opkrævningssystem, men meget lille fleksibilitet i opkrævningen.

GSM-baseret løsning

Umiddelbart virker GSM-teknologien attraktiv, da der under alle omstændigheder forventes at skulle være kommunikation mellem en bil med GPS-positionering og et datacenter for at håndtere afregning og for at sikre mod snyd. Mange omkostninger var sparet, hvis det var muligt helt at droppe GPS-enheden og blot basere positionsberegningen på GSM. Omfattende tests udført i London har vist at GSM-teknologien er alt for unøjagtig til brug for opkrævning af vejafgifter. Kun med meget avancerede metoder kan opkrævningen blive nøjagtig nok, men disse metoder er "uegnede til anvendelse i stor skala".

GPS-baseret løsning

Hvor de franske motorveje er bygget helt fra starten med betalingsanlæg, så ville det være en meget stor investering at bygge betalingsanlæg på de tyske motorveje. Der skulle altså findes en anden metode til registrering af kørslen på de tyske motorveje, og her faldt valget på GPS. Efter nogle problemer med at få systemet til at fungere tilfredsstillende er det tyske system nu i fuld drift tilsyneladende uden særlige problemer.

⁵ Odometer betyder afstandsmåler. Odometret er ofte tæt knyttet til speedometret, der måler hastigheden, da begge instrumenter er baseret på det samme puls signal fra bilen.

⁶ En mere generel betegnelse, GNSS, anvendes ofte. GNSS står for Global Navigation Satellite System og er en generel betegnelse, der dækker både GPS, Galileo, GLONASS systemerne. I almindelig tale anvendes GPS dog ofte dækkende alle tre systemer.

⁷ Tachographen registrerer lastbilens hastighed, så det er muligt at kontrollere, om chaufføren overholder hastighedsgrænser og hviletidsregler.

I det tyske system sammenlignes GPS-signalet med et kort over de tyske motorveje (mapmatching), hvilket gør, at eventuelle småfejl eller udfald af GPS-signalet ikke får betydning for nøjagtigheden af opkrævningen. Alle motorvejene er opdelt i segmenter, hvor man har beregnet taksten for at køre på et segment. Da GPS-systemet ikke behøver at registrere en position med stor præcision, men kun med sikkerhed skal registrere, hvilket segment lastbilen befinder sig på, så er GPS-systemet tilstrækkeligt præcist og pålideligt til at løse opgaven. Den tyske leverandør måtte dog installere et stort antal pseudolitter langs motorvejene for at opnå tilstrækkelig nøjagtighed.

Det tyske udstyr er dog forholdsvist dyrt at installere i personbiler, og samtidigt så er det tvivlsomt, om det vil fungere på almindelige veje, hvor risikoen, for at GPS-signalet bliver fejlfortolket, er betydeligt større. Endeligt så er der problem med overhovedet at modtage GPS-signaler i byer med høje huse, tunneller, parkeringskældre, veje med træer, der hænger ud over vejen etc. Disse problemer findes ikke på motorveje, hvor den største forstyrrelse af signalet kommer fra tunneler. Disse vil dog ofte ligge på et veldefineret vejsegment, og derfor kan afgiften beregnes uden problemer.

I Holland var planen at indføre et landsdækkende GPS-system med opkrævning af afgifter fra alle køretøjer. Planen blev dog opgivet, delvist på grund af politisk modstand og delvist fordi det var for dyrt og teknisk set meget risikabelt. I UK er der udarbejdet flere strategipapirer for, hvordan km-baserede afgifter kan indføres indenfor 5-10 år. Der er dog ikke taget nogen beslutning endnu om den videre fremfærd.

