

# Signalplaceringer

Videns- og dokumentationsrapport



# Indhold

<b>Sammenfatning</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Indledning</b> .....	<b>10</b>
<b>2. Metode og datagrundlag</b> .....	<b>11</b>
2.1 Signalers synlighed og trafikanters synsfelt .....	11
2.2 Krydsgeometri og signalers placering .....	15
2.3 Litteraturstudie om rødkørsel og signalplacering.....	17
<b>3. Resultater</b> .....	<b>19</b>
3.1 Signalers synlighed og trafikanters synsfelt .....	19
3.1.1 Trafiksignalers synlighed .....	19
3.1.2 Placering af bilføreres øjne.....	25
3.1.3 Placering af cyklisters øjne .....	26
3.1.4 Bilisters synsfelt .....	27
3.1.5 Cyklisters synsfelt.....	31
3.1.6 Sigthindrende forankørende eller krydsende køretøjer .....	32
3.2 Synlige signaler ved stoplinje.....	33
3.2.1 Synlige signaler for cyklister .....	34
3.2.2 Synlige signaler for bilister .....	37
3.3 Synlige signaler på vej frem mod kryds.....	46
3.3.1 Synlige signaler for bilister ved lige tilfart .....	46
3.3.2 Synlige signaler for bilister ved kurvet tilfart .....	49
3.3.3 Synlige signaler for cyklister cyklende mod kryds .....	50
3.4 Signalplaceringer, rødkørsel og ulykker .....	50
3.4.1 Sammenhænge mellem signalplaceringer, rødkørsel og ulykker .....	50
3.4.2 Rødkørsel og rødkørselsulykker i Europa .....	53
<b>Referencer</b> .....	<b>54</b>

# Sammenfatning

Vejdirektoratet har stillet Trafitec til opgave at gennemføre en analyse af, om trafiksignaler kan ses fra gængse køretøjstyper med den nuværende anbefalede placering af signallanterner, der fremgår af vejregelhåndbogen *Projektering af trafiksignaler*, kapitel 4, juni 2022. Derudover ønskes en vurdering af, hvorvidt der kan være en sammenhæng mellem rødkørsler og signalplaceringer. Analyse og vurdering skal munde ud i en velunderbygget anbefaling til, hvordan trafiksignaler placeres ved stoplinjen og andre steder i signalregulerede kryds.

## Synlige signaler ved stoplinje

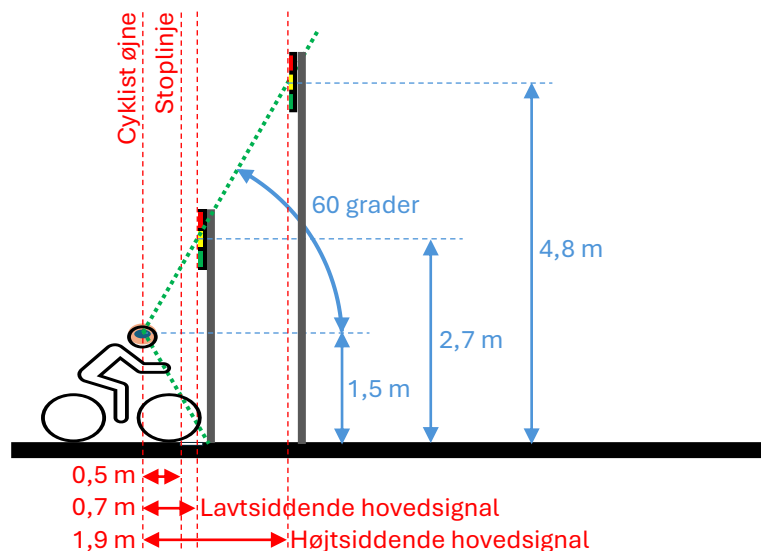
Vejregelhåndbogen *Projektering af trafiksignaler* fra juni 2022 anbefaler et grundlag, hvorudfra det kan beregnes, om trafiksignaler kan ses af de forreste holdende bilister ved stoplinjen. Det grundlag omfatter bilistens synsfelt og placering af øjne. Ud fra opmålinger, undersøgelser mv. anbefales i nærværende videns- og dokumentationsrapport at ændre grundlaget samt tilføje et tilsvarende grundlag for cyklister. Bilister har et større synsfelt og en gunstigere placering med det anbefalede grundlag fra nærværende rapport end i vejregelhåndbogen, se Tabel 1. Således er der en større sandsynlighed for, at bilister beregnes til at kunne se et givet signal.

	Projektering af trafiksignaler <b>Bilister</b>	Nærværende rapport <b>Bilister</b>	Nærværende rapport <b>Cyklister</b>
Synsfelt/-vinkel opadgående	20 grader	20 grader	60 grader
Synsfelt/-vinkel mod højre	20 grader	30 grader	60 grader
Synsfelt/-vinkel mod venstre	20 grader	30 grader	60 grader
Øjenhøjde over belægning	100 cm	120 cm	150 cm
Placering af øjne bag stoplinje	100 cm	220 cm	50 cm
Placering af bilisters øjne ift. midt af kørespor	40 cm til venstre	35 cm til venstre	-
Placering af cyklisters øjne ift. højre kant af færdselsareal	-	-	30- cm til venstre

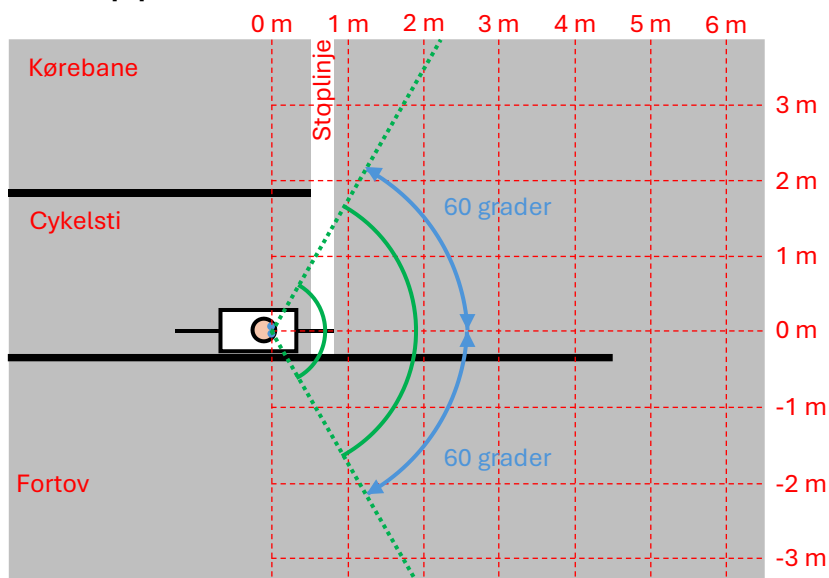
**Tabel 1.** Grundlag for beregning af om trafiksignaler kan ses af cyklister og bilister, der holder i forreste position ved stoplinjen i signalregulerede kryds.

Til illustration af synsfeltet for en cyklist, der holder ved stoplinjen nærmest kantstenen i højre side af cykelstien, er synsfeltet tegnet hhv. "Set fra siden" og "Set oppefra", se Figur 1. En cyklist, der holder ved stoplinjen, anslås at have synsvinkler på 60 grader til venstre, til højre, opad og nedad. Det betyder, at cyklisten kan se 1,73 m til venstre, til højre, opad og nedad for hver meter i referenceretningen (lige frem foran cyklisten). Figur 1 illustrerer fint cyklistens meget store synsfelt. Cyklisten kan se et lavtsiddende hovedsignal, hvor lanternens midte er 2,7 m over belægningen, når det er placeret i en vandret afstand på 0,7 m fra cyklistens øjne. Et højt-siddende hovedsignal med midten af lanternen 4,8 m over belægningen kan cyklisten se i en vandret afstand på 1,9 m fra cyklistens øjne. Tilsvarende kan cyklisten se et cyklistsignal i en vandret afstand på blot 17 cm fra cyklistens øjne og et ophængt højt-siddende hovedsignal over kørebanen i en vandret afstand på 2,3 m fra cyklistens øjne.

## Set fra siden:



## Set oppefra:



**Figur 1.** Eksempel på sigtelinjer (stiplede grønne linjer) for cyklist ved udmåling af 60 graders synsvinkler vertikalt (øverste tegning - set fra siden) og horisontalt (nederste tegning - set oppefra). Cyklistens øjne er placeret 0,5 m bag stoplinje, 1,5 m over belægning og 0,3 m fra kantsten til fortov. På øverste tegning er angivet hhv. et lavtsiddende og et højtsiddende hovedsignal. Disse signaler kan cyklisten se, når der er mere end hhv. 0,7 m og 1,9 m i vandret afstand fra øjnene til signal. Disse afstande er markeret med grønne ringe på den nederste tegning.

Cyklistens meget store synsfelt betyder, at det kun er i situationer, hvor cyklisten er placeret til venstre på en meget bred cykelsti, at cyklisten evt. ikke kan se primære signaler (i forkant af krydset), hvis cyklistens stoplinje er placeret tæt på de primære signaler. Dog skal det nævnes,

at det kan være svært at opdage og se de relativt små cyklistsignaler, hvis disse er placeret mere end ca. 40 m væk.

Cyklister, der holder bag stoplinjen på en fremført cykelsti eller -bane, kan se et primært cyklistsignal eller primært lavtsiddende hovedsignal til højre for cykelstien eller -banen, når stoplinjen er placeret hensigtsmæssigt. Hvis det ønskes, at cyklister bag stoplinjen skal kunne se et primært signal, så anbefales, at stoplinjen afmærkes mindst 1,0 m bag signalet, når cykelsti eller -bane er op til 2,3 m bred. Hvis cykelsti eller -bane er 2,3-3,0 m bred, så anbefales, at stoplinjen afmærkes mindst 1,5 m bag signalet. Hvis cykelsti er 3,0-4,0 m bred, så anbefales, at stoplinjen afmærkes mindst 2,0 m bag signalet. Hvis cykelsti er bredere end 4 m, så anbefales, at der opsættes et ekstra cyklistsignal på stander på delehelle til venstre for cykelsti eller på galge hen over cykelsti, og at stoplinjen afmærkes mindst 1,5 m bag signalerne.

Det er vigtigt, at de primære cyklistsignaler og lavtsiddende hovedsignaler har en tilstrækkelig bred lysfordeling og er vinklet rigtigt, så de tydeligt kan ses i områder markeret med røde linjer i Figur 9 i afsnit 3.2.1.

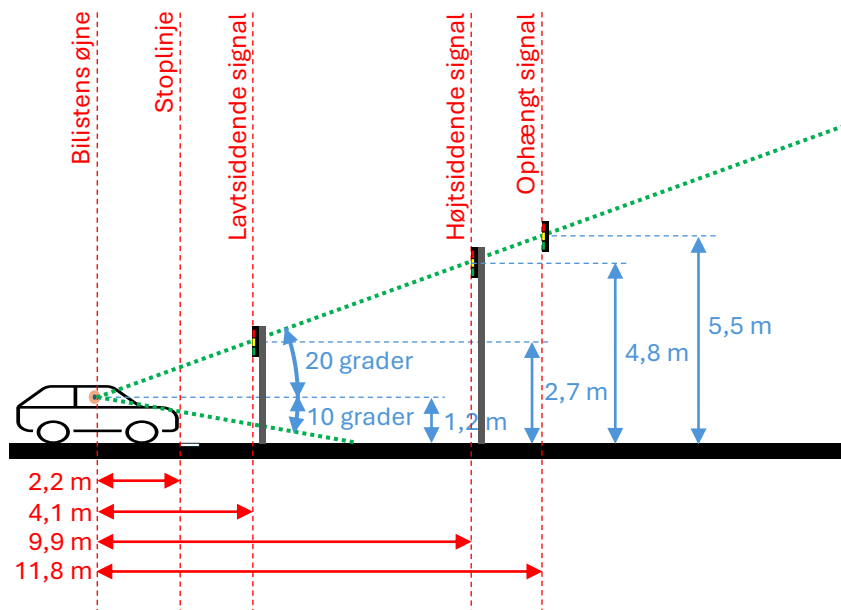
Venstresvingende cyklister holder typisk afventende foran primære signaler og foran et evt. tværgående fodgængerfelt. For venstresvingende cyklister er et sekundært signal på helleanlæg på den tværgående vej til højre for tilfarten og/eller på højre hjørne i bagkant af krydset nødvendigt. Hvis der findes et sekundært signal disse steder, så vil alle cyklister fra tilfarten både venstresvingende, ligeudkørende og højresvingende kunne se signalet. Det er vigtigt, at disse sekundære signaler har en tilstrækkelig lysfordeling og er vinklet rigtigt, så trafikanter, der skal kunne se dem, faktisk kan se dem.

Til illustration af synsfeltet for en personbilist, der holder bag stoplinjen midt i køresporet nærmest cykelstien, er synsfeltet tegnet hhv. "Set fra siden" og "Set oppefra", se Figur 2.

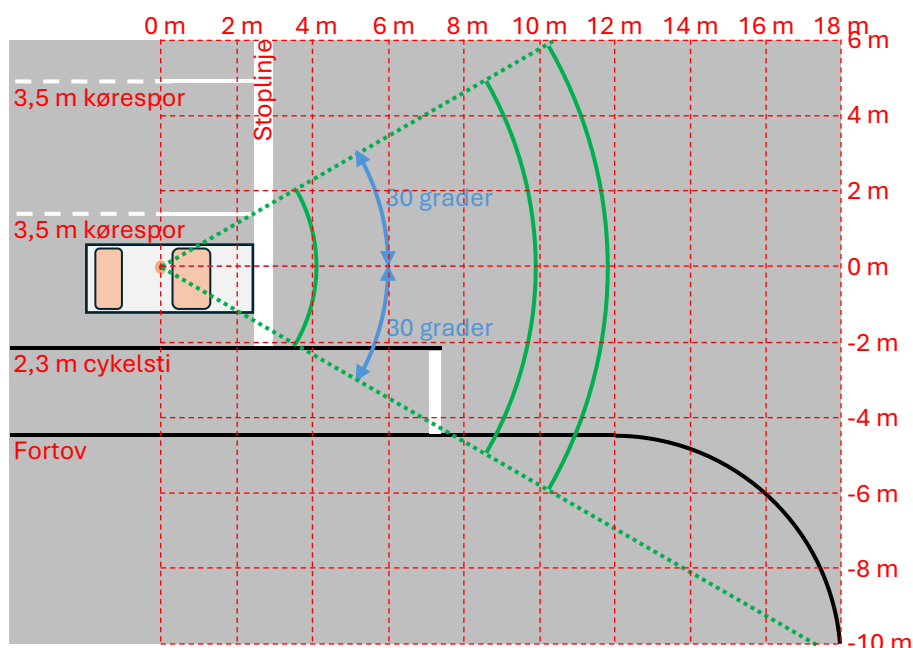
En personbilist, der holder bag stoplinjen, anslås at have synsvinkler på 30 grader til venstre og til højre, 20 grader opad og 10 grader nedad. Det betyder, at bilisten kan se 0,58 m til venstre og til højre, 0,36 m opad og 0,18 m nedad for hver meter i referenceretningen (lige frem foran bilisten). Figur 2 illustrerer fint bilistens synsfelt. Bilisten kan se et lavtsiddende hovedsignal, hvor lanternens midte er 2,7 m over belægningen, når det er placeret i en vandret afstand på 4,1 m fra bilistens øjne. Et højtsiddende hovedsignal med midten af lanternen 4,8 m over belægningen kan bilisten se i en vandret afstand på 9,9 m fra bilistens øjne, og bilisten kan se et ophængt hovedsignal over kørebanen i en vandret afstand på 11,8 m fra bilistens øjne.

Bilistens begrænsede synsfelt betyder, at flere af de primære signaler ofte ikke kan ses fra en personbil, der holder umiddelbart bag stoplinjen. Denne bilist kan sjældent se højtsiddende primære signaler. Derimod kan bilisten ofte se de fleste sekundære signaler, når de er placeret på de anbefalede steder i krydset i henhold til *Projektering af trafiksignaler*.

## Set fra siden:



## Set oppefra:



**Figur 2.** Eksempel på sigtelinjer (stiplede grønne linjer) for biler ved udmåling af synsvinkler vertikalt (øverste tegning - set fra siden) og horisontalt (nederste tegning - set oppefra). Bilistens øjne er placeret 2,2 m bag stoplinje, 1,2 m over belægning og 0,35 m til venstre for midten af køresporet. På den øverste tegning er angivet hhv. et lavtsiddende, et højtsiddende og et ophængt hovedsignal. Disse signaler kan bilisten se, når der er mere end hhv. 4,1 m, 9,9 m og 11,8 m i vandret afstand fra øjnene til signal. Disse afstande er markeret med grønne ringe på den nederste tegning.

Bilister, der holder bag stoplinjen i kørespor længst mod højre, kan se de primære lavtsiddende hoved- og pilsignaler til højre for kørespor, når der mellem kørespor og signal er en fremført cykelfacilitet med en bredde på maksimalt 2,0 m. Uden en fremført cykelfacilitet kan bilisten se signalet, når stoplinjen afmærkes mindst 2,5 m bag signalet. Med en fremført cykelfacilitet kan signalet først ses, når stoplinjen afmærkes 5,0 m bag signalet. Når den fremførte cykelsti er meget bredere end 2,0 m og det ønskes, at holdende bilister i det højre kørespor kan se det primære signal i højre side, så anbefales, at der opsættes hoved- og pilsignal på stander på helle mellem cykelsti og kørespor eller på galge hen over cykelsti, og stoplinje afmærkes mindst 2,5 m bag signaler. **Et primært signal i højre side beregnes til at kunne ses fra maksimalt ét kørespor.**

Bilister, der holder bag stoplinje i kørespor længst mod venstre, kan se de primære lavtsiddende hoved- og pilsignaler til venstre for kørespor. Hvis disse signaler skal være synlige for bilister i kørespor længst mod venstre, så anbefales, at stoplinjen afmærkes mindst 2,5 m bag signalet. Hvis disse signaler skal være synlige for bilister i de to kørespor længst mod venstre, så anbefales, at stoplinjen afmærkes mindst 8,5 m bag signalet. Det er tilladt at placere disse signaler, så langt foran stoplinjen fx foran et tværgående fodgængerfelt. Det er ikke altid muligt at placere et primært lavtsiddende signal i venstre side. **Et primært signal i venstre side beregnes til at kunne ses fra maksimalt to kørespor.**

Da holdende bilister bag stoplinjen, særligt i store kryds og i kryds uden helleanlæg, ofte ikke kan se primære signaler, er det nødvendigt at opsætte sekundære signaler. Der er også behov for sekundære signaler, hvis der er 1-lys pilsignaler. Behovet for sekundære signaler omtales samlet senere i denne sammenfatning.

#### *Synlige signaler på vej frem mod kryds*

I nærværende rapport er der også opstillet grundlag for bilisters og cyklisters synsfelt, når de kører hen mod et signalreguleret kryds, se Tabel 2. I vejregelhåndbogen *Projektering af trafiksignaler* fra juni 2022 findes ikke et sådant grundlag.

	Nærværende rapport <b>Bilister</b>	Nærværende rapport <b>Cyklister</b>
Synsfelt/-vinkel opadgående	15 grader	15 grader
Synsfelt/-vinkel mod højre	15 grader	15 grader
Synsfelt/-vinkel mod venstre	15 grader	15 grader
Øjenhøjde over belægning	120 cm	150 cm
Placering af bilisters øjne ift. midt af kørespor	35 cm til venstre	-
Placering af cyklisters øjne ift. højre kant af færdselsareal	-	60- cm til venstre

**Tabel 2.** Grundlag for beregning af om trafiksignaler kan ses af cyklister og bilister, der kører frem mod et signalreguleret kryds.

Det er særligt vigtigt, at trafikanter kan se relevante signaler, når disse skifter fra grønt til gult. Derfor anbefales, at grundlaget i Tabel 2 anvendes, når bil hhv. cykel er i præcis 4 sekunders køretid fra stoplinjen i tilfarten. For bilister anbefales også, at beregninger af synlige signaler

inkluderer et sigthindrende modulvogntog, hvis bagende er præcis 1 sekunds køretid foran bilens forende. Dimensioner for modulvogntog er 255 cm bredt, 400 cm højt og 2525 cm langt.

Cyklister beregnes til altid at have et eller flere synlige relevante signaler i deres kørsel frem mod krydset.

For en bilist, der kører frem mod kryds, kan et modulvogntog kørende 1 sekund foran og midt i samme kørespor skjule alle relevante signaler, hvis tilfarten, som bilisten kører i, kun har ét kørespor ved stoplinjen eller kun har to kørespor og ingen cykelfacilitet ved stoplinjen. I sådanne tilfarter anbefales at beregne om et sekundært højtsiddende signal på venstre hjørne i bagkant af krydset eller et sekundært lavtsiddende signal på helleanlæg på den tværgående vej til højre for tilfarten, kan ses af bilisten. For kryds, hvor selv disse sekundære signaler ikke er synlige for bilisten, anbefales, at der opstilles forvarsling af signalanlægget.

### *Behovet for sekundære signaler*

Trafikanter, der kører frem mod signalregulerede kryds, og trafikanter, der holder ved signalregulerede kryds, skal kunne se mindst et relevant signal. Hvis de ikke kan se et primært signal i forkant af krydset, så skal der opsættes sekundære signaler - midt i eller i bagkant af krydset.

Med baggrund i de udførte overvejelser og beregninger kan det siges, at sekundære signaler for tilfarten er nødvendige (skal opsættes), når:

- Der er **venstresvingende cyklister**. Sekundært signal opsættes på helleanlæg på tværgående vej til højre for tilfart eller på højre hjørne i bagkant af kryds.
- Der er **1-lys pilsignal**. Sekundært 1-lys højresvings pilsignal opsættes på helleanlæg på tværgående vej til højre for tilfart eller på højre hjørne i bagkant af kryds. Sekundært 1-lys venstresvings pilsignal opsættes på helleanlæg eller venstre hjørne i bagkant af kryds.
- Der er **flere end to-tre kørespor i tilfarten eller deltilfarten**. Sekundære signaler ophænges over krydset eller opsættes på hjørner i bagkant af krydset eller på helleanlæg.
- Der er **to eller flere kørespor i tilfarten men ingen helleanlæg til primære signaler i venstre side**. Sekundære signaler ophænges over krydset eller opsættes på hjørner i bagkant af krydset eller på helleanlæg.
- **Tilfarten er lige eller let kurvet, og har kun et kørespor eller har to kørespor og ingen cykelfacilitet ved stoplinjen**. Sekundært signal opsættes på venstre hjørne i bagkant af kryds og/eller på helleanlæg på tværgående vej til højre for tilfart.