GPS-udstyr kan normalt opnå en nøjagtighed på fem meter. Ofte vil der dog være forstyrrelser, som gør, at nøjagtigheden bliver mindre. Samtidigt er der risiko for, at GPS-signalet helt falder bort i byområder med høje huse, i skovområder, samt i tunneller. For at kompensere for, at GPS-signalerne varierer i kvalitet, anvendes ofte tilkobling af speedometersignal og mapmatching. Derved opnår man, at softwaren kan beregne ruten i en periode uden signal fra GPS, da softwaren forudsætter, at bilen fortsætter ad en given vej. Indsættes der også information fra gyroskoplignende følere, kan bilens position, med en teknik der kaldes Dead Reckoning, beregnes adskillige kilometer frem. Det er vigtigt ved design af et GPS-system også at sikre det mod snyd. Her vil det også som minimum være nødvendigt med en kobling til speedometeret, for derved at kunne registrere at GPS-modtagere måske nok ikke modtager et signal, men bilen bevæger sig, hvilket indikerer, at der kan være tale om et forsøg på at snyde systemet.

3.4 Takstvariationer

Ved at lade taksten variere baseret på oplysninger om tid, sted eller i forhold til køretøjstype kan bilisternes adfærd reguleres. I princippet burde det være muligt at foretage en meget finkornet styring af bilisternes adfærd gennem valgte takstvariationer. Der er dog nogle praktiske grundregler, som skal overholdes:

- Effektive takster skal være letforståelige
- Geografisk, tids-, og køretøjsbestemte variationer i takster skal kunne overskues
- Effektive takster skal sættes i relation til øvrige variable udgifter til kørsel
- Forbrugsbaserede takster er bedre end periodetakster
- Taksterne skal opleves retfærdige

De forskellige takstvariationer understøttes af de to grundlæggende teknologier, der er valgt til videre analyse, DSRC og GPS. Der er dog enkelte former for takstvariationer, hvor teknologierne giver forskellige muligheder. Dertil kommer, at den særlige variant af DSRC, hvor der opkræves områdeafgift, som nævnt tidligere, ikke giver de samme muligheder for variationer af taksterne, som bomringeafgifterne. Dette fremgår af tabellen nedenfor.

Variation	DSRC Bomring	DSRC Områdeafgift	GPS
I løbet af en dag	Ja	Nej	Ja
Over tid	Ja	Nej	Ja
Afhængig af kørselsretning	Ja	Nej	Ja
Afhængig af bopæl	Ja	Ja	Ja
Afhængig af køretøjstype	Ja	Ja	Ja
Afhængig af valgt indfaldsvej	Ja	Nej	Ja
Afhængig af geografi	Nej	Nej	Ja
Afhængig af vejtype	Nej	Nej	(Ja) På sigt
Rabat	Ja	Nej	Ja
Binding til køretøj	Ja	Ja	Ja
Afhængig af tid i området	Ja	Nej	Ja
Afhængig af stop/parkering i området	Nej	Nej	(Ja). Kræver fast P-takst, uanset hvor man holder

Tabel 3. Oversigt over de variationsmuligheder der understøttes af de forskellige teknologier

Et system, hvor betaling afhænger af den tilbragte tid i området, er teknisk set muligt med både DSRC- og GPS-løsninger. Der er dog kun driftsmæssige erfaringer med DSRC-baserede løsninger. Trondheim og flere andre norske byer har dog et system, hvor man kun betaler én gang i løbet af en time. Det betyder, at de i back-office automatisk kan holde styr på, om bilen har været i området en time og derfor ikke skal betale igen. Tilsvarende findes der mange eksempler på rabat i form af en maksimal betaling pr. dag, uge eller måned.

3.5 Kørselsafgifter og parkeringsordninger

Det ville være besnærende, hvis det var muligt at kombinere en kørselsafgiftsordning med de eksisterende parkeringsordninger, fordi det ville give et sammenhængende system, hvilket ville være lettere for både bilister og administratorer. Der er dog en række forhindringer for sammenkoblingen af disse to ordninger, som blandt andet relaterer til organisatoriske, juridiske, økonomiske og tekniske problemstillinger. Dette afsnit vil primært diskutere de tekniske problemstillinger.