Synligheden af sekundære signaler fremgår af afsnit 3.2.1 og 3.2.2.

For bilister og til dels for cyklister er der særligt to situationer, hvor sekundære pilsignaler kan være skjult af tværgående trafik. I afsnit 3.2.1 og 3.2.2 er angivet, hvordan de to situationer kan håndteres.



### *Signalplaceringer, rødkørsel og ulykker*

Ud fra resultater fra et litteraturstudie må det konstateres, at en forbedring af signalers synlighed ser ud til at medføre et betydeligt fald i antallet af tværkollisioner (rødkørselsulykker) og formentligt også et betydeligt fald i omfanget af rødkørsel. Når færre kører over for rødt, så kan der opstå flere kraftige opbremsninger. Forbedring af signalers synlighed ser også ud til at medføre en stigning i mindre alvorlige ulykker såsom bagendekollisioner. Undersøgelser tyder på, at en forbedring af signalers synlighed kan medføre fald i det samlede antal ulykker i signalregulerede kryds på ca. 3-5 %, afhængig af hvilke tiltag, der indgår i forbedringen af signalers synlighed.

Viden og erfaringer viser, at etablering af automatisk rødkørselskontrol reducerer antallet af tværkollisioner med 15-30 %, mens antallet af bagendekollisioner stiger med 15-30 %, og det samlede antal ulykker falder med omkring 2 %. Automatisk rødkørselskontrol reducerer omfanget af rødkørsel med ca. 50 %. Forbedring af signalers synlighed ser således ud til at have nogenlunde tilsvarende effekter som automatisk rødkørselskontrol.

# 1. Indledning

Vejdirektoratet har stillet Trafitec til opgave at gennemføre en analyse af, om trafiksignaler kan ses fra gængse køretøjstyper med den nuværende anbefalede placering af signallanter, der fremgår af vejregelhåndbogen *Projektering af trafiksignaler*, kapitel 4, juni 2022. Derudover ønskes en vurdering af, hvorvidt der kan være en sammenhæng mellem rødkørsler og signalplaceringer. Analyse og vurdering skal munde ud i en velunderbygget anbefaling til, hvordan trafiksignaler placeres ved stoplinjen og andre steder i signalregulerede kryds.

Retningslinjerne for placering af signaler blev udviklet i 1960'erne og 1970'erne og blev nedskrevet i den første vejregel om trafiksignaler i 1985. Anbefalingen er, at hovedsignaler ved stoplinjen skal kunne ses i en vinkel inden for 20 grader til hver side for køretøjets længdeakse og 20 grader over vandret. Der er sket meget med køretøjernes indretning og bilparkens køretøjssammensætning siden dengang.

Opgaven gennemføres i samarbejde mellem Trafitec's projektmedarbejder (Søren Underlien Jensen), Vejdirektoratets projektleder (Monika Filidzanovic/Andreas Møllenberg) samt en vejregelgruppe (IT på vej) bestående af repræsentanter fra vejsektoren.

Arbejdet afrapporteres i nærværende viden- og dokumentationsrapport om signalplaceringer. Rapporten er udarbejdet i Trafitecs rapportdesign og er gjort webtilgængelig i henhold til Vejdirektoratets manual.

## 2. Metode og datagrundlag

I *Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning* står i § 221: "X 11 Hovedsignal skal placeres således, at trafikanter, der kører mod et signalreguleret kryds, skal kunne se mindst 2 signaler, der viser samme signalbillede, hvoraf mindst et hovedsignal skal være placeret således, at det under normale forhold ikke dækkes af forankørende eller krydsende køretøjer. Stk. 2. Trafikanter, der holder ved en stoplinje, skal kunne se mindst et signal. Stk. 3. For hver tilfart i et signalreguleret område kan 3-lys pilsignaler eller cyklistsignaler erstatte hovedsignaler" (Vejdirektoratet, 2023). Placeringen af signaler bør grundlæggende opfylde kravene i bekendtgørelsen. Hvis placeringen af primære signaler nær stoplinjen i krydsets forkant ikke kan opfylde de nævnte krav, så bør der opsættes sekundære signaler fx i krydsets bagkant eller på helleanlæg på den tværgående vej til højre for tilfarten.

I *Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning* står desuden i § 222 og § 223, at der for hver tilfart skal placeres mindst ét højtsiddende hovedsignal, og mindst ét hovedsignal (eller 3-lys pilsignal ved bundet venstresving) skal placeres lavtsiddende ud for stoplinjens højre ende eller højst 5,0 m efter denne, dog kan afstanden til et lavtsiddende signal undtagelsesvis være større end 5,0 m ved særlige krydsudformninger.

Opgaven indebærer en analyse af, hvilke signallanter der er synlige for trafikanter, hhv. når de holder ved stoplinje og når de kører frem mod krydset set ift. signallanternens placering. Der er således tale om en opmåling af signalers synlighed og trafikanters synsfelt. I det følgende er angivet, hvordan dette håndteres metodisk.

En anden del af opgaven består i at illustrere, hvilke signaler med anbefalede placeringer, der er synlige for trafikanterne. Det følgende beskriver også, hvordan det metodisk er udført.

Den sidste del af opgaven er et litteraturstudie, der beskriver relationer mellem rødkørsel og placering af signallanter. Det følgende beskriver desuden, hvordan litteratursøgningen er gennemført.

### 2.1 Signalers synlighed og trafikanters synsfelt

Kørende og cyklende trafikanter har et aktivt, kognitivt synsfelt, der dækker ca. 10-15 grader i alle retninger fra deres centrale synsfelt (Jensen, 2024). En bilists centrale synsfelt vil typisk være rettet mod den forankørendes baglygter, hvis der er en forankørende. Uden en forankørende vil det centrale synsfelt typisk være rettet mod belægningen i det benyttede kørespor ca. 2 x hastigheden i m foran bilen, dvs. hvis bilen kører 100 km/t, så er det centrale synsfelt ofte rettet mod belægningen ca. 200 m fremme. Tilsvarende er det for en cyklist, som oftest vil betragte en forankørende cyklist (hvis denne er ret tæt på) eller se på belægningen på cyklistsens færdselsareal omkring 2 x hastigheden i m foran cyklen. Når man cykler / kører, så kan man foretage øjenbevægelser uden at dreje hovedet (fiksationsbevægelser), altså lade det centrale synsfelt se et andet sted hen, mens det er forholdsvis sjældent, at man foretager større hoveddrejninger.

Når trafikanter holder stille, så "udvides" synsfeltet ved fiksationsbevægelser, hoveddrejninger og evt. bevægelse af kroppen. Den aktive men kognitivt ikke-vel fungerende del af det perifere synsfelt dækker ca. 45 grader til siderne og lidt mindre op- og nedad. Hvis personens fysiske tilstand tillader det, så vil en bilist eller cyklist - i første omgang - som regel ikke dreje hovedet og/eller foretage fiksationsbevægelser mere end hvad de ser i det aktive perifere synsfelt. Det vil sige, at den første hoveddrejning/fiksationsbevægelse oftest ikke er mere end ca. 45 grader. Det medfører, at det kognitive synsfelt øges til ca. 60 grader i den retning, hvor hoveddrejning og/eller fiksationsbevægelse er udført. En anden hoveddrejning vil ofte indbefatte en samtidig bevægelse af kroppen, og derved kan personen i princippet se i alle retninger, men bilisten er her begrænset af mulighederne for at bevæge sig i førersædet og tilsvarende er cyklisten begrænset af at have en cykel mellem benene.

Blandt førere af motorkøretøjer vurderes det at være førere af personbiler, som har det mest begrænsede synsfelt. Det skyldes, at førerens udsyn i opadgående retning blokeres af bilens tag (vinduesramme), og udsynet til siderne blokeres af bakspejl og karrosseriets stolper. Når der tales om bilføreres synsfelt, så tages der udgangspunkt i tre almindelige personbiler og bilførere af en højde på 180 cm.

Blandt cyklister tages udgangspunkt i en almindelig cykel med let krummet styr og en person af en højde på 180 cm.

For at erfare hvilke signaler trafikanter kan se, når de holder ved stoplinjen og når de kører frem mod lyskrydset, så skal en række forhold undersøges og dokumenteres:

#### Trafiksignalers synlighed:

- Beskrivelse af hvilke minimumskrav der indgår i *Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning* til trafiksignalers synlighed, herunder vinkler for lysfordelingen.
- Beskrive hvor langt til siderne og i nedadgående retning trafiksignaler kan ses (hoved- og cyklistsignal). Det bør måles med og uden solafskærmning. Der bør ses på trafiksignaler med forskellig lysteknisk opbygning. Der tages fotos lige foran (parallelt med kørespor) signalet samt på en linje, der står vinkelret på tværs af kørespor, nogle m foran signalet og med et foto med 1 m mellemrum ad denne linje til venstre for signalet. Fotos tages i normalview og med trafiksignalet centreret i billedet (billede i normalview, ej vidvinkel, dvs. normal brændvidde). Det skal desuden måles, hvordan trafiksignaler er vinklet ift. kørespor.
- Trafiksignalets højde over kørebane-/cykelstibelægning måles for nederste og øverste kant af signallanterner.

#### Placering af bilføreres øjne (i tre forskellige men almindelige personbiler):

- Der skal måles øjenhøjde for bilførere i forhold til vejbelægningen, både når der sidde i normal siddestilling, "opløftet" siddestilling, "nedsunken" siddestilling og ved en "ekstra nedsunken" siddestilling, hvor føreren har lænet sig til højre eller venstre side. Måling af denne form for "bevægelighed" i sædet tager udgangspunkt i, at det skal være nemt og

behageligt, og det inkluderer mulighed for fiksationsbevægelse og/eller hoveddrejning ca. 45 grader til begge sider.

- Den vandrette afstand i bilens længderetning mellem øjne og midten af forhjul (akslen).
- Den vandrette afstand i bilens længderetning mellem øjne og bilens front (forside af nummerplade i front).
- Der måles bredde af biler (karosseri - ej sidespejle) og øjnernes placering ift. siderne af bilen (vandrette sideværtsafstand i bilens bredderetning) ved normal siddestilling.

#### **Placering af cyklisters øjne (en almindelig cykel):**

- Der måles øjenhøjde for cyklist i forhold til belægning, når man har begge hænder på styret, sidder afslappet og foroverbøjet evt. med en fod på belægning, og når man har en hånd på styret og sidder oprejst i sadel med en fod på belægning. I begge tilfælde inkluderer dette mulighed for fiksationsbevægelse og/eller hoveddrejning ca. 45 grader til begge sider.
- Den vandrette afstand i cyklens længderetning mellem øjne og midten af forhjulet samt cyklens front (der forreste af forhjul).

#### **Bilisters synsfelt:**

- En bil køres hen foran en væg, så hhv. for- og bagdæk holder parallelt med væggen - altså bilens længderetning er vinkelret ud fra væggen. Bilen parkeres, så bilistens øjne i normal siddestilling er ca. 6,2 m foran væggen.
- På væggen optegnes et "gitter" med linjer for hver 20 cm lodret og vandret. Gitteret har to hovedlinjer dels lodret, der er lige ud (vinkelret) for bilistens øjne, når vedkommende sidder midt i førersædet, dels vandret, der er i bilistens øjenhøjde over belægningen, når vedkommende er i normal siddestilling.
- Der tages flere serier af fotos med et kamera i normalview, hvor kanten af billedet er ca. 35 grader til højre og venstre side set ift. midten af billedet, mens det er ca. 26 grader til øvre og nedre kant af billedet set ift. midten af billedet. Hver serie af fotos består af tre fotos dels et fotograferet lige mod væggen dels et vinklet ca. 30 grader til højre og dels et vinklet ca. 30 grader til venstre. Disse serier af fotos tages fra følgende syv positioner inde fra bilens førersæde;
  - normal siddestilling (normal siddehøjde, midt i sædet)
  - normal siddestilling (normal siddehøjde, lænet ca. 15 cm til højre i sædet)
  - normal siddestilling (normal siddehøjde, lænet ca. 15 cm til venstre i sædet)
  - "opløftet" siddestilling (højere siddehøjde, midt i sædet)
  - "nedsunken" siddestilling (lavere siddehøjde, midt i sædet)
  - "ekstra nedsunken" siddestilling (endnu lavere siddehøjde, lænet ca. 15 cm til højre i sædet)

- "ekstra nedsunken" siddestilling (endnu lavere siddehøjde, lænet ca. 15 cm til venstre i sædet)
- Der beregnes et synsfelt for en bilist i normal siddestilling (normal siddehøjde og midt i sædet) samt et "udvidet" synsfelt for en bilist ud fra samtlige syv positioner. Synsfelter angives på fotos og med vinkler og afstande.
- Såfremt der ikke er sigthindrende forhold (i udsynet fra bilen), antages det, at en bilist, der kører hen mod et lyskryds, kan se 15 grader til højre og til venstre for kørselsretning samt 15 grader op og ned ad ift. vandret, siddende i normal siddehøjde, midt i sædet). Ud fra foto fra normal siddestilling og midt i sædet (kun foto lige mod væggen) undersøges, hvordan udsynet faktisk er fra bilen, altså beregning af vinkler. Baggrunden for at vælge 15 grader er, at et trafiksignal fremstår mere synlig end en færdselstavle - og de 10-15 grader i Jensen (2024) er dokumenteret ud fra tavler.

#### **Cyklisters synsfelt:**

- Det antages, at en cyklist med begge hænder på styret, siddende afslappet og foroverbøjet har det mest begrænsede udsyn. Det antages, at cyklisten, der holder ved en stoplinje med den ene eller begge fødder på belægningen, kan se 60 grader til højre og 60 grader til venstre for cyklens længderetning samt 60 grader op ad og ned ad ift. vandret ved hjælp af fiksationsbevægelser og/eller hoveddrejninger fra sin normale øjenhøjde og position ift. stoplinjen.
- Det antages, at cyklister, der nærmer sig lyskrydset, har begge hænder på styret, sidder afslappet og foroverbøjet med normal øjenhøjde. Det antages, at cyklisten kan se 15 grader til højre og til venstre for kørselsretningen samt op ad og ned ad ift. vandret.

#### **Sigthindrende forankørende eller krydsende køretøjers begrænsning af bilisters synsfelt:**

- Dimensioner for det sigthindrende forankørende eller krydsende køretøj skal fastlægges, idet der tages udgangspunkt i de maksimale dimensioner for ikke-særtransporter.
- Der skal fastlægges et tidsgab til forankørende (fra bilens front til den forankørendes bagende), som kan indgå ved beregning af synsfelt.
- Et køretøj i et kørespor til højre eller venstre for bilistens kørespor kan også hindre sigt til signaler. Det antages, at situationen med to markante sigthindrende køretøjer både foran og til højre eller venstre for bilisten forekommer så sjældent, at det vil være uhenigtsmæssigt at lade anbefalinger om placering af signallanter i vejregler mv. bero på denne situation. Situationer med køretøjer i tilstødende kørespor indgår således ikke, men alene situationer med forankørende eller krydsende køretøjer.

## 2.2 Krydsgeometri og signalers placering

For at kunne illustrere, hvilke signallanter med anbefalede placeringer, der er synlige for trafikanterne, er det nødvendigt at fastlægge den traditionelle / anbefalede geometri for kryds og tilfarter samt den traditionelle / anbefalede placering af signaler i og ved kryds.

I signalregulerede kryds må hastighedsbegrænsningen være 30-70 km/t. For dette hastighedsniveau er følgende bredder af relevante tværprofilslementer på tilfarter, hjørner og frafarter både almindelige og til dels anbefalet i vejreglerne:

- Ensrettet cykelsti: 2,30 m
- Dobbeltrettet cykelsti: 3,00 m
- Skillerabat: 1,00 m
- Højresvingsbane efter afkortet cykelsti: 3,80 m
- Højresvingsbane: 3,00 m
- Busbane: 3,50 m
- Vognbane for ligeud: 3,50 m ved 60-70 km/t, 3,30 m ved 50 km/t og 3,00 m ved 30-40 km/t
- Vognbane for ligeud og svingende trafik: 3,50 m
- Delehelle: 2,00 m
- Venstresvingsbane: 3,00 m
- Midterhelle/-rabat: 2,00 m
- Parkeringsbane: 2,30 m
- Busstoppested: 3,00 m
- Krydshjørne - fra mast med signallanterne til tværgående vejareal - (radius): 10,00 m

Det antages, at mast med signallanterne i højre side af tilfarten er placeret 0,30 m fra kant af cykelsti og 0,50 m fra kant af kørebane, hvis der ikke er cykelsti. Det antages desuden, at mast med signallanterne på heller er placeret midt på hellen - set i tilfartens længderetning.

Der opereres med tilfarter med 1-7 kørespor og med frafarter med 1-4 kørespor, hvilket er de til- og frafarter, der forefindes i Danmark.

Kørespor før krydset - før svingbaner - antages at have en bredde på 3,50 m.

Ved beregninger af synlige signaler på vej hen mod krydset opereres med hhv. tilfarter uden horisontale og vertikale kurver samt tilfarter med horisontale kurver men uden vertikale kurver. De horisontale kurver sættes til at have den kurveradius, der anslås at være "traditionel" minimum ved signalregulerede kryds med forskellige hastighedsbegrænsninger:

- 70 km/t - 400 m kurveradius
- 60 km/t - 300 m kurveradius
- 50 km/t - 200 m kurveradius
- 40 km/t - 135 m kurveradius
- 30 km/t - 90 m kurveradius

Anbefalede placeringer af signaler står beskrevet i håndbogen *Projektering af trafiksignaler* side 51-61. Herudfra kan man grundlæggende sige:

- Der skal være et lavtsiddende hovedsignal ud for stoplinjens højre ende eller højst 5,0 m efter denne. Hvis der er 3-lys pilsignaler skal lavtsiddende signaler også placeres på eventuelle deleheller. Hvis det ikke er muligt at placere lavtsiddende signaler, så skal der placeres højtsiddende signaler over vognbaner, der reguleres af signalet. Ved særlig krydsudformning kan afstanden til signalet være større end 5,0 m efter stoplinjen.
- Der skal være mindst to hovedsignaler pr. tilfart, dog kan 3-lys pilsignaler eller cyklistsignaler erstatte hovedsignaler. Trafikanter, der holder ved en stoplinje, skal kunne se mindst et signal.
- Der skal være mindst et højtsiddende hovedsignal pr. tilfart. Hvis der er 3-lys pilsignal, så skal der yderligere være et højtsiddende 3-lys pilsignal. Undtaget fra kravet om højtsiddende signaler er tilfarten fra et tætliggende signalreguleret kryds, tilfarer med ubetydelig trafik, eller med et meget kurvet forløb frem mod stoplinjen.

Signaler bør danne en ramme eller portal for hver tilfart og deltilfart, så signalerne fremstår tydeligt erkendeligt for trafikanter. Opsætningen af signaler skal understøtte, at trafikanter, der nærmer sig et signalreguleret kryds, kan erkende krydset i en sådan afstand, at trafikanterne kan indstille sig på eventuelle ændringer i kørselsforløbet, herunder evt. at skulle standse for rødt eller for en kø, der er forårsaget af signalreguleringen. Ligeledes skal det sikres, at trafikanter kan placere sig rigtigt i krydsets tilfarer og eventuelle deltilfarer, og at trafikanter ved stoplinjen ikke får anledning til at fejlfortolke signaler, der er rettet mod andre trafikstrømme. Det skal sikres, at trafikanter der foretager sekundære svingbevægelser ude i krydsområdet kan reagere korrekt på signalskift.

I praksis er det almindeligt, at man har følgende placering af **primære signaler på den nære side af krydset:**

- På mast ud for stoplinjens højre ende typisk lige før fodgængerfelt er der et lavtsiddende hovedsignal (og evt. 1-lys højresvings pilsignal) eller 3-lys højresvings pilsignal over fortov. I nogle tilfælde er der et lavtsiddende cyklistsignal og/eller et højtsiddende hovedsignal eller 3-lys højresvings pilsignal over fortov. I sjældne tilfælde er signaler opsat på en galge over cykelsti.
- På mast på delehelle og midterhelle typisk lige før eller lige efter fodgængerfelt er lavtsiddende og evt. højtsiddende hovedsignaler (og evt. 1-lys venstresvings pilsignal) og/eller 3-lys pilsignal. I sjældne tilfælde er signaler opsat på en galge over kørebane.

I praksis er det almindeligt med følgende placering af **sekundære signaler i krydsets bagkant, på den tværgående vejs helleanlæg til højre for tilfart og/eller ophængt over kørebane:**

- Hvis tværgående vej til højre for tilfarten har en midterhelle (eller delehelle) er der typisk på mast foran fodgængerfelt (og evt. cykelfelt), altså tættest på krydsets krydsningspunkt,



placeret et lavtsiddende hovedsignal (og evt. 1-lys højresvings pilsignal) eller 3-lys højresvings pilsignal og evt. cyklistsignal.

- I krydsets bagkant på hjørnet til højre for tilfarten kan der, hvis den tværgående vej til højre for tilfarten ikke har en midterhelle (eller delehelle), være placeret et lavtsiddende hovedsignal (og evt. 1-lys højresvings pilsignal) samt evt. cyklistsignal. Der kan også være placeret et højtsiddende hovedsignal (og evt. 1-lys højresvings pilsignal). Der er ikke fundet kryds i Danmark med 3-lys højresvings pilsignal med denne placering (højre hjørne i krydsets bagkant).
- I krydsets bagkant på midterhelle og evt. deleheller kan der på mast være lavtsiddende og højtsiddende hovedsignal (og evt. 1-lys venstresvings pilsignal) samt 3-lys venstresvings pilsignal. Det er sjældent, at der er placeret minusgrøntsignal på disse heller. I sjældne tilfælde er signaler opsat på galge over kørebane.
- I krydsets bagkant på venstre hjørne kan der på mast være lavtsiddende hovedsignal (og evt. 1-lys venstresvings pilsignal) eller 3-lys venstresvings pilsignal eller minusgrøntsignal. Der er fundet få kryds i Danmark med højtsiddende signaler på mast eller galge med denne placering.
- Signaler kan ophænges over kørebanen. Ophængte hovedsignaler midt i krydset er forholdsvis almindelige, når der er tale om "mellemstore kryds" uden midter- og deleheller. Ophængte hovedsignaler midt over tilfart inde i krydset er forholdsvis almindelige, når der er tale om store kryds med mere end fem kørespor i tilfarten (inkl. deltilfarter).

Ovenfor er bus-, letbane-, nulemissionsbil- og fodgængersignaler ikke nævnt. Derudover er cyklistsignaler for cyklister på dobbeltrettet cykelsti mod færdselsretningen i nærmeste kørespor heller ikke nævnt. Disse signaler indgår ikke i opgaven med illustration af synlige signaler.

## 2.3 Litteraturstudie om rødkørsel og signalplacering

Der udføres et mindre litteraturstudie. I litteraturstudiet skal indgå tidligere undersøgelser om omfanget af rødkørsel eller rødkørselsulykker (andel af rødkørsel eller rødkørselsulykker) sammenholdt med signalplaceringer i forskellige europæiske lande, fx Danmark og Tyskland. Der skal også indgå tidligere undersøgelser af sammenhænge mellem signalplaceringer og rødkørsel/rødkørselsulykker. Det forventes, at ca. 10 undersøgelser kan indgå i litteraturstudiet.

For undersøgelser af sammenhænge mellem signalplaceringer og rødkørsel/rødkørselsulykker er der i første omgang gennemgået afsnit 3.9 *Signalregulering i kryds* (Høye, 2015) i den norske *Trafikksikkerhåndboken*. Høye (2015) har angivet 11 undersøgelser (nyeste er fra 2008), der bl.a. omhandler opsætning af ekstra signallanterne i bagkant af kryds og forbedret synlighed af signaler. De syv tilgængelige af disse 11 undersøgelser er gennemgået, og nyere undersøgelser, der henviser til de syv undersøgelser, er gennemgået for relevans. Derudover er der foretaget en søgning på engelsk på signalplaceringer og rødkørsel/rødkørselsulykker på ScienceDirect, Google Scholar og TRID.

For undersøgelser om rødkørsel og rødkørselsulykker i Europa er der udført søgninger på TRID, ScienceDirect, Google Scholar, Google samt gennem en række organisationer; ETSC, IRTAD, BAST, SWOV, EU mv.

## 3. Resultater

I dette kapitel præsenteres undersøgelsens resultater opdelt i fire afsnit: Signalers synlighed og trafikanters synsfelt, Synlige signaler ved stoplinje, Synlige signaler på vej frem mod kryds, og Signalplaceringer, rødkørsel og ulykker. Hvert afsnit har underafsnit.

### 3.1 Signalers synlighed og trafikanters synsfelt

#### 3.1.1 Trafiksignalers synlighed

##### Signalers synlighed - højde over belægning

I *Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning* står, at lavtsiddende signaler over cykelsti skal opsættes sådan, at der er mindst 2,5 m fri højde under signallanternen med tilhørende beslag, og at højtsiddende signaler over kørebane skal opsættes sådan, at der er mindst 5,0 m fri højde under signallanternen med tilhørende beslag.

I vejregelhåndbogen *Projektering af trafiksignaler* står, at de lavtsiddende signaler over fortov, rabat eller helle opsættes i ca. 2,2 m højde, regnet til underkanten af signallanternen, og højtsiddende signaler, der ikke er opsat over kørebanen, placeres normalt i ca. 4,2 m højde, regnet til underkant af signallanternen. Cyklistsignaler ved stoplinje opsættes direkte i cyklisters øjenhøjde, dog ikke lavere end 1,5 m fra terræn til underkanten af lanternen.

Der er udført måling af signallanterners højde og afstand (højde) mellem belægning og underkant af signallanter i to kryds i Horsens hhv. Bjerrevej / Højagergårdsvej / Kirkevej og Bjerrevej / Bankagervej / Jadevej. I de to kryds er alle signallanter opsat over fortov, rabat eller helle. Højden af en hovedsignallanterne er ca. 80 cm, mens højden af en cyklistsignallanterne er ca. 40 cm. Højden fra belægning til underkanten af cyklistsignallanterne er ca. 155-165 cm, mens højden fra belægning til underkanten af en lavtsiddende hovedsignallanterne er ca. 220-240 cm og højden fra belægning til underkanten af en højtsiddende hovedsignallanterne er ca. 420-460 cm.

Hvis målingerne i de to kryds er nogenlunde repræsentative for trafiksignaler i Danmark, så vil midten af en cyklistsignallanterne være **ca. 180 cm** over belægningen, midten af en lavtsiddende hovedsignallanterne vil være **ca. 270 cm** over belægningen og midten af en højtsiddende hovedsignallanterne vil være **ca. 480 cm** over belægningen. Det formodes, at midten af en lavtsiddende hovedsignallanterne over cykelsti vil være **ca. 300 cm** over belægning, mens midten af en højtsiddende hovedsignallanterne over kørebanen vil være **ca. 550 cm** over belægning.

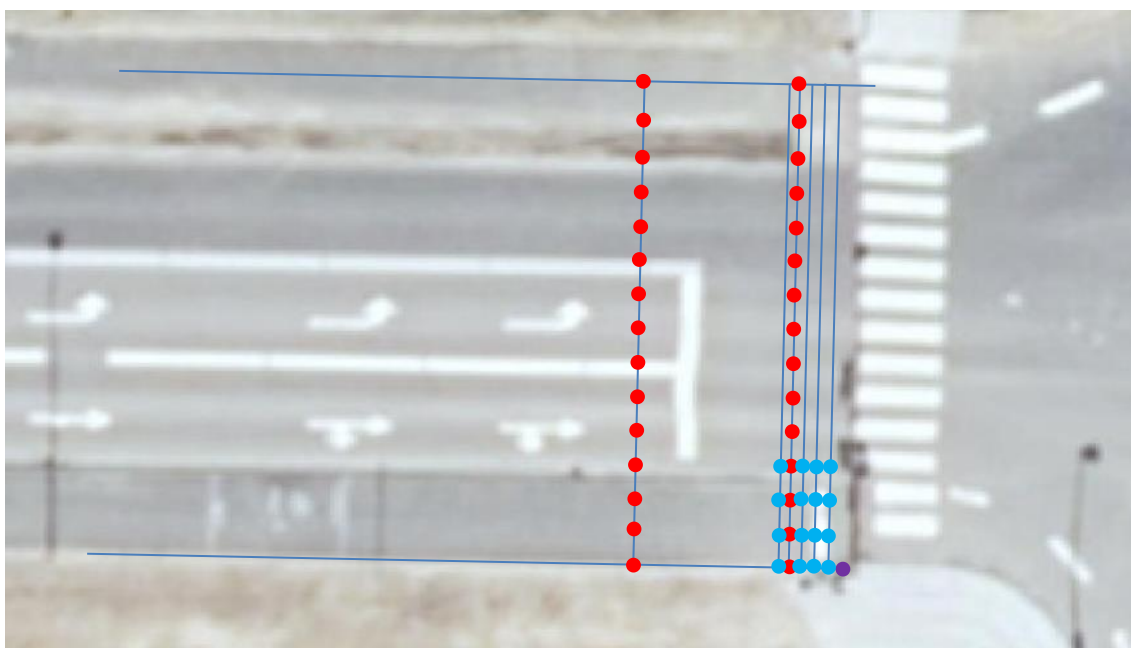
**De fem højder markeret med fed indgår i beregninger af synlige signaler.** Det skyldes, at det antages, at hvis trafikanten kan se midten af en signallanterne, så vil vedkommende "bevæge" sig, så hele lanternen bliver synlig.

### Signalers synlighed - vinkler for lysfordeling

I *Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning* er der i bilag 6 angivet minimum procentværdier for retninger ift. referenceretningen for hhv. normal og ekstra bredde af lysfordelingen. Ud fra det bilag kan det grundlæggende siges, at signalet mindst skal være synligt i vinkler på 30 grader til begge sider i forhold til referenceretningen og mindst på 20 grader i en vinkel nedad i forhold til referenceretningen.

Det er essentielt, at signaler er synlige for de trafikanter, som signalerne hidrører og skal henvende sig til, men samtidig bør signalerne ikke være synlige for de trafikanter, som signalerne ikke hidrører og ikke skal henvende sig til. Derfor er det vigtigt, at signaler er synlige i rimeligt store vinkler, men ikke for store vinkler. Det er almindeligt, at referenceretningen ikke er parallel med tilfartens kørespor og cykelsti, men at signallanternen er vinklet ind mod de kørespor og den cykelsti, som signalet henvender sig til. Det er almindeligt, at højsiddende signallanter er tilet, så referenceretningen har en nedadgående vinkel. Lavtsiddende signallanter og cyklistsignallanter er sjældent tilet.

For at beskrive, om trafiksignaler er synlige over for personbilister og cyklister, er der foretaget flere serier af fotos i to kryds i Horsens.



**Figur 3.** Luftfoto af krydset Bjerrevej / Højagergårdsvej / Kirkevej, hvor fotos fra en bilists øjenhøjde er taget, er markeret med røde prikker og fotos fra en cyklists øjenhøjde er markeret med blå prikker, mens den lille prik angiver signalets placering. Luftfoto stammer fra Arealinformation.

I krydset Bjerrevej / Højagergårdsvej / Kirkevej er et lavtsiddende hovedsignal over fortov på Højagergårdsvej fotograferet i en bilists øjenhøjde på 120 cm og i en afstand foran signalet (parallelt med kørespor) på hhv. 180 og 630 cm. I de afstande før signalet er der afmærket en linje vinkelret på køresporenes kanter, og ad disse linjer er der taget et fotografi med 1 m mellemrum op til 15 m til venstre for signalet, altså ud på kørebanen, se Figur 3. Den lavtsiddende

hovedsignallanterne er i en højde over kørebanelægning på 240-320 cm. Referenceretningen for signalet er vinklet ca. 25 grader ind mod kørespor, set ift. de linjer som køresporenes kanter udgør. Det er et LED-signal fra ITS Teknik / Yunex og har solafskærmning.

I krydset Bjerrevej / Højagergårdsvej / Kirkevej er et cyklistsignal over fortov på Højagergårdsvej fotograferet i en cyklists øjenhøjde på 150 cm og i en afstand foran signalet (parallelt med cykelsti) på hhv. 50, 100, 150 og 200 cm. For hver af disse afstande er der afmærket en linje vinkelret på cykelstiens kanter, og ad disse linjer er der taget et fotografi med 1 m mellemrum op til 3 m til venstre for signalet, altså ud på cykelstien, se Figur 3. Cyklistsignallanternen er i en højde over cykelstibelægning på 160-200 cm. Referenceretningen for signalet er vinklet ca. 10 grader ind mod cykelstien, set ift. de linjer som cykelstiens kanter udgør. Det er ikke et LED-signal og har ikke solafskærmning. Det er fra ITS Teknik.



**Figur 4.** Foto fra krydset Bjerrevej / Højagergårdsvej / Kirkevej, der er taget i 120 cm øjenhøjde, 630 cm bag signalet og 1 m til venstre for standen.

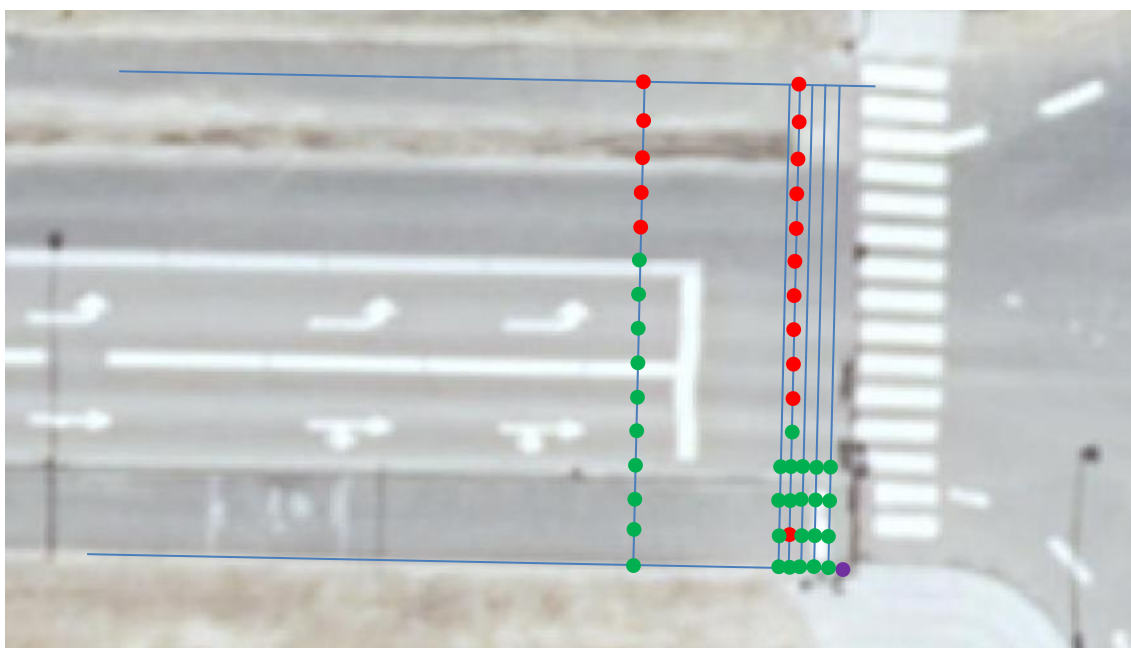
Hvilke signaler er synlige? I Figur 4 er vist et foto taget i en bilists øjenhøjde 630 cm bag signal og 1 m til venstre for signal. Det lavtsiddende hovedsignal er i centrum af fotoet. Det er ret tydeligt, at signalgivningen på det lavtsiddende hovedsignal kan ses fra denne position. Signalgivningen på cyklistsignalet er faktisk mere tydelig, mens signalgivningen på det højtstående hovedsignal fremstår knap så tydelig.

En bilists og en cyklists øjenhøjde er dokumenteret i afsnit 3.1.2 og 3.1.3.

Der er benyttet en afstand på 180 og 630 cm bag signalet for bilister, fordi bilistens øjne ofte er placeret ca. 130 cm bag bagkanten af stoplinjen, når bilen holder med midten af fordækkene

ved bagkant af stoplinjen, se evt. afsnit 3.1.2. Når et lavtsiddende signal er placeret ud for stoplinjens højre ende, så er bagkanten af bilistens stoplinje reelt 50 cm bag signalet, og når stoplinjen er trukket 5,0 m tilbage, så er bagkanten af stoplinjen reelt 500 cm bag signalet. Netop derfor er der benyttet afstande på hhv. 180 og 630 cm bag signalet.

Der er benyttet en afstand på 50, 100, 150 og 200 cm bag signalet for cyklister. Cyklistens øjne vil typisk være placeret 50 cm bag bagkanten af cyklistens stoplinje, når cyklen holder med midten af fordækket ved bagkant af stoplinjen, se afsnit 3.1.3. Bagkant af stoplinjer på cykelstier er typisk placeret 0-150 cm bag signalet, og derfor er der benyttet de angivne afstande. Men det skal pointeres, at de forreste cyklister, der holder for rødt, er placeret meget forskelligt i forhold til stoplinjen - selv når de, der er midt i et venstresving, udelades.



**Figur 5.** Angivelse af synlighed af lavtsiddende hovedsignal fra en bilists øjenhøjde og cyklistsignal fra en cyklists øjenhøjde på Højagergårdsvej i krydset Bjerrevej / Højagergårdsvej / Kirkevej. Røde prikker viser, at signal ikke kan ses, mens grønne prikker viser, at signal kan ses.

I Figur 5 er vist, på hvilke fotos det lavtsiddende hovedsignal er synligt i krydset Bjerrevej / Højagergårdsvej / Kirkevej set fra en bilists øjenhøjde på 120 cm. Det lavtsiddende hovedsignal er synligt 630 cm bag signalet og op til 9 m til venstre for signalet, ved en afstand 180 cm bag signalet er det synligt 0 m til venstre for signalet og 2-4 m til venstre for signalet. Signalet er ikke synligt 180 cm bag signalet og 1 m til venstre for signalet, da vinklen er for stor nedad og solafskærmningen til dels skjuler signalgivningen. Ud fra beregninger af afstande og vinkler vurderes, at det lavtsiddende LED-hovedsignal er synligt i ca. 35-40 grader til hver side af referenceretningen og synligt ca. 35-40 grader i nedad gående vinkel. LED-signalet forekommer at være synlig i en større vinkel fra referenceretningen, jo tættere man kommer på signalet. Det formodes, at LED-signalet er synligt i en vinkel på 35 grader (i alle retninger) set ift. referenceretningen i de afstande, der forekommer til alle relevante trafikanter.

I Figur 5 er også vist, på hvilke fotos cyklistsignalet er synligt i krydset Bjerrevej / Højagergårdsvej / Kirkevej set fra en cyklists øjenhøjde på 150 cm. Cyklistsignalet er synligt på samtlige fotos taget fra denne øjenhøjde. Cyklistsignalet kan også ses på de fleste fotos fra en bilists øjenhøjde på 120 cm. Dog ophører cyklistsignalet med at være synligt ved fotos, der er taget 180 cm bag signalet og mere end 11 m til venstre for signalet. Ud fra en række beregninger vurderes cyklistsignalet at være synligt i ca. 70 grader til hver side af referenceretningen og at være synligt i mindst ca. 35 grader i nedad gående vinkel. Det formodes, at cyklistsignalet er synligt i en vinkel på 70 grader (i alle retninger) set ift. referenceretningen i de afstande, der forekommer til alle relevante trafikanter.

I krydset Bjerrevej / Bankagervej / Jadevej er et lavtsiddende hovedsignal over fortovej på Bjerrevej affotograferet i en bilists øjenhøjde på 120 cm og i en afstand foran signalet (parallelt med kørespor) på både 180 og 630 cm samt i en cyklists øjenhøjde på 150 cm og i en afstand før signalet (parallelt med cykelsti) på hhv. 50, 100, 150 og 200 cm. Signalet er fotograferet på samme måde som i krydset Bjerrevej / Højagergårdsvej / Kirkevej. Den lavtsiddende hovedsignallanterne er i en højde over belægning på 220-300 cm. Referenceretningen for signalet er vinklet ca. 8 grader ind mod kørespor og cykelsti. Det er ikke et LED-signal, men har solafskærmning. Det er fra Siemens.



**Figur 6.** Angivelse af synlighed af lavtsiddende hovedsignal fra hhv. en bilists og en cyklists øjenhøjde på Bjerrevej (syd) i krydset Bjerrevej / Bankagervej / Jadevej. Røde prikker viser, at signal ikke kan ses, mens grønne prikker, at signal kan ses. Lilla prik angiver signalets placering. Luftfoto er fra Arealinformation.

I Figur 6 er vist, på hvilke fotos det lavtsiddende hovedsignal er synligt i krydset Bjerrevej / Bankagervej / Jadevej set fra hhv. en bilists øjenhøjde på 120 cm og en cyklists øjenhøjde på 150 cm. Det lavtsiddende hovedsignal er synligt for bilister 630 cm bag signalet og op til 9 m til venstre for signalet, ved en afstand 180 cm bag signalet er det synligt op til 4 m til venstre for signalet. Det lavtsiddende hovedsignal er synligt for cyklister 50 cm bag signalet og 1 m til venstre, 100 cm bag signalet og op til 2 m til venstre samt på alle fotos 150 cm og 200 cm bag signalet (altså op til 3 m til venstre for signalet). På de fotos, hvor signalet ikke er synligt, er det i hovedtræk kombinationen af den skjulende solafskærmning og vinklen til signalet, der gør signalgivningen utydelig. Ud fra beregninger af afstande og vinkler vurderes, at det lavtsiddende hovedsignal er synligt i 55 grader til hver side af referenceretningen og synligt 55 grader i nedad gående vinkel.

De tre undersøgte signaler overholder alle de krav til vinkler for lysfordeling, der står anført i *Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning*. Resultaterne tyder på, at signaler er synlige i vidt forskellige vinkler hhv. 35, 55 og 70 grader til siderne for referenceretningen, og at den synlige vinkel i nedad gående retning er den samme som til siderne.

Hvis et cyklistsignal eller et lavtsiddende hovedsignal (til højre for cyklisters færdselsareal over fortov) kun er synligt i en vinkel til hver side på 30 grader ift. referenceretningen, er det ikke muligt for alle cyklister, der holder ved stoplinjen på en cykelsti, der er 2,0 m bred eller bredere, at se signalet uanset signalets vinkling ift. cykelstien. Hvis et lavtsiddende hovedsignal (til højre eller venstre for kørebane over fortov eller helle) kun er synligt i en vinkel til hver side på 30 grader ift. referenceretningen, så er det ikke muligt for to bilister, der holder ved stoplinjen i hver sit kørespor, at se det samme signal uanset signalets vinkling ift. køresporene. Men en personbilist kan kun se ca. 30 grader til siderne inde fra bilen (se evt. afsnit 3.1.4). **Derfor anbefales, at vejreglerne indeholder følgende anbefalinger:**

- Primære lavtsiddende hovedsignaler og 3-lys pilsignaler (over fortov eller helle) både til højre og til venstre for kørebane bør af hensyn til bilisterne være placeret mindst 2,0 m foran bilisters stoplinje, ellers vil signalerne være skjult for personbilister (af bilens bakspejl eller A-stolpe) i kørespor umiddelbart ved siden af signalstander.
- Primære lavtsiddende hovedsignaler og 3-lys pilsignaler (over fortov til højre for en 2,0 m bred cykelsti) bør af hensyn til bilisterne være placeret 5,0 m foran bilisters stoplinje, ellers vil signalerne være skjult for personbilister (af bilens bakspejl) i køresporet umiddelbart til højre for cykelstien.
- Primære signaler for cyklister (lavtsiddende hovedsignal eller cyklistsignal til højre for cyklisters færdselsareal) bør af hensyn til cyklister være synligt i vinkler på mindst 50 grader til hver side for referenceretningen.