Det er ikke let at lade et GPS-baseret system erstatte de eksisterende parkeringsafgifter. Det vil for eksempel være endog meget teknisk krævende at registrere parkering i en underjordisk parkeringskælder, da der ikke er adgang til GPS-signaler. Det betyder, at det kan være vanskeligt at registrere, om bilen nu befinder sig i kælderen eller har forladt kælderen og i stedet har parkeret et sted i nærheden, hvor der heller ikke er GPS-dækning. Ligeledes kan det være vanskeligt at registrere, om en bil holder på en parkeringsplads, hvor der er høj timebetaling, eller på en naboplads, som måske er privatejet og derfor gratis at anvende.

En mere fremkommelig og simpel ordning er at pålægge alle biler den samme p-afgift. Enten ved, at der betales en pris for at holde stille indenfor afgiftszonen, eller ved, at der simpelthen betales en afgift for den tid, man opholder sig i zonen. Som nævnt tidligere kan man vælge at lade denne afgift for at opholde sig i zonen være meget lav eller lig nul i nattetimerne, fordi man godt vil give mulighed for at overnatte i zonen. Problemet ved den simple ordning er, at det strider mod ønsket om at give lokale beboere rabat på parkeringen eller måske adgang til gratis parkering. Her kunne løsningen være at binde OBU'en til bestemte biler. Derved vil det være muligt at identificere, at bestemte biler har adgang til at parkere billigt i området, mens andre OBU'er skal betale fuld pris for at være i området. GPS-baserede OBU'er vil under alle omstændigheder være knyttet til bilen, men dette er ikke nødvendigvis tilfældet med DSRC baserede OBU'er. At binde en DSRC OBU til bilen vil medføre ekstra installationsomkostninger for at sikre, at der ikke bliver snydt med omflytninger af OBU'erne.

3.6 Sikring af privatlivets fred

Opkrævning af kørselsafgifter kræver én eller anden form for registrering af bilers position. Da bomringe med henholdsvis GPS og DSRC-baserede systemer giver væsentligt forskellige overvågningsproblemer, behandles de her adskilt.

DSRC

En DSRC-baseret OBU registrerer tidspunkt og sted for passage af bomringe. Der er formentlig ikke tale om særligt følsomme informationer for den almindelige bilist, men alligevel er der dog tale om data som kan påvise, at man har bevæget sig på vejene på et givet tidspunkt. Der er givet tale om data, som det kan være interessant at anvende i politiets efterforskning, til påvisning af en persons bevægelsesmønster på samme måde som politiet i dag anvender oplysninger om brug af kreditkort og oplysninger om positioner af en mobiltelefon.

For DSRC-systemer skelnes der typisk mellem, om der er tale om en konto placeret centralt hos bomafgiftsopkræveren eller en konto placeret på et smartcard i en DSRC. Der er mange praktiske fordele ved at have kontoen placeret centralt. Man slipper for både smartcard og smartcard-læseren, som medfører, at OBU'en koster ekstra. Den primære fordel ved at have kontoen placeret lokalt på et smartcard i DSRC'en er muligheden for anonymitet. Når betalingstransaktionen er gennemført på smartcard, kan alle øvrige data om passagen af bomstationen slettes både i vejsideudstyr og på smartcard.

GPS

På grund af den omfattende opsamling af data, et GPS-system foretager, er faren for misbrug betydeligt større. Gemmes alle GPS-positioner for en bil i en periode, vil bilens bevægelser kunne genskabes med stor nøjagtighed. Hvis data falder i de forkerte hænder, vil dette kunne misbruges til afpresning, til sensationspressen, til snagen i folks privatliv etc. Naturligvis ville sådanne data også have en stor værdi til brug for politiets legitime efterforskning.