Referenceretningen for signalet bør ikke vinkles mere end 30 grader set ift. kanterne af kørespor og cykelsti, da det ellers ikke vil være synligt for trafikanter på vej hen mod krydset i en tilstrækkelig afstand fra krydset.

Hvis et signal kun er synligt i en nedad gående vinkel på 20 grader, er det for cyklister, der holder ved stoplinjen, ikke muligt at se et lavtsiddende hovedsignal (til højre over fortov), mens



cyklisterne dog kan se et cyklistsignal, da det er placeret lavere. Hvis bilisters stoplinje er placeret 0,5 m bag et lavtsiddende hovedsignal (til højre over fortov), så vil en bilist, der holder bag stoplinjen i køresporet længst til højre, heller ikke kunne se signalet, hvis den nedad gående vinkel kun er 20 grader. Men situationen er, at en personbilist kun kan se ca. 20 grader i en opad gående vinkel inde fra bilen (se evt. afsnit 3.1.4). **På den baggrund foreslås, at vejreglerne indeholder følgende anbefalinger:**

- De primære lavtsiddende hovedsignaler og 3-lys pilsignaler både til højre og til venstre for kørebanen bør af hensyn til bilister være placeret mindst 2,0 m foran bilisters stoplinje, da signalerne ellers vil være skjult for personbilister (af bilens tag).
- Det primære lavtsiddende hovedsignal til højre for cyklisters færdselsareal, i tilfarer hvor der ikke findes cyklistsignal, bør af hensyn til cyklister være synligt i en nedad gående vinkel på mindst 50 grader.

Den nedad gående vinkel kan opnås ved, at signalet faktisk er synligt i så store vinkler set ift. referenceretningen, og ved at signalet tiltes. Signalets referenceretning bør ikke tiltes mere end 20 grader set ift. vandret, da det ellers ikke vil være synligt for trafikanter på vej hen mod krydset i en tilstrækkelig afstand fra krydset.

### 3.1.2 Placering af bilføreres øjne

Tre almindelige personbiler er opmålt for at finde frem til hensigtsmæssige opgørelser af øjenhøjde, afstande mv. De tre biler er en VW Passat Variant stationcar, en Mazda CX-5 samt en Opel Corsa. Opgørelserne fra disse biler findes i Tabel 3.

Opgørelser i cm	VW Passat	Mazda CX-5	Opel Corsa
Øjenhøjde over belægning ved normal siddestilling	120	135	118
Øjenhøjde ved "opløftet" siddestilling	123	140	123
Øjenhøjde ved "nedsunken" siddestilling	114	127	113
Øjenhøjde ved "ekstra nedsunken" siddestilling og ca. 15 cm bevægelse til siden	109	121	108
Højde fra belægning til underkant af bakspejl	120	137	119
Bevægelse af hovedet/øjnene til højre og venstre side	15	15	15
Bredde af bil eksklusive sidespejle o. lign.	180	181	170
Sideværtsafstand fra øjnene (midten af førersæde) til venstre side af karosseri	54	57	54
Længde af bil eksklusive anhængertræk o. lign.	475	451	400
Længdeafstand fra midt af forhjul til øjnene	145	135	124
Længdeafstand fra forende af bil til øjnene	233	228	206

**Tabel 3.** Diverse målinger fra tre biler i cm. Angivelse af øjenhøjde er fra en 180 cm høj person.

Set i lyset af sammensætningen af den eksisterende bilpark og i relation til bilisters synsfelt så anbefales at operere med følgende forhold:

- **Øjenhøjde over kørebanelægning sættes til 120 cm**, da det anslås at være den mest almindelige øjenhøjde for personbilister ved signalregulerede kryds.
- **Øjnene sættes til at være placeret 220 cm bag stoplinje for personbilister**, der holder ved stoplinjen, da det anslås at være den mest almindelige placering for personbilister ved signalregulerede kryds.
- En personbil holdende ved stoplinjen vil ofte være placeret midt i køresporet. **Bilistens øjne vil derfor ofte være placeret 35 cm til venstre** (i køreretningen mod krydsarealet) **for midten af køresporet**.
- Underkanten af bakspejlet er placeret i nogenlunde samme højde over belægning som bilførerens øjne i normal siddestilling. Man skal derfor have en nedsunken eller ekstra nedsunken siddestilling for at kunne se i en opadgående vinkel og ud af forrude, hvor bakspejlet er placeret.
- Det vurderes, at personbilister oftest ikke vil bevæge sig i sædet, hvis der køres hen mod krydset. Det vurderes, at personbilister, der holder ved stoplinjen, oftest ikke vil bevæge sig i sædet, hvis de kan se et signal, der er relevant for dem. Det vurderes, at personbilister, der holder ved stoplinjen, kun en gang i mellem vil bevæge sig i sædet, hvis de ikke kan se et signal, der er relevant for dem. **Det anbefales at tage udgangspunkt i det synsfelt en personbilist har, når vedkommende har en normal siddestilling med normal øjenhøjde og siddende midt i førersædet - både når bilisten holder ved stoplinjen og når bilisten kører hen mod krydset.**

I vejregelhåndbogen *Projektering af trafiksignaler* står der på side 53, at udgangspunkter for udmåling af bilisters synsfelt er en øjenhøjde på 100 cm, at øjnene er placeret 100 cm bag stoplinjen, og at øjnene er placeret 40 cm til venstre for midten af køresporet. **Disse udgangspunkter foreslås hermed ændret til en øjenhøjde på 120 cm, at øjnene er placeret 220 cm bag stoplinjen, og at øjnene er placeret 35 cm til venstre for midten af køresporet.**

### 3.1.3 Placering af cyklisters øjne

En cyklists øjenhøjde over belægning samt de vandrette afstande mellem øjne og hhv. midten af cyklens forhjul og cyklens front (det forreste af forhjulet) er målt. Der er benyttet en almindelig cykel, en person af en højde på 180 cm samt to forskellige siddepositioner hhv. a) afslappet, **foroverbøjet position** med begge hænder på styret og en fod på belægning og b) en tilbagelånt, **oprejst position** med en hånd på styret og en fod på belægning.

Opgørelser i cm	Almindelig cykel
Øjenhøjde over belægning, foroverbøjet position	150
Vandret afstand øjne - midt af forhjul, foroverbøjet position	50
Vandret afstand øjne - front af cykel (forreste af forhjul), foroverbøjet position	85
Øjenhøjde over belægning, oprejst position	165
Vandret afstand øjne - midt af forhjul, oprejst position	75
Vandret afstand øjne - front af cykel (forreste af forhjul), oprejst position	110

**Tabel 4.** Diverse målinger fra en almindelig cykel i cm. Der er benyttet en 180 cm høj person.

Set i lyset af sammensætningen af cyklister og den måde cyklister hhv. cykler på og holder ved stoplinjen, så anbefales at operere med følgende forhold:

- **Øjenhøjde over belægning sættes til 150 cm**, da det vurderes at være den mest almindelige øjenhøjde for cyklister ved signalregulerede kryds, både når de cykler og når de holder ved stoplinjen.
- **Øjnene sættes til at være placeret 50 cm bag stoplinje for cyklister**, der holder ved stoplinjen, da det anslås at være den mest almindelige placering for cyklister ved signalregulerede kryds.
- **Øjnene sættes til at være placeret 30 cm til venstre for højre kant af cyklisters færdselsareal for cyklister, der holder mest til højre ved stoplinjen**, da det anslås at være den mest almindelige placering for cyklister, der har fod på kantsten ind mod fortov. Cyklister, der holder til venstre for en anden cyklist, anslås at have øjnene placeret 80 cm til venstre for den anden cyklist.
- **Øjnene sættes til at være placeret 60 cm til venstre for højre kant af cyklisters færdselsareal for cyklister, der cykler mest til højre på færdselsarealet**, da det anslås at være den mest almindelige placering for cyklende cyklister ved signalregulerede kryds. Cyklister, der cykler til venstre for en anden cyklist, anslås at have øjnene placeret 80 cm til venstre for den anden cyklist.

I vejregelhåndbogen *Projektering af trafiksignaler* står der på side 57: "Mindst ét cyklistsignal anbringes, så det befinder sig i synsfeltet for ventende cyklister." I denne håndbog er der ikke angivet udgangspunkter for udmåling af ventende cyklisters synsfelt. Forslag til de relevante udgangspunkter for **ventende cyklister: Øjenhøjde over belægning sættes til 150 cm, øjnene er placeret 50 cm bag cyklisters stoplinje, og øjnene er placeret 30 cm eller mere til venstre for højre kant af cyklisters færdselsareal**. Forslag til de relevante udgangspunkter for **cyklende cyklister: Øjenhøjde over belægning sættes til 150 cm og øjnene er placeret 60 cm eller mere til venstre for højre kant af cyklisters færdselsareal**.

### 3.1.4 Bilisters synsfelt

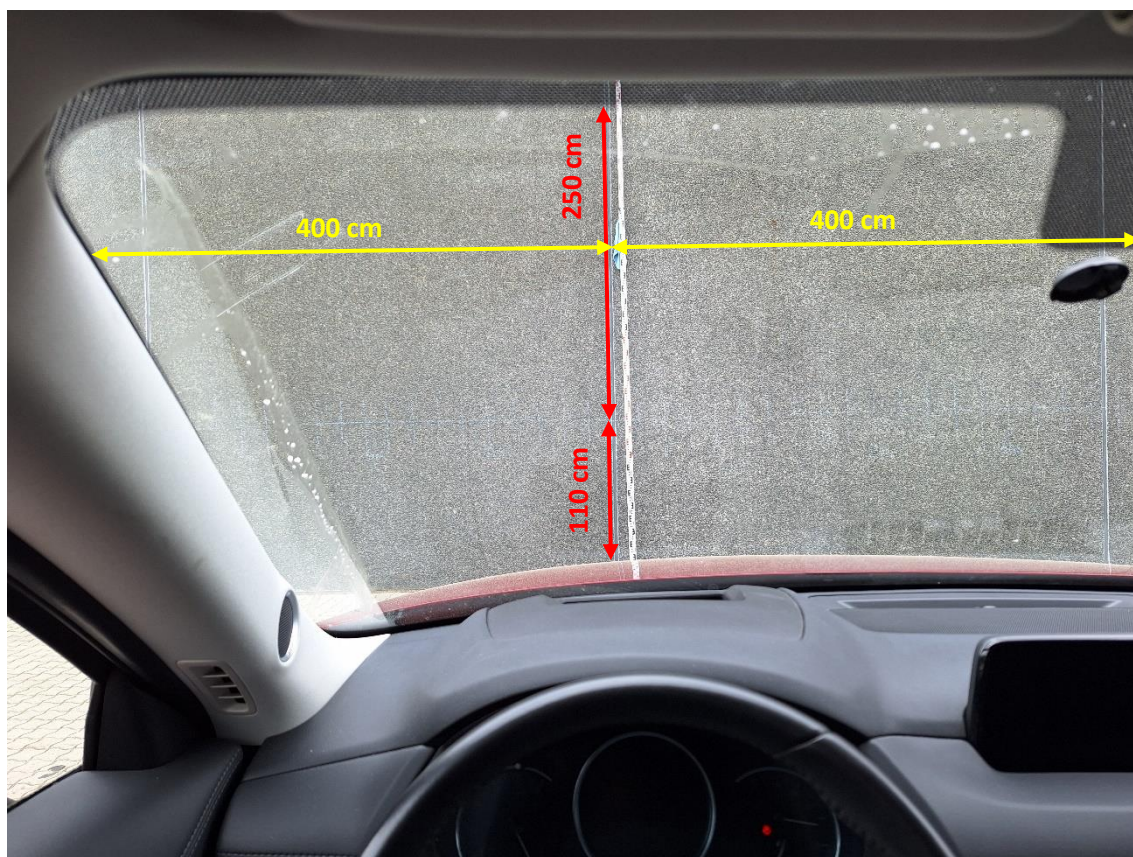
Personbiler er kørt hen og parkeret foran en væg, så bilens længderetning er vinkelret ud fra væggen og bilistens øjne i normal siddestilling er ca. 6,2 m foran væggen. På væggen er et gitter med linjer for hver 20 cm både lodret og vandret optegnet, hvor gitterets hovedlinjer er dels lige ud for bilistens øjne både lodret (midt af førersæde) og vandret (normal øjenhøjde). Der er taget syv serier af fotos, hvor en serie består af tre fotos dels ét fotograferet lige mod væggen dels ét vinklet ca. 30 grader til højre og dels ét vinklet ca. 30 grader til venstre. Der er taget serier af fotos fra syv positioner i hver bil: 1) normal siddestilling, 2) normal siddestilling og lænet 15 cm til højre, 3) normal siddestilling og lænet 15 cm til venstre, 4) "opløftet" siddestilling, 5) "nedsunket" siddestilling, 6) "ekstra nedsunket" siddestilling og lænet 15 cm til højre samt 7) "ekstra nedsunket" siddestilling og lænet 15 cm til venstre.

Det er antaget, at bilister ikke har sigthindrende genstande i bilen, fx solskærm, klistermærker, navigationsskærm, mobiltelefon mv., i de angivne synsfelter.

### Bilisters "normale" synsfelt ved stoplinjen

Ud fra de mange fotos beregnes bilisters synsfelt, når de holder ved stoplinjen. Der beregnes et "normalt" synsfelt for bilister i normal siddestilling med normal siddehøjde (øjnehøjde 120 cm over kørebanelægning) og placeret midt i førersædet (35 cm til venstre for midten af køresporet). Der beregnes desuden et "udvidet" synsfelt for bilister, der holder ved stoplinjen, hvor bilisten har bevæget sig i sædet, og der tages udgangspunkt i de syv positioner, hvor fotoserier er udført fra.

Når man sidder i en personbil i normal siddestilling og ser lige ud af forruden, og ser på en væg der er 620 cm foran øjnene, så kan man se ca. 250 cm opad over ens øjenhøjde, mens man kan se ca. 110 cm nedad under ens øjenhøjde, se Figur 7. I en højde på 270 cm over belægningen, hvor midten af lavtsiddende signallanterner typisk er placeret, kan man se ca. 400 cm til højre for ens øjne på væggen og ca. 400 cm til venstre for ens øjne på væggen.



**Figur 7.** Foto fra Mazda CX-5 fra normal siddestilling i øjenhøjde 135 cm med øjnene 620 cm foran en væg (venstre kant af bakspejlet kan kun lige anes i højre side af fotoet).

I venstre side af fotoet i Figur 7 danner bilens A-stolpe en skrå vinkel, så bilisten kan se mere og mere mod venstre, jo højere man ser over belægningen. A-stolpen skjuler en betydelig del af væggen, så der er en stor "blindvinkel" i bilisters synsfelt mod venstre. Det antages, at en bilist ikke ser på signalgivning ud af sideruden. I højre side af fotoet kan man se ca. 400 cm mod højre på væggen fra ens øjenhøjde og opad til ca. 250 cm over ens øjenhøjde, mens man

kan langt mere mod højre, når man ser fra ens øjenhøjde og nedad til ca. 110 cm under ens øjenhøjde. Fra ens øjenhøjde og nedad er der ingen signallanter, så den del af bilistens synsfeltet er egentligt uinteressant i nærværende relation.

Synsfeltet for en bilist i normal siddestilling er beregnet for de tre benyttede personbiler; VW Passat, Mazda CX-5 og Opel Corsa. Det viser sig, at synsfeltet er noget større fra en Mazda CX-5 end fra de to andre personbiler, se Tabel 5.

Opgørelser af vinkler i grader	VW Passat	Mazda CX-5	Opel Corsa
Synsfelt/-vinkel opadgående	18	22	21
Synsfelt/-vinkel nedadgående	8	10	9
Synsfelt/-vinkel mod højre (over øjenhøjde)	29	33	27
Synsfelt/-vinkel mod venstre (lavtsiddende hovedsignal)	29	33	27

**Tabel 5.** Beregningsresultater af synsfelt - synlige vinkler ift. vandret (opad- og nedadgående set fra den aktuelle øjenhøjde) og lodret (mod højre og venstre ift. bilens længderetning) i normal siddestilling i tre personbiler.

Vinklen ændrer sig med 1 grad, når øjenpositionen ændres med ca. 1,5 cm. Det vil sige, at hvis bilføreren bevæger sig fx 15 cm til venstre, som det er nemt at gøre, så øges synsfeltet/-vinklen mod højre (over øjenhøjde) med ca. 10 grader, altså til fx ca. 39 grader i en VW Passat. Da det er forskelligt, hvilken position øjnene har og om bilføreren bevæger sig lidt sædet, så anbefales det at operere med følgende synsfelt/-vinkler for normal siddestilling i personbiler:

- **Synsfelt/-vinkel opadgående:** **20 grader**
- **Synsfelt/-vinkel nedadgående:** **10 grader**
- **Synsfelt/-vinkel mod højre (over øjenhøjde):** **30 grader**
- **Synsfelt/-vinkel mod venstre (lavtsiddende hovedsignal):** **30 grader**
- **Øjenhøjde over kørebanelægning:** **120 cm**
- **Placering af øjne bag stoplinje:** **220 cm**
- **Placering af øjne ift. midt af kørespor:** **35 cm til venstre**

Hvis bilførerens øjne er placeret 220 cm bag stoplinjen og 120 cm over kørebanelægningen, og stoplinjen er placeret 500 cm bag en primær højtsiddende signallanterne, hvis midte er 480 cm over kørebanelægningen, så kan bilføreren ikke se denne signallanterne, da den opadgående vinkel til denne lanterne er på 26,6 grader. Bilføreren skal sænke sig ca. 10 cm i sædet for at se denne lanterne, og det anslås at være rimeligt sjældent, at en bilfører gør det. Det viser, at bilførere, der holder ved stoplinjen, sjældent ser primære højtsiddende signallanter.

Hvis bilførerens øjne er placeret 220 cm bag stoplinjen og 120 cm over kørebanelægningen, og stoplinjen er placeret 500 cm bag en primær lavtsiddende signallanterne, hvis midte er 270 cm over kørebanelægningen, så kan bilføreren se denne signallanterne, hvis den er placeret mindre end 380 cm til højre for eller 450 cm til venstre for midten af det kørespor, som bilisten holder i. Hvis bilisten holder i en 300 cm bred højresvingsbane med en 200 cm bred cykelsti ved siden af og med en lavtsiddende signallanterne 30 cm ved siden af cykelstien, så kan den bilist lige netop se denne signallanterne, hvis bilisten øjne er placeret netop 720 cm bag signallanteren. Holder bilisten i en 300 cm bred venstresvingsbane med lavtsiddende 3-lys pilsignal-

lanterner på begge sider af venstresvingsbanen - 50 cm fra svingbanen og med midten 270 cm over kørebanen, så kan bilisten se disse signaler, når vedkommendes øjne er placeret mindst 412 cm bag signallanternen, altså når stoplinjen er trukket 2 m tilbage ift. disse signaler.

#### Bilisters "udvidede" synsfelt ved stoplinjen

Som nævnt er der beregnet et "udvidet" synsfelt for bilister, der holder ved stoplinjen, og hvor bilisten har bevæget sig i sædet med udgangspunkt i de syv positioner, hvor fotoserier er udført fra. Dette "udvidede" synsfelt er opdelt i to dele hhv. et lige ud af forrude fra personbilens A-stolpe i venstre side til bakspejlet i højre side samt et synsfelt der opnås, når bilføreren er i en "ekstra nedsunken" siddestilling og har lænet sig ca. 15 cm til højre og derved kan se opad under bakspejlet. For synsfeltet lige ud af forrude findes følgende synsfelt i de tre biler:

Opgørelser af vinkler i grader	VW Passat	Mazda CX-5	Opel Corsa
Synsfelt/-vinkel opadgående	22	27	24
Synsfelt/-vinkel nedadgående	10	13	12
Synsfelt/-vinkel mod højre (over øjenhøjde)	39	44	37
Synsfelt/-vinkel mod venstre (lavtsiddende hovedsignal)	39	43	36

**Tabel 6.** Beregningsresultater af "udvidet" synsfelt - synlige vinkler mellem top og bund af forrude ift. vandret og mellem A-stolpe og bakspejl ift. lodret ved forskellige sidepositioner i tre personbiler.

Tages der udgangspunkt i Tabel 6, hvor bilføreren har bevæget sig nemt men meget sædet, så fås nogenlunde følgende "udvidede" synsfelt/-vinkler fra førerens skiftende positioner og mellem bilens venstre A-stolpe og bakspejlet:

- **Synsfelt/-vinkel opadgående:** 24 grader
- **Synsfelt/-vinkel nedadgående:** 12 grader
- **Synsfelt/-vinkel mod højre (over øjenhøjde):** 38 grader
- **Synsfelt/-vinkel mod venstre (lavtsiddende hovedsignal):** 38 grader
- **Øjenhøjde over kørebanelægning:** 110-125 cm
- **Placering af øjne bag stoplinje:** 220 cm
- **Placering af øjne ift. midt af kørespor:** 20-50 cm til venstre

I dette udvidede synsfelt kan bilisten fortsat ikke se primære højtsiddende signaler, dog kan bilisten lige se det nederste af den højtsiddende signallanterne. Til gengæld bliver flere af de lavtsiddende signallanter synlige. For synsfelt ved en ekstra nedsunken siddestilling fås:

Opgørelser af vinkler i grader	VW Passat	Mazda CX-5	Opel Corsa
Synsfelt/-vinkel opadgående	8	10	8
Synsfelt/-vinkel nedadgående	1	2	2
Synsfelt/-vinkel mod højre (til højre A-stolpe)	60	65	55
Synsfelt/-vinkel mod venstre (muligt kig)	5	5	5

**Tabel 7.** Beregningsresultater af "udvidet" synsfelt - synlige vinkler mellem bund af forrude og op under bakspejl ift. vandret og mellem bilens A-stolpe i højre side og muligt kig mod venstre ift. lodret ved "ekstra nedsunken" siddestilling og lænet ca. 15 cm til højre i tre personbiler.

Synsfeltet ved en ekstra nedsunken siddestilling, hvor bilisten har lænet sig til højre og ser mod højre, fås, at bilisten kan se 8-10 grader i en opadgående vinkel op under bakspejlet, og 55-65 grader mod højre. Bilister, hvis øjne er placeret 720 cm bag signalet og 200-400 cm til venstre for signalet (i kørselsretningen), vil kun kunne se noget af det nederste af en lavtsiddende signallanterne - op under bakspejlet - bilisten vil ikke kunne se det røde lys i signallanterne. Bilisten vil skulle være 500-600 cm til venstre for signalet (i kørselsretningen) for at kunne se det røde lys i en lavtsiddende signallanterne - op under bakspejlet. Den ekstra nedsunken siddestilling forbedrer således ikke bilistens muligheder for at se signallanter væsentligt, og derfor forekommer det irrelevant at medtage denne del af bilistens synsfelt. Det "udvidede" synsfelt består derfor udelukkende af det angivne umiddelbart efter Tabel 6.

#### Bilisters synsfelt på vej hen mod krydset

Bilister, der kører hen mod kryds, vil oftest være placeret i normal siddestilling (normal siddehøjde og midt i sædet) og med øjnene rettet fremad mod forankørende eller mod krydset. En kørende bilist kan antages at se 15 grader til sider, opad og nedad ifølge Jensen (2024). For en kørende bilist foreslås derfor at operere med følgende synsfelt/-vinkler:

- **Synsfelt/-vinkel opadgående:** **15 grader**
- **Synsfelt/-vinkel nedadgående:** **10 grader**
- **Synsfelt/-vinkel mod højre:** **15 grader**
- **Synsfelt/-vinkel mod venstre:** **15 grader**
- **Øjenhøjde over kørebanelægning:** **120 cm**
- **Placering af øjne ift. midt af kørespor:** **35 cm til venstre**

Såfremt der ikke er sigthindrende forankørende eller krydsende køretøjer, antages det, at en bilist har det synsfelt, som er angivet ovenfor.

### 3.1.5 Cyklisters synsfelt

Der tages udgangspunkt i de tidligere nævnte målinger og antagelser. For en cyklist, der holder ved stoplinjen, tages udgangspunktet, at cyklisten har begge hænder på styret, sidder afslappet og foroverbøjet. For denne holdende cyklist opereres med:

- **Synsfelt/-vinkel opadgående:** **60 grader**
- **Synsfelt/-vinkel nedadgående:** **60 grader**
- **Synsfelt/-vinkel mod højre:** **60 grader**
- **Synsfelt/-vinkel mod venstre:** **60 grader**
- **Øjenhøjde over kørebanelægning:** **150 cm**
- **Placering af øjne bag stoplinje:** **50 cm**
- **Placering af øjne ift. kantsten mod fortov:** **30- cm til venstre**

Det bør bemærkes, at nogle cyklister kan have vanskeligheder eller ubehag ved at se i en opadgående synsvinkel på 60 grader. Det kan skyldes ubalance i nakkemusklernerne eller svimmelhed.

For en cyklist på vej hen mod krydset tages udgangspunktet, at cyklisten har begge hænder på styret, sidder afslappet og foroverbøjet. For denne cyklist opereres med:

- Synsfelt/-vinkel opadgående: 15 grader
- Synsfelt/-vinkel nedadgående: 15 grader
- Synsfelt/-vinkel mod højre: 15 grader
- Synsfelt/-vinkel mod venstre: 15 grader
- Øjenhøjde over kørebanelægning: 150 cm
- Placering af øjne ift. kantsten mod fortov: 60- cm til venstre

De to synsfelter er udgangspunkter for beregninger af synlige signaler for cyklister.

### 3.1.6 Sigthindrende forankørende eller krydsende køretøjer

Når en bilist er på vej hen mod krydset, kan et forankørende køretøj skjule signaler i eller ved krydset. Når en bilist holder ved krydset, kan et krydsende køretøj ude i krydset skjule signaler, som bilisten skal kunne se. I det følgende fastlægges:

- Dimensioner for det forankørende eller krydsende køretøj
- Tidsgabet mellem det forankørende køretøj og bilen, hvorfra signaler skal kunne ses
- Hastigheder for forankørende og krydsende køretøj samt bilen, hvorfra signaler skal kunne ses
- Placeringen af forankørende og krydsende køretøj samt bilen, hvorfra signaler skal kunne ses.

#### Dimensioner for det sigthindrende køretøj

Der tages udgangspunkt i de maksimale dimensioner for et modulvogntog. Et modulvogntog må uden dispensationer være op til **255 cm bredt, 400 cm højt og 2525 cm langt**.

#### Tidsgab mellem køretøjer

Med tidsgabet mellem køretøjer menes tidsrummet fra bagenden af forreste køretøj har passeret et punkt til forenden af bagerste køretøj når frem til punktet. Ved kapacitetsgrænsen for fri strækning med to eller flere kørespor i hver køreretning er det gennemsnitlige tidsgab (altså i meget tæt trafik) mellem køretøjer ca. 1,35 sekund. I meget tæt trafik er der typisk kolonner af ekstrem tæt trafik efterfulgt af lidt større "huller". I den ekstrem tætte trafik er tidsgabet på fri strækning ofte omkring 0,70 sekund. Følgetiden for ligeud kørende trafik i signalregulerede kryds er sat til 1,80 sekund, hvilket svarer til et tidsgab på ca. 1,50 sekund.

Det anbefales at operere med et **tidsgab mellem køretøjer på 1,00 sekund**. Et sådant tidsgab forekommer rimeligt ofte blandt køretøjer på vej hen mod et signalreguleret kryds.

#### Hastigheder for køretøjer

For alle **køretøjer på vej hen mod et signalregulerede kryds** opereres med, at disse køretøjer kører en hastighed, der svarer til hastighedsbegrænsningen. Det vil sige, at de **kører med en hastighed på 30, 40, 50, 60 eller 70 km/t**, fordi hastighedsbegrænsningen i signalregulerede kryds må være i netop intervallet 30-70 km/t.



I signalregulerede kryds kan krydsende køretøjer skjule sekundære pilsignaler:

- Bilen, hvorfra højresvings pilsignal skal ses, skal svinge til højre ind på en tværgående vej uden midterhelle. Der er 1-lys pilsignaler på højre hjørne i forkant og i bagkant af krydset. Trafik i tilfarten til højre på tværgående vej kan derfor skjule 1-lys pilsignalet i bagkant af krydset.
- Bilen, hvorfra venstresvings pilsignal skal ses, skal svinge til venstre ind på en tværgående vej. Der er placeret 1-lys pilsignal på midterhelle både i krydsets forkant og bagkant. Den venstresvingende trafik fra modsatrettede tilfart kan derfor skjule 1-lys pilsignalet i bagkant af krydset.
- Bilen, hvorfra højresvings eller venstresvings pilsignal skal ses, skal svinge til højre eller venstre ind på en tværgående vej med midterhelle. Der er samtidig 1-lys højresvings- og venstresvings pilsignaler til samme frafart (samtidig indsvingning). Der er placeret 1-lys højre pilsignal i forkant og på tværgående vejs midterhelle. Der er placeret 1-lys venstre pilsignal i forkant på midterhelle og i bagkant på venstre hjørne. Højresvingende trafik kan skjule venstresvings pilsignal i bagkant på venstre hjørne, og venstresvingende trafik kan skjule højresvings pilsignal på tværgående vejs midterhelle.

**Den krydsende trafik**, nævnt i de tre specifikke tilfælde ovenfor, **antages at holde stille**. Derfor undersøges, om den krydsende trafik kan skjule de nævnte signaler, og ikke hvor lang tid den krydsende trafik kan skjule signalerne.

#### Placering af køretøjer

Bilisten på vej hen mod krydset antages at have en køretid (uden opbremsning) på 4 sekunder til stoplinjen. Det vil sige, at bilens forende er placeret hhv. 33,3, 44,4, 55,6, 66,7 og 77,8 m ved hastigheder på hhv. 30, 40, 50, 60 og 70 km/t. Baggrunden for at vælge præcis 4 sekunder er, at det gule signal vises i 4 sekunder, og bilen netop skal bringes til standsning i den periode for ikke at køre over for rødt. I den situation må det sigthindrende, forankørende modulvogntog formodes at fortsætte over krydset og altså ikke påvirke, at bilisten på vej hen mod krydset standser. Bilisten skal selv se signalet for at nå at standse og ikke køre over for rødt. Den krydsende trafik antages at holde i det kørespor, der er tilegnet deres kørestrøm, og med en placering i eller under den sigtelinje, der er mellem bilisten og den relevante signallanterne.

## 3.2 Synlige signaler ved stoplinje

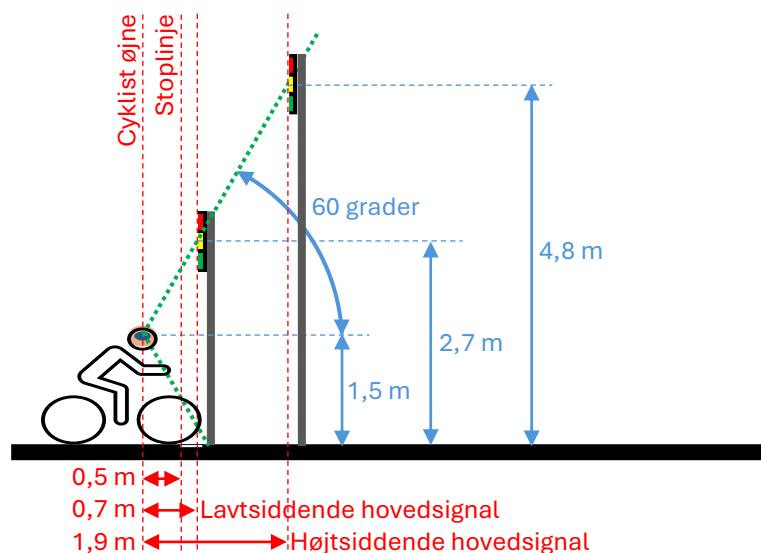
Til illustration af synlige signaler ved stoplinje er der for cyklister taget udgangspunkt i det synsfelt, der er beskrevet i afsnit 3.1.5 for holdende cyklister. For bilister er der taget udgangspunkt i det "normale" synsfelt ved stoplinje, der er angivet i afsnit 3.1.4 for holdende bilister. Dog er der på tegninger - som vejledende oplysning - også angivet synlige signaler i bilisters "udvidede" synsfelt ved stoplinje.

Da der er stor variation i krydsgeometri (fx skævhed mellem krydsende veje), bredde af kørespor og cykelsti samt helleanlæg og rabatter, er det valgt at tage udgangspunkt i standardplaceringer af signallanter og herudfra illustrere, hvilket område disse signaler er synlige for holdende trafikanter ved stoplinje.

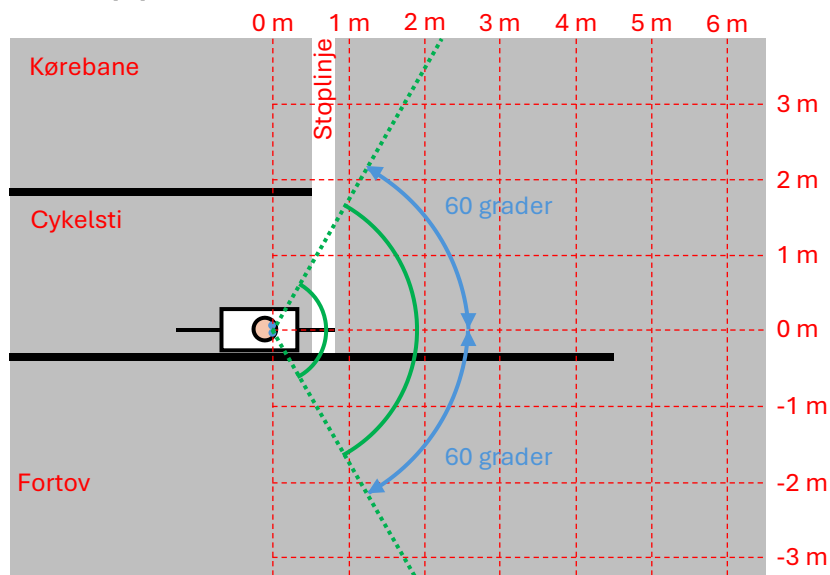
### 3.2.1 Synlige signaler for cyklister

Til illustration af synsfeltet for en cyklist, der holder ved stoplinjen nærmest kantstenen i højre side af cykelstien, er synsfeltet tegnet hhv. "Set fra siden" og "Set oppefra", se Figur 8.

#### Set fra siden:



#### Set oppefra:

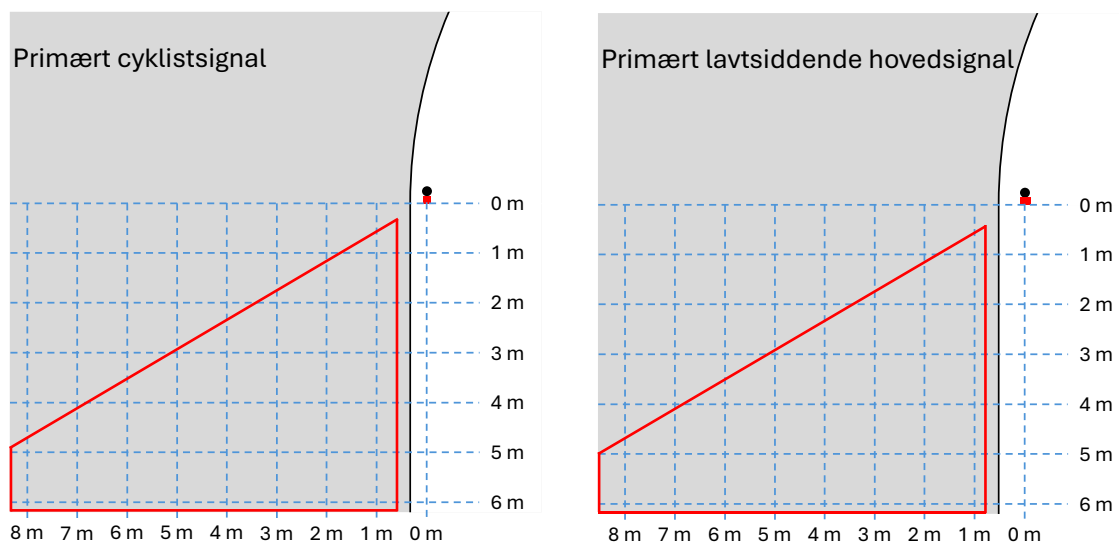


**Figur 8.** Eksempel på sigtelinjer (stiplede grønne linjer) for cyklist ved udmåling af 60 graders synsvinkler vertikalt (øverste tegning - set fra siden) og horisontalt (nederste tegning - set oppefra). Cyklistens øjne er placeret 0,5 m bag stoplinje, 1,5 m over belægning og 0,3 m fra kantsten til fortov. På øverste tegning er angivet hhv. et lavtsiddende og et højtsiddende hovedsignal. Disse signaler kan cyklisten se, når der er mere end hhv. 0,7 m og 1,9 m i vandret afstand fra øjnene til signal. Disse afstande er markeret med grønne ringe på den nederste tegning.

En cyklist, der holder ved stoplinjen, anslås at have synsvinkler på 60 grader til venstre, til højre, opad og nedad. Det betyder, at cyklisten kan se 1,73 m til venstre, til højre, opad og nedad for hver meter i referenceretningen (lige frem foran cyklisten). Figur 8 illustrerer fint cyklistens meget store synsfelt. Cyklisten kan se et lavtsiddende hovedsignal, hvor lanternens midte er 2,7 m over belægningen, når det er placeret i en vandret afstand på 0,7 m fra cyklistens øjne. Et højtsiddende hovedsignal med midten af lanternen 4,8 m over belægningen kan cyklisten se i en vandret afstand på 1,9 m fra cyklistens øjne. Tilsvarende kan cyklisten se et cyklistsignal i en vandret afstand på blot 17 cm fra cyklistens øjne og et ophængt højtsiddende hovedsignal over kørebanen i en vandret afstand på 2,3 m fra cyklistens øjne.

Cyklistens meget store synsfelt betyder, at det kun er i situationer, hvor cyklisten er placeret til venstre på en meget bred cykelsti, at cyklisten evt. ikke kan se primære signaler, hvis cyklistens stoplinje er placeret tæt på de primære signaler. Dog skal det nævnes, at det kan være svært at opdage og se de relativt små cyklistsignaler, hvis disse er placeret mere end ca. 40 m væk, hvilket eye-track studier indikerer (se fx Rupi og Krizek, 2019).

I det følgende er illustreret, i hvilket område et primært cyklistsignal og lavtsiddende hovedsignal over fortovej til højre for cyklisteres færdselsareal er synligt for cyklister. Derudover er omtalt, i hvilket område et sekundært cyklistsignal eller hovedsignal hhv. på helleanlæg på tværgående vej til højre for tilfart og på højre hjørne i bagkant af krydset er synligt for cyklister. På tegninger er der angivet kantsten og signalers placering. Der er ikke angivet en stoplinje. Der er angivet et "målegitter", hvor mellemrum mellem linjer i gitteret er 1 m.



**Figur 9.** Illustration af signalers synlighed for cyklister af primært cyklistsignal placeret 0,3 m fra kantsten til cykelsti eller -bane og primært lavtsiddende hovedsignal placeret 0,5 m fra kantsten til kørespore. Disse signaler er synlige for cyklister, når deres øjne er placeret inden for den røde firkant i en højde på 1,5 m. Signalers placering er markeret med en rød prik.

Holdende cyklisteres øjne er som udgangspunkt placeret mindst 0,3 m til venstre for kantsten ifølge afsnit 3.1.5. Med 0,3 m til kantsten kan en cyklist se det primære cyklistsignal allerede, når cyklistens øjne er placeret 0,3 m bag cyklistsignalet, mens denne cyklist kan se det primære hovedsignal, når cyklistens øjne er placeret 0,4 m bag hovedsignalet. Da den vandrette afstand

mellem midten af cyklens forhjul og cyklistens øjne er 0,5 m, så kan cyklisten, der holder lovligt bag stoplinjen og tæt på kantsten faktisk se disse signaler, selvom stoplinjen er placeret ud for signalet.

Mange cyklister holder dog ikke tæt på kantstenen til fortovet. Når cyklisters færdselsareal, fx cykelsti eller -bane, er op til 2,3 m bredt, så kan alle cyklister, der holder med midt af forhjulet bag stoplinjen, se det primære cyklistsignal eller lavtsiddende hovedsignal, når signalet har en tilstrækkelig lysåbning og er vinklet korrekt, og stoplinjen afmærkes mindst 1,0 m bag signalet. Når cyklisters færdselsareal, fx cykelsti eller højresvingbane, er 2,3-3,0 m bredt, så kan primære signaler ses, når stoplinjen afmærkes mindst 1,5 m bag signalet. Og når cyklisters færdselsareal er 3,0-4,0 m bredt, så kan primære signaler ses, når stoplinjen afmærkes mindst 2,0 m bag signalet. Hvis cyklisters færdselsareal er bredere end 4,0 m, så er det nødvendigt at opsætte cyklistsignal på stander på delehelle til venstre for cykelsti eller på galge hen over cykelstien, for at primære signaler kan ses, når stoplinjen afmærkes mindst 1,5 m bag signalerne. Hvis det ønskes, at cyklister, der holder lovligt bag stoplinjen, skal kunne se et primært signal, der er tiltænkt dem - også pilsignal for højresving, så anbefales at følge de nævnte placeringer af stoplinje på cyklisters færdselsareal.

Venstresvingende cyklister holder typisk afventende foran primære signaler og foran et tværgående fodgængerfelt. For venstresvingende cyklister er et sekundært signal på helleanlæg på den tværgående vej til højre for tilfarten og/eller på højre hjørne i bagkant af krydset nødvendigt. Hvis der forefindes et sekundært signal disse steder, så vil alle cyklister fra tilfarten både venstresvingende, ligeudkørende og højresvingende kunne se disse signaler, da de som minimum vil være synlige i en bredde på mindst 6 m til venstre og mindst 6 m til højre for primære signaler (dem som er vist i Figur 9) foran det tværgående fodgængerfelt. Et sekundært cyklistsignal kan dog være vanskeligt at få øje på, hvis det er placeret mere end ca. 40 m fra cyklisten.

En speciel situation, hvor sekundære signaler med højresvingspil i bagkant af krydset skjules af tværgående trafik på den tværgående vej, forekommer i få kryds, hvor der ikke er helleanlæg på den tværgående vej til højre for tilfarten. Det kan betyde, at hverken cyklister eller bilister, der har passeret stoplinjen, kan se den grønne højresvingspil, og derfor ikke benytter sin kørselsret men afventer. Denne specielle situation findes fx i krydset Borgergade / Sølvgade i Københavns Kommune, se Figur 10.

Den specielle situation kan afhjælpes på tre måder. Stoplinjen trækkes tilbage, så trafikanter - og her cyklister - der er bag stoplinjen kan se det primære pilsignal for højresving. Det er en god afhjælpende metode, hvis højresvingspil gives som førgrønt, altså før hovedsignalet bliver grønt. Hvis højresvingspil gives som eftergrønt, altså tændes efter hovedsignalet er grønt, så kan det afhjælpe at tænde højresvingspil 2-4 sekunder før hovedsignalet skifter til gult. Der ved får højresvingende, der har passeret stoplinjen mulighed for at se højresvingspil i bagkant af krydset, da tværgående trafik ikke kan skjule denne højresvingspil i 6-8 sekunder. En tredje måde at afhjælpe situationen er at opsætte højtsiddende signaler inkl. højresvingspil i bagkant af krydset evt. på galge over kørebane, så højresvingende, der har passeret stoplinjen, kan se disse højtsiddende signaler. Man skal her huske på, at den vandrette afstand mellem den højresvingende bilist og det højtsiddende signal mindst skal være 12 m, for at bilisten kan se signalet pga. bilistens opadgående synsvinkel på kun 20 grader.