Det er muligt rent teknisk at sikre GPS-systemer mod misbrug. Den enkleste måde vil være at lade alle takst- og kortinformationer ligge lokalt på GPS-enheden, som løbende beregner omkostningerne ved at køre i bilen. Når der er informationer nok til at addere en omkostning, slettes alle de tilhørende positioner. Derved vil der kun være et tal, som bevares i enheden, nemlig summen af kørselsafgifterne siden sidste gang enheden blev nulstillet. I et sådant system vil det ikke være muligt for nogen, hverken bilisten selv, tekniske specialister eller politiet at hente nogen information om bilens kørsel. Det vil kun være muligt at estimere ud fra beløbets størrelse, om bilen har kørt meget eller lidt indenfor en given periode, som kan være en eller to måneder.

Med et så sikkert system, som beskrevet ovenfor, opstår der problemer, hvis bilister klager over opgørelsen, fordi der ikke findes noget lagret baggrundsdata for afregningen. Hvis det skal være op til bilisten at vælge mellem, om han ønsker et fuldstændigt anonymt system eller et system, hvor der er mulighed for lagring, så kan GPS OBU'en udstyres med en knap, hvormed bilisten kan bestemme om positionsdata skal lagres eller ikke. Aktiveres knappen, kan OBU'en for eksempel automatisk gemme den sidste måneds positioner. Klager bilisten over en regning, kan disse gemte data hentes ind centralt og kontrolleres, evt. hos en uafhængig instans.

3.7 Visuel påvirkning

Både DSRC- og GPS-baserede løsninger kræver vejsideudstyr. For GPS-systemernes vedkommende er vejsideudstyr nødvendigt, fordi det skal anvendes til at identificere biler uden GPS-udstyr og sikre, at de betaler. For DSRC-systemernes vedkommende er vejsideudstyr en hel basal komponent i systemets opbygning. Uden vejsideudstyret har bilernes DSRC ikke noget at kommunikere med.

Der er dog en væsentlig forskel på om vejsideudstyret skal anvendes til at sikre mod manglende betaling (håndhævelse), eller om det skal anvendes til at forestå betalingen. Kravene til driftssikkerhed er

væsentligt højere, når selve betalingen foretages med vejsideudstyr, mens noget mindre driftssikkerhed er acceptabelt, hvis det blot drejer sig om at fange de fleste af dem, der forsøger at snyde sig igennem uden at betale. Londons system til nummerpladegenkendelse er ikke særligt driftssikkert, men fuldt tilstrækkeligt til at demotivere de fleste potentielle snydere. Stockholms DSRC-system skal fungere med meget stor driftssikkerhed, fordi hele betalingen afhænger af, at alle biler identificeres korrekt.

Selv om der ofte er et politisk ønske om at reducere vejsideudstyret mest muligt, så er der også et modsatrettet ønske om at gøre det mest muligt synligt for bilisterne, at de er på vej ind i et område med kørselsafgifter. Dette ønske ses materialiseret i store skilte og bemaling på vejene i London med store røde markeringer. I Stockholm anvendes de store portaler ligeledes til tydeligt at markere, at bilisterne nu er på vej ind i et afgiftsområde.

Brug af DSRC teknologi til montering på pæle i vejsiden kan formentlig være tilstrækkeligt i et GPS-baseret system, hvor DSRC'en kun anvendes til håndhævelse. Skal DSRC-systemet derimod dække over en bred vej med trafik i begge retninger, og hvor bilerne samtidigt ikke er tvunget til at placere sig i mindre båse, så er der endnu ikke implementeret løsninger uden brug af portaler. Der bliver dog arbejdet intensivt på at udvikle løsninger, som kan fungere driftssikkert uden at kræve portaler. Bl.a. foretager London en del eksperimenter med sådanne løsninger, fordi man ønsker at finde en billigere løsning end den nuværende kamerabaserede løsning, samtidigt med, at man ønsker at undgå at skulle implementere portaler.