**Figur 10.** Krydset Borbergade / Sølvgade set fra Sølvgade. Foto: Google Streetview.

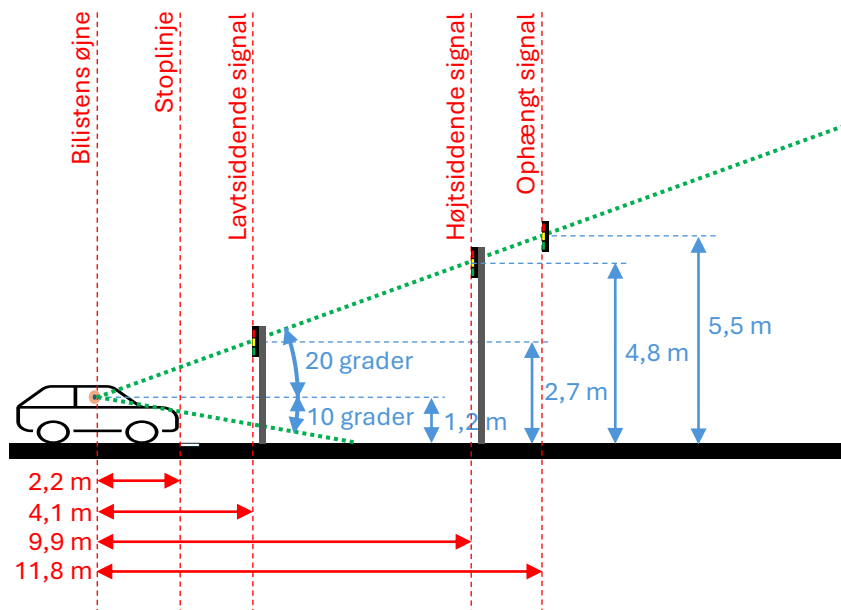
### 3.2.2 Synlige signaler for bilister

Til illustration af synsfeltet for en personbilist, der holder bag stoplinjen midt i køresporet nærmest cykelstien, er synsfeltet tegnet hhv. "Set fra siden" og "Set oppefra", se Figur 11.

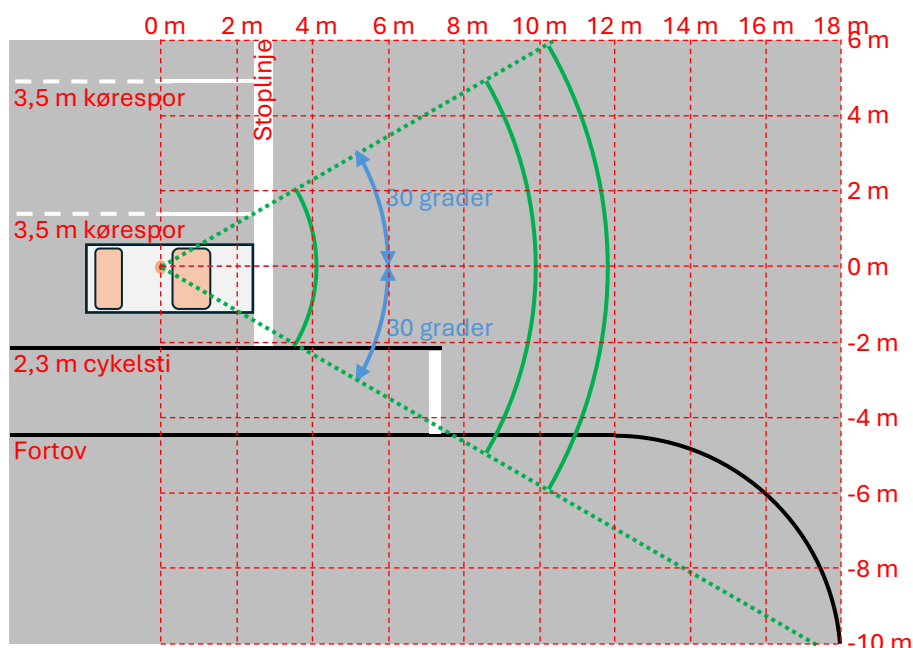
En personbilist, der holder bag stoplinjen, anslås at have synsvinkler på 30 grader til venstre og til højre, 20 grader opad og 10 grader nedad. Det betyder, at bilisten kan se 0,58 m til venstre og til højre, 0,36 m opad og 0,18 m nedad for hver meter i referenceretningen (lige frem foran bilisten). Figur 11 illustrerer fint bilistens synsfelt. Bilisten kan se et lavtsiddende hovedsignal, hvor lanternens midte er 2,7 m over belægningen, når det er placeret i en vandret afstand på 4,1 m fra bilistens øjne. Et højtsiddende hovedsignal med midten af lanternen 4,8 m over belægningen kan bilisten se i en vandret afstand på 9,9 m fra bilistens øjne, og bilisten kan se et ophængt hovedsignal over kørebanen i en vandret afstand på 11,8 m fra bilistens øjne.

Bilistens begrænsede synsfelt betyder, at flere af de primære signaler ofte ikke kan ses fra en personbil, der holder umiddelbart bag stoplinjen. Personbilisten, der holder umiddelbart bag stoplinjen, kan sjældent se højtsiddende primære signaler. Derimod kan personbilisten, der holder umiddelbart bag stoplinjen, ofte se de fleste sekundære signaler, når disse er placeret på de anbefalede steder i krydset.

## Set fra siden:



## Set oppefra:

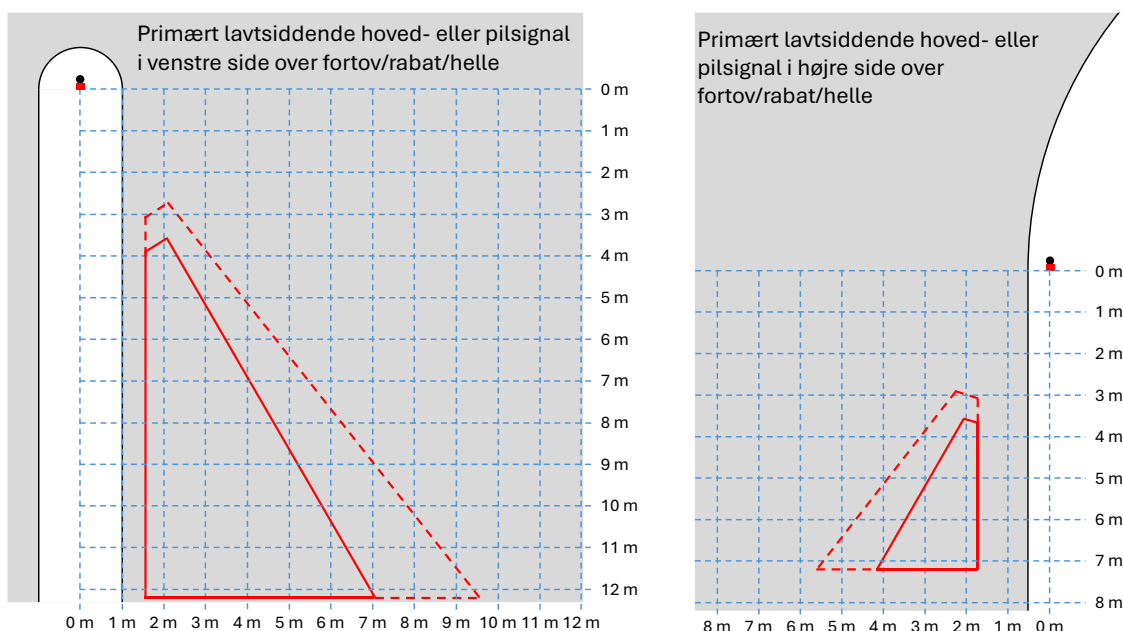


**Figur 11.** Eksempel på sigtelinjer (stiplede grønne linjer) for biler ved udmåling af synsvinkler vertikalt (øverste tegning - set fra siden) og horisontalt (nederste tegning - set oppefra). Bilistens øjne er placeret 2,2 m bag stoplinje, 1,2 m over belægning og 0,35 m til venstre for midten af køresporet. På den øverste tegning er angivet hhv. et lavtsiddende, et højtsiddende og et ophængt hovedsignal. Disse signaler kan bilisten se, når der er mere end hhv. 4,1 m, 9,9 m og 11,8 m i vandret afstand fra øjnene til signal. Disse afstande er markeret med grønne ringe på den nederste tegning.

I det følgende er illustreret, i hvilket område de primære og sekundære lavtsiddende hoved- og pilsignaler over fortov/helle/rabat til højre eller venstre for bilisters færdselsareal er synlige for personbilister. Personbilisten har en øjenhøjde på 120 cm og øjnene er placeret 220 cm bag stoplinjen. På tegningerne er der angivet kantsten og signalets placering. Der er ikke angivet en stoplinje. Der er angivet et "målegitter", hvor mellemrum mellem linjer i gitteret er 1 m.

### Primære lavtsiddende hoved- og pilsignaler

I Danmark er det meget sjældent, at primære signaler til højre for tilfarten (eller deltilfarten) er placeret mere end 5,0 m foran stoplinjen. Et evt. tværgående fodgængerfelt placeres nærmest altid ca. 0,5 m foran det primære signal til højre for tilfarten. Derimod er primære signaler til venstre for tilfarten (eller deltilfarten) ganske ofte placeret foran et tværgående fodgængerfelt, og her kan stoplinjen være placeret op til 5,5 m bag fodgængerfeltet. Det betyder, at det primære signal til venstre for tilfarten (eller deltilfarten) nogle gange er placeret ca. 9-10 m foran stoplinjen. Det primære signal til højre for tilfarten er typisk placeret 0,3-0,5 m fra kantstenen inde over fortovet. Det primære signal til venstre for tilfarten er typisk placeret 1,0 m fra kantstenen ind over et helleanlæg.



**Figur 12.** Illustration af signalers synlighed for personbilister af primært lavtsiddende hoved- eller pilsignal placeret 1,0 m fra kantsten til kørebane over helleanlæg i venstre side og primært lavtsiddende hoved- eller pilsignal placeret 0,5 m fra kantsten til kørebane over fortov i højre side. Disse signaler er synlige for personbilister, når deres øjne er placeret i en højde på 1,2 m og inden for den fuldt optrukne røde firkant i deres "normale" synsfelt og inden for den stiplede røde firkant i deres "udvidede" synsfelt. Signalets placering er markeret med en rød prik.

Hvis personbilen holder inde ved kantstenen, så vil bilistens øjne ofte være placeret 1,25 m til venstre for kantstenen, hvis bilisten holder i højre vejside, eller 0,55 m til højre for kantstenen, hvis bilisten holder i venstre side af tilfarten. De afstande er angivet med røde linjer i Figur 12, der illustrerer i hvilket område signaler er synlige for bilister. Er stoplinjen 5,0 m bag signalet i højre side, så vil den forreste holdende bilists øjne ofte være placeret 7,2 m bag signalet. Er

stoplinjen 10,0 m bag signalet i venstre side, så vil den forreste holdende bilists øjne ofte være placeret 12,2 m bag signalet. Disse afstande er også markeret med røde linjer i Figur 12.

Hvis der ikke er fremført cykelsti eller -bane i tilfarten, så vil der være et kørespor umiddelbart til venstre for det primære signal i højre side. Dette kørespor vil typisk have en bredde på 3,0-3,8 m. Personbilisten, der holder midt i dette kørespor, vil typisk have sine øjne 2,35-2,75 m til venstre for signalet. Bilisten i dette kørespor kan se det primære signal i højre side, hvis stoplinjen i køresporet er trukket mindst 2,5 m tilbage i forhold til det primære signal i højre side. Hvis der er et andet kørespor til venstre for køresporet ind mod kantstenen i højre side, så kan bilister i det andet kørespor ikke se det primære signal i højre side - ej heller i det "udvidede" synsfelt og ej heller hvis stoplinjen er trukket 5 m tilbage, da deres øjne typisk vil være placeret 5,8-6,2 m til venstre for signalet. Det primære signal i højre side er derfor sjældent synligt for bilister i det andet kørespor.

Hvis der er en fremført cykelsti eller -bane med en bredde på op til 2,0 m, så kan en bilist kun lige se det primære signal i højre side, hvis bilisten holder midt i et 3,0 m bredt kørespor fx højresvingsbane og stoplinjen er trukket 5,0 m tilbage, fordi bilistens øjne vil være placeret op til 4,15 m til venstre for signalet og 7,2 m bag signalet. Hvis cykelsti eller kørespor er væsentligt bredere, så den samlede bredde af cykelsti og kørespor overstiger 5,5 m, så anslås, at kun bilister der gør brug af deres "udvidede" synsfelt vil kunne se det primære signal i højre side. Hvis cykelstien er meget bredere end 2,0 m og det forekommer nødvendigt, at holdende bilister i det højre kørespor kan se det primære signal i højre side, så kan der opsættes hoved- og/eller pilsignal på stander på helle mellem cykelsti og kørespor eller på galge hen over cykelstien, og stoplinjen anbefales i så tilfælde afmærket mindst 2,5 m bag signalerne.

Det primære signal i højre side kan altså kun ses af de forreste holdende personbilister i det højre kørespor. Det primære signal i venstre side kan ses af de forreste holdende personbilister i køresporet længst til venstre, når stoplinjen er op til 5,0 m bag signalet i venstre side. Personbilister i køresporet anden længst til venstre kan i nogle tilfælde også se det primære signal i venstre side i deres "udvidede" synsfelt, hvis køresporene ikke er for brede og signalet kun er placeret 0,5 m fra kantsten.

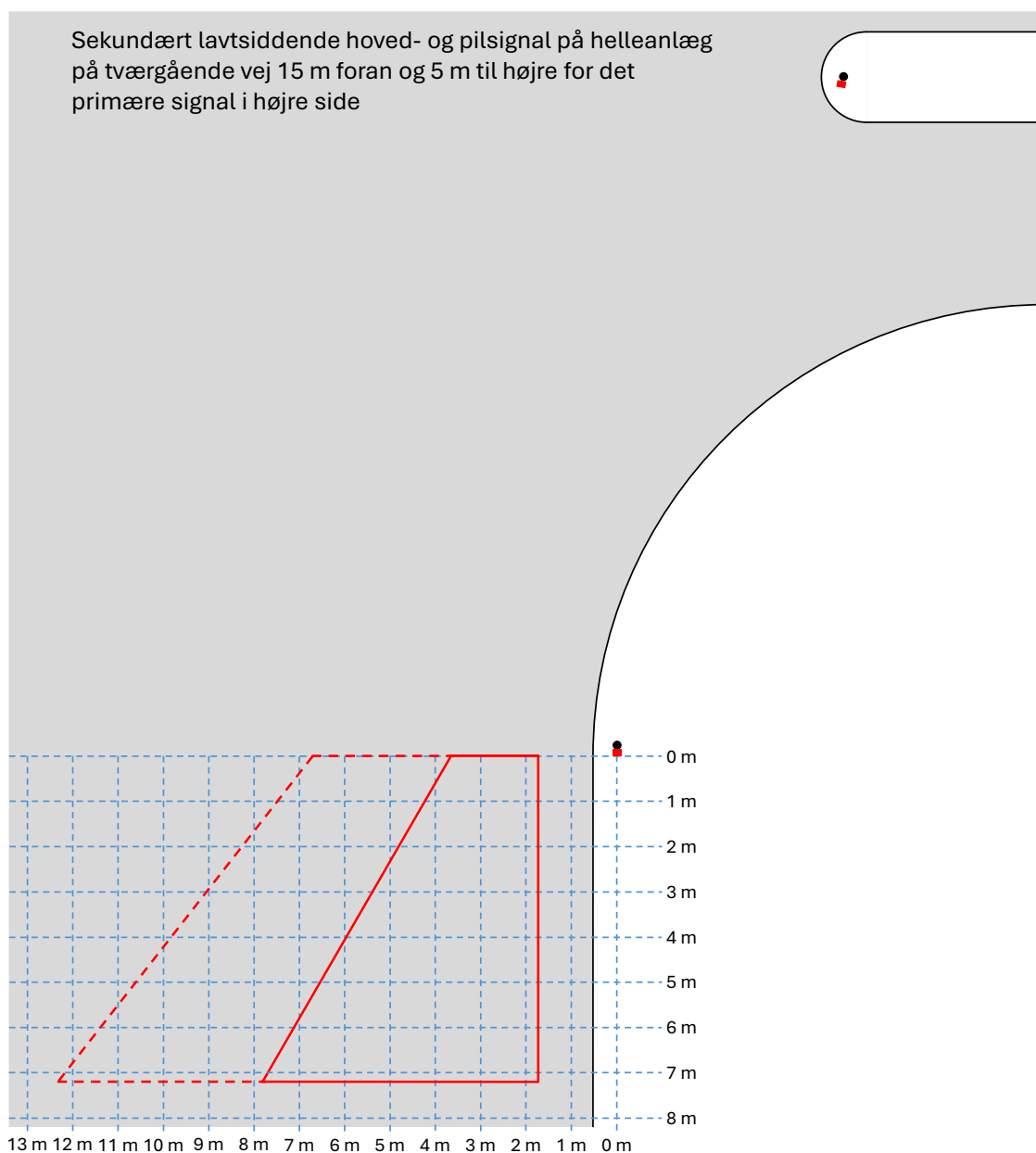
Hvis det primære signal i venstre side er placeret ca. 8,5 m eller mere foran stoplinjen, så kan bilisterne i køresporet anden længst til venstre også se signalet i deres "normale" synsfelt. Det er således muligt med primære lavtsiddende signaler, at mindst ét primært signal er synligt for bilister i en tilfart eller deltilfart med op til tre kørespor. Hvis der er flere end tre kørespor i en tilfart, så skal der opstilles sekundære signaler for tilfarten, da primære højtsiddende signaler ikke er synlige for de forreste holdende personbilister. Hvis der kun er primære signaler i højre side, så vil disse kun være synlige for ét kørespor. Det vil sige, at der skal opstilles sekundære signaler i tilfarter, hvor der kun er primære signaler i højre side og tilfarten har mere end ét kørespor.

#### *Sekundære lavtsiddende hoved- og pilsignaler*

De sekundære lavtsiddende hoved- og pilsignaler, der er placeret på helleanlæg på den tværgående vej til højre for tilfarten, vil typisk være placeret 15-25 m foran det primære signal i højre side og typisk 0-5 m til højre for det primære signal i højre side. Dette sekundære signal vil være synligt for flest i tilfarten, hvis det er placeret 25 m foran og 0 m til højre for det



primære signal i højre side, og synligt for færrest, hvis det er placeret 15 m foran og 5 m til højre for primære signal i højre side.

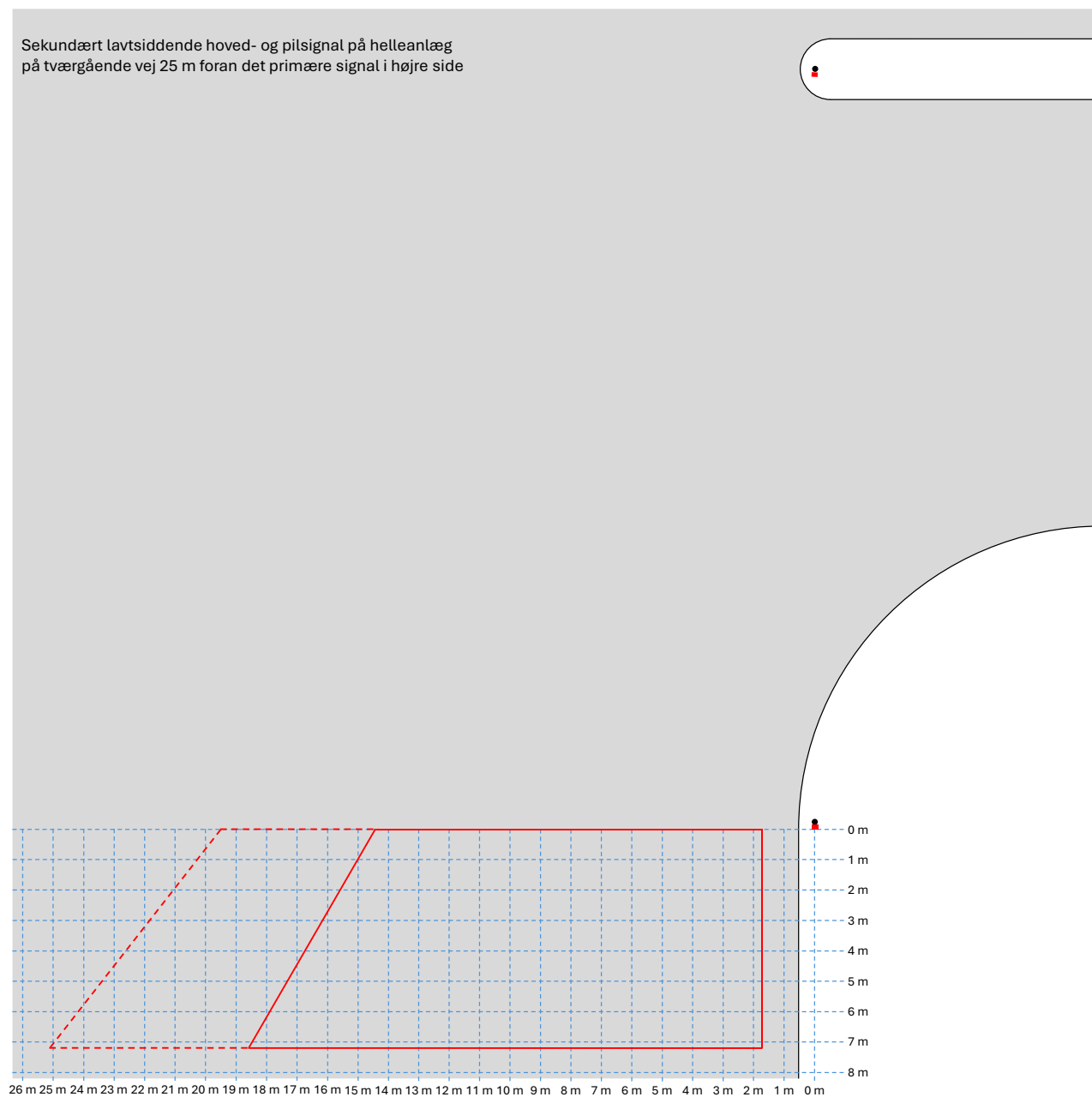


**Figur 13.** Illustration af sekundært lavtsiddende signals synlighed for personbilister placeret på helleanlæg 15 m foran og 5 m til højre for primært signal i højre side. Dette signal er synligt for personbilister, når deres øjne er placeret i en højde på 1,2 m og inden for den fuldt optrukne røde firkant i deres "normale" synsfelt og inden for den stiplede røde firkant i deres "udvidede" synsfelt. Signalers placering er markeret med en rød prik.

I Figur 13 er vist, hvor i tilfarten det sekundære lavtsiddende signal, der er placeret 15 m foran og 5 m til højre for primære signal i højre side, er synligt for personbilister. Det er synligt 4,9-7,8 m til venstre for det primære signal i højre side i bilistens "normale" synsfelt afhængig af, hvor stoplinjen er afmærket, og 8,4-12,3 m til venstre for det primære signal i højre side i

bilistens "udvidede" synsfelt. Dette sekundære signal vil således tydeligt kunne ses i 1-2 kørespor til venstre for det primære signal i højre side afhængig af bredde af fremført cykelfacilitet og kørespor samt placering af stoplinje.

Sekundært lavtsiddende hoved- og pilsignal på helleanlæg på tværgående vej 25 m foran det primære signal i højre side



**Figur 14.** Illustration af sekundært lavtsiddende signals synlighed for personbilister placeret på helleanlæg 25 m foran primært signal i højre side. Dette signal er synligt for personbilister, når deres øjne er placeret i en højde på 1,2 m og inden for den fuldt optrukne røde firkant i deres "normale" synsfelt og inden for den stiplede røde firkant i deres "udvidede" synsfelt. Signalers placering er markeret med en rød prik.

I Figur 12 er vist, hvor i tilfarten det sekundære lavtsiddende signal, der er placeret 25 m foran det primære signal i højre side, er synligt for personbiler. Dette signal er synligt 15,7-18,5 m til venstre for det primære signal i højre side i bilistens "normale" synsfelt afhængig af, hvor stoplinjen er afmærket, og 21,2-25,1 m til venstre for det primære signal i højre side i bilistens "udvidede" synsfelt. Dette sekundære signal vil således tydeligt kunne ses i 4-5 kørespor til venstre for det primære signal i højre side afhængig af bredde af fremført cykelfacilitet og kørespor samt placering af stoplinje.

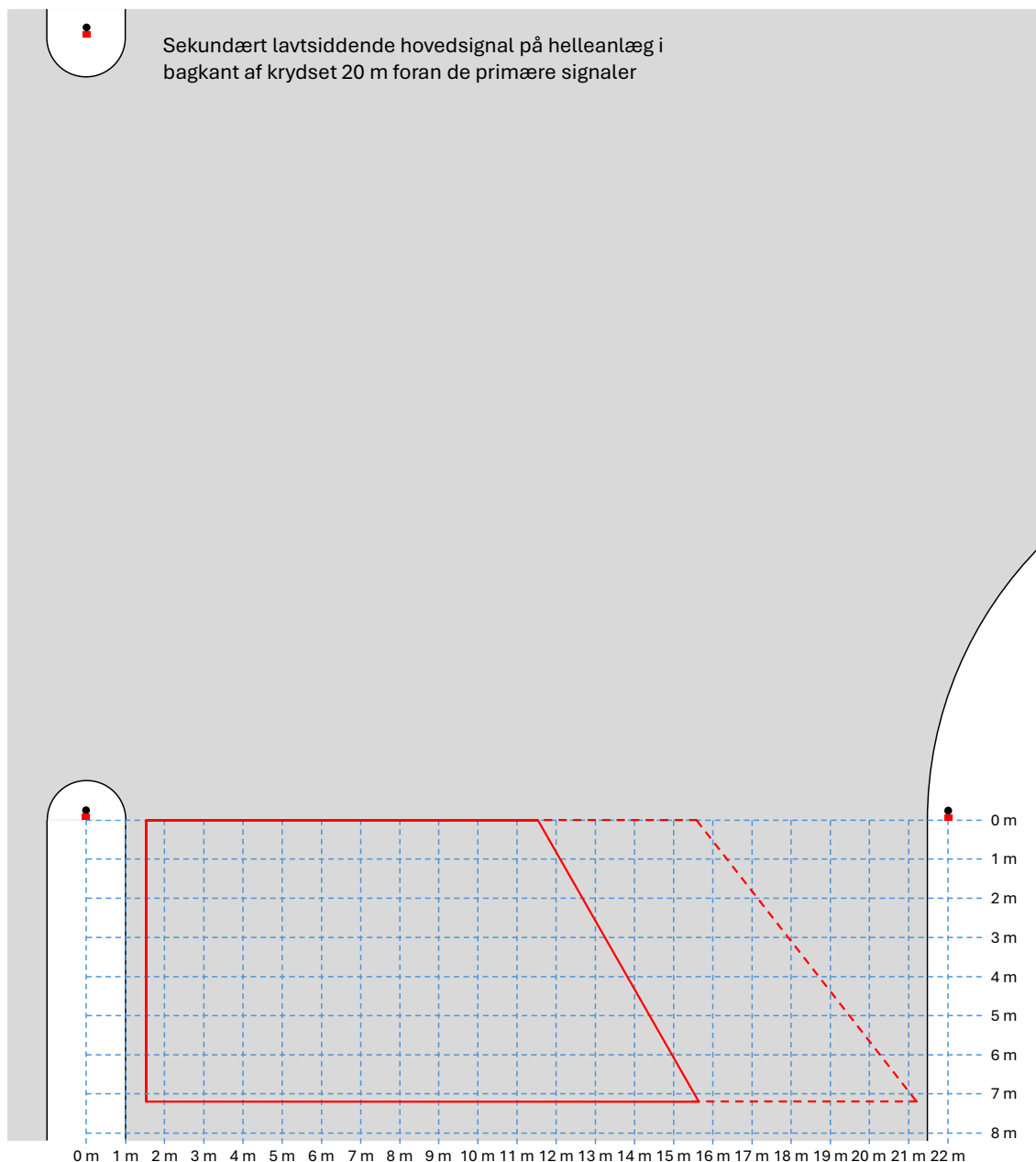
Man kan sige, at sekundære lavtsiddende signaler bliver synligt for et ekstra kørespor for hver yderligere 6 m signalet står foran det primære signal i højre side. Det sekundære signal bliver synligt for yderligere 3,46 m til venstre for det primære signal i højre side, for hver 6 m det står længere foran det primære signal i højre side. Denne tommelfingerregel gælder naturligvis også sekundære signaler i bagkant af krydset.

For samtlige tilfarter i Danmark med midterheller og evt. deleheller ved separatregulering af svingende trafik (3-lys pilsignal) samt helleanlæg på tværgående vej til højre for tilfarten kan lavtsiddende primære signaler og lavtsiddende sekundære signaler på helleanlæg på tværgående vej til højre for tilfarten medføre, at signalgivning er synlig for alle holdende bilister og cyklister, der holder bag stoplinjen. I disse tilfarter er sekundære signaler i bagkant af krydset eller ophængt over kørebane i realiteten unødvendige (dog kan 1-lys pilsignal for venstresving være nødvendig at opsætte sammen med hovedsignal i bagkant af krydset). Det skyldes bl.a., at i Danmark findes kun tilfarter, hvor der er ligeudkørende trafik, med op til 5 kørespor, og deltilfarter uden ligeudkørende trafik med op til 3 kørespor. De nævnte primære og sekundære signaler er synlige for de forreste trafikanter i alle kørespor og på cykelfaciliteter, hvis blot disse signaler placeres rigtigt og stoplinjer trækkes tilstrækkeligt tilbage ift. signalerne.

For tilfarter, hvor der ikke forefindes et helleanlæg på tværgående vej til højre for tilfarten, kan der opsættes et sekundært signal på det højre hjørne i bagkant af krydset. Dette sekundære signal kan dog udelades i det tilfælde, at a) der ikke er holdende venstresvingende cyklister foran tilfartens primære signaler, b) der ikke er 1-lys pilsignal for højresvingende, og c) de primære signaler er synlige for trafik i alle kørespor.

For tilfarter med mere end ét kørespor, hvor der ikke forefindes midterhelle og/eller deleheller i tilknytning til 3-lys pilsignaler, anbefales at opstille sekundære signaler i bagkant af krydset på helleanlæg eller på venstre hjørne og/eller ophænge sekundære signaler over kørebanen.

Sekundære signaler i bagkant af krydset vil oftest være placeret 20-65 m foran det primære signal i højre side og 0-3 m til højre for eller 0-50 m til venstre for dette primære signal. Med baggrund i Figur 12, så kan det beregnes, at lavtsiddende sekundære signaler i bagkant af krydset mindst vil være synlige for 3 kørespor til venstre for deres placering og 3 kørespor til højre for deres placering. Der findes tilfarter i Danmark, hvor et sekundært signal på venstre hjørne i bagkant af krydset ikke vil være synligt for holdende bilister i tilfarten, fordi vinklen over til signalet på dette hjørne er større end 30 grader. Her skal der opstilles sekundære signaler i bagkant af krydset på helleanlæg eller der skal ophænges sekundære signaler over kørebanen.



**Figur 15.** Illustration af sekundært lavtsiddende signals synlighed for personbilister placeret på helleanlæg i bagkant af krydset 20 m foran primære signaler. Dette signal er synligt for personbilister, når deres øjne er placeret i en højde på 1,2 m og inden for den fuldt optrukne røde firkant i deres "normale" synsfelt og inden for den stiplede røde firkant i deres "udvidede" synsfelt. Signalers placering er markeret med en rød prik.

I Figur 15 er vist det område i tilfarten, at et sekundært signal på en midterhelle i bagkant af krydset, der er 20 m foran de primære signaler, er synligt for personbilister. Signalet er tydeligt synligt for bilister i 3-5 kørespor til højre for midterhellen afhængig af, hvor brede køresporene er og hvor stoplinjen er placeret.

Anførte forhold tager udgangspunkt i, at bilister holder lovligt bag stoplinjen. I Danmark, hvor der meget ofte er flere sekundære signaler i tilfarer end de anbefalede, holder mange bilister tættere på krydset og ind over stoplinjen. Når bilister holder ind over stoplinjen, er det nødvendigt at opsætte flere sekundære signaler. Men principielt er det i mange tilfarer kun nødvendigt at opsætte primære signaler og ét sekundært signal. Dog kan det være nødvendigt med flere sekundære signaler, hvis der er 1-lys pilsignaler og for at bilister på vej frem mod krydset kan se et signal, se evt. afsnit 3.3.

I det følgende er det omtalt og evt. illustreret, i hvilket område de primære og sekundære højt-siddende hoved- og pilsignaler er synlige for de holdende personbilister lige bag stoplinjen. Personbilisten har fortsat en øjenhøjde på 120 cm og øjnene er placeret 220 cm bag stoplinjen. På tegninger er der angivet kantsten og signalets placering. Der er ikke angivet en stoplinje. Der er angivet et "målegitter", hvor mellemrum mellem linjer i gitteret er 1 m.

#### *Primære højtsiddende hoved- og pilsignaler*

Midten af primære højtsiddende signallanter vil typisk være ca. 480 cm over belægningen, altså 360 cm højere oppe end personbilistens øjne. Disse primære højtsiddende signallanter er først synlige for personbilisten, når dennes øjne er placeret mere end 9,9 m bag signalet. Det er kun primære signaler på midter- og deleheller til venstre for personbilisten, der må være placeret så langt foran personbilisten. På de helleanlæg er der også opsat primære lavtsiddende signaler, og derfor giver primære højtsiddende signaler ikke flere af de forrest holdende bilister mulighed for at se et signal.

De primære højtsiddende signaler har heller ikke til formål at vise signalgivning for de forrest holdende bilister. Disse signaler har derimod til formål at forbedre opstarten for grønt lys ved at vise signalgivningen for bilister bag de forrest holdende samt at sikre at flere bilister ved skift fra grønt til gult lys kan se signalgivningen.

#### *Sekundære højtsiddende hoved- og pilsignaler*

De sekundære højtsiddende signaler, der er placeret på mast over fortov/helle/rabat, har heller ikke det primære formål at vise signalgivning for de forrest holdende bilister. Der kan dog være situationer, hvor der på masten ikke findes et lavtsiddende signal rettet mod den samme tilfart som det højtsiddende, og derfor kan dette højtsiddende signal godt give flere af de forrest holdende bilister mulighed for at se et signal. Synligheden for de forrest holdende bilister af disse sekundære højtsiddende signaler vil være den samme som synligheden af lavtsiddende signaler samme sted.

Midten af ophængte signallanter og signallanter på galger over kørebane findes typisk 550 cm over belægningen, altså 430 cm højere oppe end personbilistens øjne. Bilisten skal være mindst 11,9 m bag signalet for at kunne se det. Ophængte signaler og signaler på galger over kørebane er dog også typisk placeret midt i krydset eller i krydsets fjerneste halvdel, og er derfor oftest mere end 15 m foran personbilisten, der holder bag stoplinjen.

For bilister er der særligt to situationer, hvor sekundære signaler kan være skjult af tværgående trafik. Den ene situation er behandlet i afsnit 3.2.1, og omhandler, at højresvingpil på

højre hjørne i bagkant af krydset kan være skjult af tværgående trafik fra den tværgående vej til højre for tilfarten.

Den anden situation omhandler frafarter med samtidig 1-lys højresving- og venstresving (samtidig indsving). Her kan venstresvingende trafik skjule en 1-lys højresving, der er opsat på midterhelle ved frafarten, og højresvingende trafik kan skjule en 1-lys venstresving, der er opsat på venstre hjørne i bagkant af krydset set ud fra den venstresvingendes perspektiv. En 1-lys venstresving bør kun gives som eftergrønt. I den situation er forholdene nemme at løse ved, at 1-lys venstresving fjernes fra venstre hjørne i bagkant af krydset til helleanlæg i bagkant af krydset, og den primære 1-lys højresving er tydelig synlig for den forreste holdende højresvingende bilist. Ved samtidig indsving med 3-lys svingpile bør primære signaler altid være synlige for holdende bilister, og så er der ingen problemer med trafik, der skjuler signaler. I de fleste tilfælde kan højtsiddende sekundære pilsignaler på midterhelle ikke ses af de forreste højresvingende bilister i denne situation, fordi den vandrette afstand fra bilist til signal er under 12 m, så bilisten kan ikke se signalet.

### 3.3 Synlige signaler på vej frem mod kryds

Der betragtes en situation, hvor en personbilist kører bag et modulvogntog. Personbilisten har en køretid på 4,0 sekunder til stoplinjen, og kører hhv. 30, 40, 50, 60 og 70 km/t. Der er et tids-gab mellem personbilens forende og modulvogntogets bagende på 1,0 sekund. Modulvogntoget kører samme hastighed som personbilen. Der køres i et 3,5 m bredt kørespor. Både personbil og modulvogntog kører midt i køresporet. Personbilistens øjenhøjde er 120 cm. Personbilistens øjne er placeret 220 cm bag personbilens forende og 35 cm til venstre for køresporets midte. Modulvogntoget er 255 cm bredt, 400 cm højt og 2525 cm langt.

Dette betyder, at personbilistens øjne er placeret hhv. 35,5, 46,6, 57,8, 68,9 og 80,0 m fra stoplinjen ved en hastighed på hhv. 30, 40, 50, 60 og 70 km/t. Personbilistens øjne er placeret hhv. 10,5, 13,3, 16,1, 18,9 og 21,6 m bag bagenden af modulvogntoget ved en hastighed på hhv. 30, 40, 50, 60 og 70 km/t.

Tilfarten til det signalregulerede kryds - det benyttede kørespor - antages 1) at være lige uden horisontale og vertikale kurver, og 2) at være uden vertikale kurver, men med horisontal kurve (cirkelbue frem til og gennem kryds) med kurveradius på hhv. 90, 135, 200, 300 og 400 m ved en hastighed på hhv. 30, 40, 50, 60 og 70 km/t.

I det følgende er der foretaget beregninger af, hvilke signaler er synlige ved hhv. lige og kurvet tilfart.

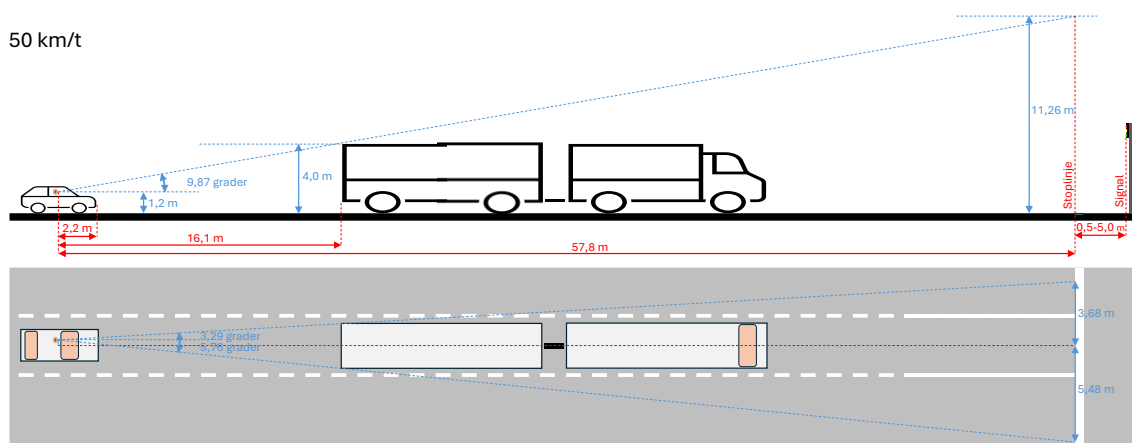
#### 3.3.1 Synlige signaler for bilister ved lige tilfart

Det er først beregnet, hvilken vinkel der dannes fra personbilistens øjne mod venstre kant af modulvogntogets bagende set ift. kørselsretningen, og ligeså vinklerne mod højre kant og øvre kant af modulvogntogets bagende ved de fem forskellige hastigheder. Disse vinkler er derefter projiceret frem til tilfartens stoplinje. Det er så beregnet, hvor langt fra køresporets midte man skal mod venstre, mod højre og over belægning før signaler ikke længere skjules af

modulvogntoget og bliver synlige for personbilisten, se Tabel 8. Opstillingen og beregningsresultater er illustreret i Figur 16.

Hastighed	Skjulte vinkler af det forankørende modulvogntog			Synlige signaler i afstand fra midt af benyttet kørespor ved stoplinje		
	Mod venstre	Opadgående	Mod højre	Til venstre for	Over belægning	Til højre for
30	5,03 grader	14,93 grader	8,80 grader	3,48 m	10,67 m	5,15 m
40	3,98 grader	11,89 grader	6,97 grader	3,60 m	11,02 m	5,35 m
50	3,29 grader	9,87 grader	5,76 grader	3,68 m	11,26 m	5,48 m
60	2,80 grader	8,43 grader	4,91 grader	3,72 m	11,42 m	5,57 m
70	2,45 grader	7,39 grader	4,30 grader	3,78 m	11,58 m	5,67 m

**Tabel 8.** Beregningsresultater af de vinkler mod venstre, opadgående og mod højre som forankørende modulvogntog skjuler af signalanlægget i kørselsretningen for personbilisten samt de afstande fra midt af benyttet kørespor ved stoplinje til synlige signaler, der er til venstre for kørselsretningen, over belægningen og til højre for kørselsretningen.



**Figur 16.** Illustration af beregningsresultater for personbilist på en lige tilfart kørende mod et kryds med 50 km/t med modulvogntog 1 sekund foran.

For en personbilist, der har et højt modulvogntog kørende 1 sekund foran sig, er ingen signaler synlige over modulvogntoget, da disse skal være placeret mindst 10,7 m over belægningen for at være synlige. Så højt er ingen højtsiddende signaler placeret.

Primære signaler er typisk placeret 0,5-5,0 m foran stoplinjen og er synlige, hvis de er placeret ca. 5,2-6,1 m eller mere til højre for midten af det kørespor, som personbilisten kører i, eller hvis de er placeret ca. 3,6-4,0 m eller mere til venstre for midten af det benyttede kørespor. Det betyder, at der skal være et kørespor og en cykelsti eller to kørespor til højre for det benyttede kørespor, for at bilisten kan se et primært signal til højre for det forankørende køretøj. Det betyder, at der skal være et kørespor til venstre for det benyttede kørespor, for at bilisten kan se et primært signal til venstre for det forankørende køretøj.

Sekundære signaler på heller på den tværgående vej til højre for tilfarten og ophængte signaler over kørebanen nogenlunde midt inde i krydset er typisk placeret 15-30 m foran tilfartens stoplinje. Disse sekundære signaler er synlige, hvis de er placeret ca. 7,5-9,8 m ved 30 km/t og

ca. 6,8-7,9 m ved 70 km/t eller mere til højre for midten af det benyttede kørespor, eller hvis de er placeret ca. 4,8-6,2 m ved 30 km/t og ca. 4,5-5,1 m ved 70 km/t eller mere til venstre for midten af det benyttede kørespor. I en situation, hvor de primære signaler ikke er synlige for bilisten på vej frem mod krydset, kan 1) et sekundært signal på en helle på den tværgående vej til højre for tilfarten evt. være synligt, hvis det er placeret til højre for fodgængerfeltet, der krydser den tværgående vej, eller 2) et ophængt signal midt i krydset kan være synligt, hvis der ikke er midter- eller delehelle i tilfarten.

Sekundære signaler i bagkant af krydset, der typisk er placeret 25-65 m foran stoplinjen, er synlige, hvis de er placeret ca. 9,1-15,3 m ved 30 km/t og ca. 7,6-10,6 m ved 70 km/t eller mere til højre for midten af det benyttede kørespor, eller hvis de er placeret ca. 5,7-9,2 m ved 30 km/t og ca. 4,9-6,6 m ved 70 km/t eller mere til venstre for midten af det benyttede kørespor. I en situation, hvor de primære signaler og de sekundære signaler midt i krydset ikke er synlige for bilisten på vej frem mod krydset, kan et sekundært signal på venstre hjørne i bagkant af krydset evt. være synligt, og i den situation kan det være relevant med et højtsiddende signal på dette hjørne, da modkørende trafik kan skjule et lavtsiddende signal.