4 SAMMENFATNING

Set i lyset af, at EU direktiv 2004/52 bliver gældende for Danmark og i øvrigt har det prisværdige formål at etablere en europæisk standard for opkrævning af vejafgifter, så må det konstateres, at det ikke giver mening at arbejde videre med de tre løsninger "vignet", "ingen OBU" og "Speedometer baseret", da disse ikke overholder direktivet. Samtidigt er disse tre løsninger heller ikke velegnede til at differentiere taksterne og vil derfor formentlig være stærkt begrænsende for et design for København.

Opsamlingen i tabel 4 på næste side viser, at det lader to teknologier tilbage til anvendelse i København. DSRC-baserede OBU'er og GPS-baserede OBU'er. I systemer med DSRC-baseret OBU kan det være et krav, at alle bilister har enheden installeret (obligatorisk) eller, at det er valgfrit for bilisterne at installere OBU'en (frivilligt). Derudover kan et DSRC-baseret system understøtte både områdeafgift og ringafgift.

Alternativet til DSRC er GPS-baserede OBU'er. Disse er betydeligt dyrere, og alene prisen gør det urealistisk at anvende dem i dag. På sigt vil teknologien givet blive bedre og billigere, men hollandske og britiske analyser taler om en tidshorisont på 10 år, hvis systemdesignet kræver stor præcision. Skal der kun arbejdes med vejsegmenter, kan en løsning måske etableres hurtigere. Skønnene, over hvor hurtigt en GPS-baseret løsning kan implementeres, er dog meget usikre, og der er reelt ikke nogen garanti for, at det nogensinde vil komme til at fungere i et bymiljø, selv om det nok er sandsynligt.

Teknologirisikoen vil være enorm, hvis København vælger at være den første by, der implementerer en GPS-baseret løsning. Måske kan omfattende tests og udvikling dog sikre, at der findes en løsning, som er driftssikker, men der er ingen tvivl om, at i en sådan situation så vil det blive en usædvanlig dyr løsning. Al erfaring med avanceret teknologi siger dog, at det sjældent er hverken billigt eller let at være den første med ny teknologi.

5. Referencer

1. Kørselsafgifter i København, Teknisk rapport, 2005.
2. <http://www.vejafgifter.dk>

Nedenfor sammenlignes de mest relevante teknologier på en række overordnede parametre.

	Vignet	Ingen OBU (ANG)	Valgfri OBU (DSRC)	Tvungen OBU (DSRC)	Speedometer Baseret	Km afgift GPS	Mange zoner GPS
Gennemtestet teknologi	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej
Håndhævelse omkostninger	Store	Store	Mindre	Mindre	Mindre	Store	Store
Mulighed for at variere takster i tid, geografi og efter køretøj	Meget begrænset	Meget begrænset	Ja. Dog kun i et vist omfang geografisk	Ja. Dog kun i et vist omfang geografisk	Nej	Ja	Ja
Distancebaseret afgift	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja	Ja	Ja
Etableringsomkostninger	Meget små	Store	Store	Store	Store, til OBU	Store, til OBU	Store, til OBU Og håndhævelse
Driftsomkostninger	Håndhævelse	Meget store	Mindre	Mindre	Store	Store	Store
Visuelle gener	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja, ved zonegrænser	Ja, til håndhævelse	Ja, til håndhævelse
Frit flydende trafik i flere spor uden portaler	Ja	Ja	Forventes afprøvet i løbet af 1-2 år	Forventes afprøvet i løbet af 1-2 år	Forventes afprøvet i løbet af 1-2 år	Ja	Ja
Hvornår er teknologien moden til implementation	2005	2005	2005 (med portaler)	2005 (med portaler)	2005	2015 (2010 i simpel løsning)	2015 (2010 i simpel løsning)
Overholder EU direktiv 2004/52	Nej	Nej	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja
Anbefales anvendt i København	Nej	Nej	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja

Tabel 4. Sammenligning af en række teknologier og varianter deraf på en række hovedparametre.