Ved lige tilfarter med to kørespor og en fremført cykelsti eller tre eller flere kørespor ved stoplinjen vil der kun yderst sjældent opstå situationer, hvor signaler ikke er synlige for en personbilist på vej frem mod krydset. I disse tilfælde kan et forankørende modulvogntog ikke skjule alle primære signaler, men eventuelle andre svingende høje køretøjer kan skjule lavtsiddende primære signaler, men i den situation vil højtsiddende signaler eller lavtsiddende sekundære signaler typisk være synlige på de anbefalede placeringer.

Ved lige tilfarter med a) to kørespor (ingen venstresvingsbane) og ingen fremført cykelsti, eller b) ét kørespor ved stoplinjen vil der ofte opstå situationer, hvor signaler ikke er synlige for en personbilist på vej frem mod krydset med et højt køretøj 1 sekund foran. For tilfart a) med to kørespor vil disse situationer opstå, når man kører i det venstre kørespor. Ved disse tilfarter kan et signal på venstre hjørne i bagkant af krydset være synligt i mange tilfælde, mens et signal på en helle på den tværgående vej til højre for tilfarten kan være synligt i få tilfælde. Der findes tilfarter i Danmark, hvor ingen signaler er synlige for personbilisten med et højt køretøj, der kører 1 sekund foran - også til trods for signaler findes på venstre hjørne i bagkant af krydset og på helle på den tværgående vej til højre for tilfarten.

Der kan også opstå situationer, hvor 3-lys pilsignaler ikke er synlige for en personbilist, der kører frem mod krydset med et højt køretøj 1 sekund foran, hvis svingbanen er meget lang og pilsignalet er grønt i mange sekunder.

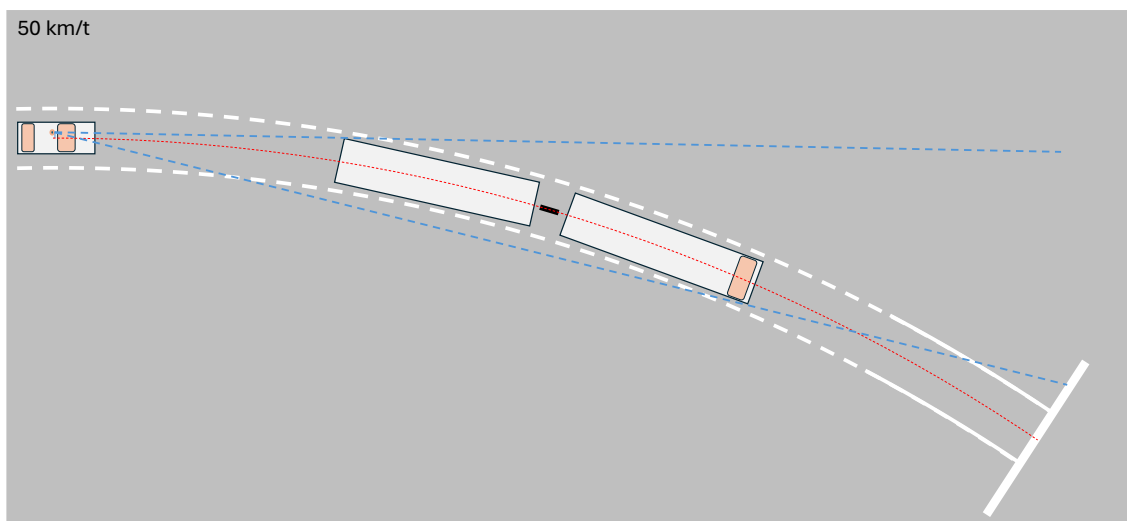
Der kan også være kryds med separate svingfaser, hvor hovedsignaler på deleheller skjules af forankørende høje køretøjer. I den situation kan det være vanskeligt at placere hovedsignaler, som er synlige, hvis tilfarten for de ligeud kørende bilister kun har 1-2 kørespor.

For kryds, hvor signaler ikke er synlige for en personbilist på vej frem mod krydset med et højt køretøj 1 sekund foran, anbefales det, at der opsættes forvarsling af signalanlægget.



### 3.3.2 Synlige signaler for bilister ved kurvet tilfart

Som ved lige tilfarter kan personbilisten ikke se signaler over det forankørende modulvogntog ved en kurvet tilfart, da signaler skal være placeret mindst 10,7 m over belægningen for at være synlige, og så højt er ingen højtsiddende signaler placeret.



**Figur 17.** Illustration af personbilists synsfelt på en kurvet tilfart kørende mod et kryds med modulvogntog 1 sekund foran. Signaler placeret foran modulvogntoget mellem de to blå stiplede linjer er ikke synlige for personbilisten.

Personbilisten må derfor se et signal til venstre eller højre for modulvogntoget. Når tilfarten har en horisontal kurve (cirkelbue frem til og gennem kryds) med kurveradius på hhv. 90, 135, 200, 300 og 400 m ved en hastighed på hhv. 30, 40, 50, 60 og 70 km/t, så kan personbilisten faktisk se hele eller dele af det benyttede kørespor ved stoplinjen enten venstre eller højre om det forankørende modulvogntog afhængig af, om kurven svinger mod højre eller venstre, se evt. Figur 17. Man vil således altid kunne se et signal, når der er en meget kurvet tilfart, og hvis der ikke findes sigthindrende træer, bygninger eller parkerede køretøjer i vejside / midterrabat eller evt. høje modkørende køretøjer. Når kurven på tilfarten svinger mod venstre, er det særdeles relevant, at der et højtsiddende signal til venstre for vejmidten, og tilsvarende er et højtsiddende signal i højre vejside særdeles relevant, når kurven på tilfarten svinger mod højre.

I Tabel 8 er der for lige tilfarter angivet den mindste afstand fra midt af benyttet kørespor ved stoplinje til synlige signaler hhv. til venstre og til højre for køresporet. Når der er en kurve på tilfarten, så vil den ene af disse afstande blive større, mens den anden vil blive mindre. Den "værst" tænkelige situation er faktisk, når de to afstande er lige store. Den "værst" tænkelige situation opstår, når der er en svag kurve, der svinger mod højre. Her vil den mindste afstand fra midt af benyttet kørespor ved stoplinjen til synlige signaler både til venstre og til højre for køresporet være hhv. 4,4 m, 4,5 m, 4,6 m, 4,7 m og 4,8 m ved hhv. 30, 40, 50, 60 og 70 km/t. Hvis de primære signaler står 5,0 m foran stoplinjen, så øges den ovenfor angivne mindste afstand med ca. 0,3-0,4 m. Selv i den "værst" tænkelige situation vil personbilisten oftest kunne se et primært signal, hvis der er to kørespor i tilfarten ved stoplinjen. Hvis personbilisten ikke kan det, så vil personbilisten næsten altid kunne se et godt placeret sekundært signal, dog afhængig af krydssets geometri mv.

Signaler er således oftere synlige for trafikanter på vej hen mod krydset, når tilfarten er kurvet, end når tilfarten er lige. Når tilfarten er meget kurvet, så vil et eller flere primære signaler være synlige, selv når tilfarten kun har ét kørespor ved stoplinjen. Når tilfarten er svagt kurvet (ligesom ved lige tilfarter), så vil primære signaler ikke være synlige, når en tilfart kun har ét kørespor ved stoplinjen.

### 3.3.3 Synlige signaler for cyklister cyklende mod kryds

En cyklist, der cykler hen mod et signalreguleret kryds, vil altid have et lavtsiddende primært hovedsignal og/eller cyklistsignal til højre for sit færdselsareal ved stoplinjen. Dette signal kan være uden for cyklistsens synsfelt, hvis forankørende cyklister skjuler det eller hvis det sidder for højt. Forankørende cyklister vil typisk kun meget kortvarigt kunne skjule cyklistsignaler, så det er yderst sjældent et problem.

Den laveste del af et lavtsiddende primært hovedsignal kan være ca. 220 cm over belægning, mens den højeste del af et lavtsiddende primært hovedsignal kan være ca. 320 cm over belægning. Cyklistsens øjenhøjde er sat til 150 cm over belægning, og cyklistsens synsfelt forventes at være 15 grader i opadgående retning. Den cyklende cyklist må derfor kunne forventes at se den nederste del af det primære hovedsignal selv ved en afstand på kun 2,7 m fra signalet, og kunne se hele det primære hovedsignal ved en afstand på 6,4 m fra signalet.

Cyklister cykler typisk 15-30 km/t ved signalregulerede kryds, hvilket svarer til 4,2-8,3 m/sek. Det betyder, at de fleste cyklister kan se det primære hovedsignal eller cyklistsignal indtil de har en tidsafstand til stoplinjen på ca. 1 sekund. Cyklister cyklende mod kryds har altså ingen problemer med at se deres signal.

## 3.4 Signalplaceringer, rødkørsel og ulykker

### 3.4.1 Sammenhænge mellem signalplaceringer, rødkørsel og ulykker

Undersøgelser af sammenhænge mellem signalplaceringer og rødkørsel/rødkørselsulykker er i første omgang studeret ved at gennemgå afsnit 3.9 *Signalregulering i kryds* (Høye, 2015) i den norske *Trafikksikkerhåndboken*. Høye (2015) har medtaget 11 undersøgelser (nyeste er fra 2008), der bl.a. omhandler opsætning af ekstra signallanterne i bagkant af kryds og forbedret synlighed af signaler. Høye finder ved gennemgang af disse undersøgelser, at:

- En **ekstra signallanterne i bagkant af krydset** (og kryds uden sigthindringer til signaler) medførte reduktioner af det totale antal ulykker på ca. 50 %, men resultaterne kan være overestimeret på grund af metodiske svagheder. For personskadeulykker blev der fundet et fald på kun 1 %.
- **Øget sigtlængde** til signaler medfører signifikant flere ulykker, hvilket kan skyldes, at de lange sigtlængder indbyder til højere hastigheder. Stigningen i ulykker er beskeden.

- **Forbedret synlighed af signaler**, som følge af større signalhoveder, kraftigere lysstyrke, bredere lysfordeling (større vinkler med synligt signal), baggrundsplader og/eller dobbelt rødt lyssignal, reducerer antallet af tværkollisioner (rødkørselsulykker) med 22 %, mens det totale antal ulykker kun falder med 3 %.

Det er forsøgt at finde de 11 undersøgelser, som Høye (2015) henviser til, på internettet. Syv af de 11 undersøgelser er fundet. Nedenfor er angivet hovedresultater i disse syv undersøgelser, og det er samtidig angivet, hvor mange der har refereret disse undersøgelser.

Srinivasan et al. (2008) finder, at udskiftningen af signalhoveder med en diameter på 20 cm til større signalhoveder med en diameter på 30 cm i 26 kryds medfører et fald i tværkollisioner (rødkørselsulykker) på 42 procent, men resulterer også i stigninger i mindre alvorlige ulykker bl.a. bagendekollisioner, og faldet i det samlede antal ulykker er kun på 3 %. Tilføjelse af et ekstra signalhoved med rødt lyssignal medførte ikke signifikante ændringer i antallet af ulykker, hvilket dog kan skyldes, at dette tiltag kun blev udført i forholdsvis få kryds, dog sker der en stigning i tværkollisioner på 5 % og en stigning i det samlede antal ulykker på 18 %. Srinivasan et al. (2008) er citeret i 62 andre undersøgelser.

Harkey et al. (2008) refererer blot resultaterne fra Srinivasan et al. (2008), og omdanner disse til brugbare sikkerhedsfaktorer. Der er således ikke nye resultater i Harkey et al. (2008). Harkey et al. (2008) er citeret i 104 andre undersøgelser.

Sayed et al. (2007) finder, at fire tiltag - enkeltvis eller i kombination - større signalhoved (fra 20 til 30 cm i diameter), opsætning af flere signallanter, opsætning af baggrundsplader og tilføjelse af reflekterende tape på baggrundsplader i 139 signalregulerede kryds medførte et signifikant fald i det samlede antal ulykker på 7,3 %. Faldet var større for materielkadeulykker og mindre for personskadeulykker. Der blev opsat større signalhoveder i 128 af de 139 kryds, mens opsætning af flere signallanter kun blev udført i 9 kryds. Det er ikke muligt at angive effekt af de enkelte tiltag. Sayed et al. (2007) er citeret i 14 andre undersøgelser.

Chin og Quddus (2003) opstiller ulykkesmodeller baseret på 832 ulykker i 52 firebenede kryds i Singapore. De finder bl.a., at øgede sigtlængder til signallanter medfører en signifikant stigning i ulykker. Stigningen kan være en følge af højere hastigheder. Da der er tale om en tværsnitsanalyse med et forholdsvis begrænset antal observationer (52 kryds) kan sammenhængen skyldes en tilfældighed (spuriøs sammenhæng) eller sigtlængder kan være korreleret med en ukendt variabel. Deres konklusion er derfor tvivlsom. Chin og Quddus (2003) er citeret i 581 andre undersøgelser.

I en tilsvarende undersøgelse også fra Singapore af Kumara et al. (2003) findes ved brug af en anden form for ulykkesmodellering, at sigtlængder til signaler på under 100 m resulterer i flere ulykker i signalregulerede kryds. Men disse resultater er også tvivlsomme. Kumara et al. (2003) er citeret i 41 andre undersøgelser.

Poch og Mannering (1996) opstiller ulykkesmodeller baseret på 1.396 ulykker i 63 firebenede kryds i USA. De finder, at sigthindringer til signaler på vej hen mod krydset medfører en signifikant stigning i ulykker før krydsområdet (typisk bagendekollisioner) og en stigning i alle ulykker

i krydsene. Disse resultater er ligesom dem fra Singapore - tvivlsomme. Poch og Mannering (1996) er citeret i 511 andre undersøgelser.

Malo (1967) viser, at det at opsætte signallanter på galger eller ophænge dem over kørebane, medfører betydelige fald i antallet af ulykker. Det er uvist, hvor mange der har citeret Malo (1967).

De undersøgelser, der har citeret de refererede undersøgelser, er gennemgået for relevans. Derudover er der foretaget en søgning på engelsk på signalplaceringer og rødkørsel/rødkørselsulykker på ScienceDirect, Google Scholar og TRID, og flere undersøgelser er gennemgået for relevans. Der er i alt fundet fem andre undersøgelser, der forekommer relevante, og disse er kort refereret nedenfor.

Felipe et al. (1998) finder, at opsætning af en ekstra signallanterne pr. tilfart i kryds medfører et fald i antallet af ulykker på 28 %. Undersøgelsen er dog metodisk svag og datamaterialet er forholdsvist beskedent.

Polanis (1999) finder, at større signalhoveder, hvor signal med 20 cm i diameter udskiftes med signal med 30 cm i diameter, medfører et fald i tværkollisioner (rødkørselsulykker) på 46 %.

Morena et al. (2007) finder, at større signalhoveder, opsætning af flere signallanter og omplacering af eksisterende signallanter i 33 kryds i Detroit, USA, medførte et fald i ulykker blandt 25-64 årige på 17 %, mens faldet var på 31 % blandt personer på 65 år og ældre.

El-Basyouny et al. (2012) finder, at forbedring af signalers synlighed ved opsætning af større signalhoveder, flere signallanter, baggrundsplader og brug af reflekterende tape medfører et fald i personskadeulykker på 3,1 % og et fald i materielskadeulykker på 9,9 %.

Le et al. (2017) finder, at forbedring af signalers synlighed - mange forskellige tiltag - medfører et fald i det samlede antal ulykker på 5,1 % i byområder og på 1,7 % i landområder - og samlet set på 4,5 %.

Mange af undersøgelserne om betydningen af signalplaceringer og signalernes synlighed er samlet i kapitel 10 i den amerikanske håndbog *Signalized Intersections Informational Guide - Second Edition* (FHWA, 2013).

Samlet set må det konstateres, at en forbedring af signalers synlighed ser ud til at medføre et betydeligt fald i antallet af tværkollisioner (rødkørselsulykker) og formentligt også et betydeligt fald i omfanget af rødkørsel. Når færre kører over for rødt, så kan der opstå flere kraftige opbremsninger, fordi flere bilister i dilemmazonen vælger at standse. Forbedring af signalers synlighed ser også ud til at medføre en stigning i mindre alvorlige ulykker såsom bagendekollisioner. Samlet set tyder undersøgelserne på, at en forbedring af signalers synlighed kan medføre et fald i det samlede antal ulykker på omkring 3-5 %, afhængig af hvilke tiltag, der indgår i forbedringen af signalers synlighed.

Viden og erfaringer viser, at etablering af automatisk rødkørselskontrol reducerer antallet af tværkollisioner 15-30 %, mens antallet af bagendekollisioner stiger 15-30 %, og det samlede

antal ulykker falder med omkring 2 % (Jensen, 2022). Automatisk rødkørselskontrol reducerer omfanget af rødkørsel med omkring 50 %. Forbedring af signalers synlighed ser således ud til at have nogenlunde tilsvarende effekter som automatisk rødkørselskontrol.

### 3.4.2 Rødkørsel og rødkørselsulykker i Europa

Der er udført søgninger efter undersøgelser om rødkørsel og rødkørselsulykker på tværs af lande i Europa på TRID, ScienceDirect, Google Scholar, Google samt gennem organisationer; ETSC, IRTAD, BAST, SWOV, EU mv.

Der er desværre ikke fundet pålidelige opgørelser af hverken rødkørsel eller rødkørselsulykker på tværs af lande i Europa. I Danmark udgør rødkørselsulykker ca. 30 % af de politiregistrerede ulykker i signalregulerede kryds.

Der er fundet en opgørelse af rødkørsel i forskellige byer og delstater i USA samt i Australien, som er baseret på data fra langvarige studier i udvalgte kryds, se Tabel 9. Tabellen tyder på, at ca. 0,13 - 0,53 % af motorkøretøjerne kører over for rødt. Andelen varierer betydeligt mellem de undersøgte lokaliteter, men det er ikke undersøgt, hvorfor andelen varierer.

Lokalitet	Antal kryds	Rødkørsler pr. 1.000 motorkøretøjer
Oxnard, Californien, USA	14	1,3
Fairfax, Virginia, USA	9	3,7
Tuscaloosa, Alabama, USA	3	5,3
Arlington, Texas, USA	2	3,0
Texas, USA	5	4,1
Australien	15	3,9

**Tabel 9.** Rødkørsel på forskellige lokaliteter i USA og Australien (Al-Atawi, 2014).

# Referencer

Al-Atawi, A. M. (2014): *Characteristics of red light running violations in urban areas in Tabuk, Kingdom of Saudi Arabia*. IATSS Research, vol. 37, pp. 119-123.

Chin, H. C. og M. A. Quddos (2003): *Applying the random effect negative binomial model to examine traffic accident occurrence at signalized intersections*. Accident Analysis and Prevention, vol. 35, pp. 253-259.

El-Basyouny, K., Sayed, T., El Esawey, M. og J. E. Pump (2012): *Investigating the Effect of Collision Aggregation on Safety Evaluations with Models of Multivariate Linear Intervention - Case Study of Program to Upgrade Signal Heads*. Transportation Research Record, no. 2280, pp. 110-117.

Felipe, E., Mitic, D. og S. R. Zein (1998): *Safety Benefits of Additional Primary Signal Heads*. Insurance Corporation of British Columbia, Vancouver, Canada.

FHWA (2013): *Signalized Intersections Informational Guide - Second Edition*. Federal Highway Administration, report no. FHWA-SA-13-027, Arlington, USA.

Harkey, D. L., Srinivasan, R., Baek, J., Council, F. M., Eccles, K., Lefler, N., Gross, F., Persaud, B., Lyon, C., Hauer, E. og J. A. Bonneson (2008). *Accident Modification Factors for Traffic Engineering and ITS Improvements*. Transportation Research Board, NCHRP Report 617, Washington DC, USA.

Høye, A. (2015): *3.9 Signalregulering i kryss - Trafikksikkerhetshåndboken*. TØI, Transportøkonomisk Institutt, Oslo, Norge.

Jensen, S. U. (2024): *Afstandskrav til tavler - Rimelig afstand fra kørespor til tavle i venstre vejside*. Trafitec, Søborg, Danmark.

Jensen, S. U. (2022): *Automatisk rødkørselskontrol*. Trafik & Veje, december 2022, pp. 38-39.

Kumara, S. S. P., Chin, H. C. og W. M. S. B. Weerakoon (2003): *Identification of accident causal factors and prediction of hazardousness of intersection approaches*. Transportation Research Record, no. 1840, pp. 116-122.

Le, T. Q., Gross, F. og T. Harmon (2017): *Safety Effects of Low-Cost Systemic Safety Improvements at Signalized and Stop-Controlled Intersections*. Transportation Research Record, no. 2636, pp. 80-87.

Malo, A. F. (1967): *Signal Modernization*. Highway Research Board, Special Report 93: Improved Street Utilization Through Traffic Engineering, pp. 96-113, Washington DC, USA.

Morena, D. A., Wainwright, W. S. og F. Ranck (2007): *Older Drivers at a Crossroads*. Public Roads, Vol. 70, No. 4, pp. 6-15.

Poch, M. og F. Mannering (1996): *Negative Binomial Analysis of Intersection-Accident Frequencies*. Journal of Transportation Engineering, vol. 122, no. 2, pp. 105-113.

Polanis, S. F. (1999): *Low-Cost Safety Improvements*. Kapitel 27 i *The Traffic Safety Toolbox: a primer on traffic safety*, Institution of Transportation Engineers, ITE, Washington DC, USA.

Rupi, F. og K. J. Krizek (2019): *Visual Eye Glaze While Cycling: Analyzing Eye Tracking at Signalized Intersections in Urban Conditions*. Sustainability, vol. 11, no. 6089, pp. 1-14.

Sayed, T., Esawey, E. & Pump, J. (2007). *Evaluating Impact on Safety of Improved Signal Visibility at Urban Signalized Intersections*. Transportation Research Record, no. 2019, pp. 51-56.

Srinivasan, R., Council, F., Lyon, C., Gross, F., Lefler, N. og B. Persaud (2008): *Safety Effectiveness of Selected Treatments at Urban Signalized Intersections*. Transportation Research Record, no. 2056, pp. 70-76.

Vejdirektoratet (2022): *Projektering af trafiksignaler*. Vejregelhåndbog, København, Danmark.

Vejdirektoratet (2023): *Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning*. Retsinformation, BEK nr. 426 af 13. april 2023, København, Danmark.