Signalregulering i kryss

Generelt har signalanlegg mer positive miljøeffekter jo færre kjøretøy som må bremse og akselerere og jo færre som må stanse helt og vente. Også redusert køkjøring har som regel positive effekter. Tiltak som har vist seg å redusere utslipp og støy er trafikkstyring og samkjøring av signalanlegg og tilfartskontroll. Kollektivtrafikkprioritering og tiltak for syklister kan ha positive miljøeffekter ved at flere reiser kollektivt eller med sykkel istedenfor å bruke bil. Kortsiktige lokale miljøeffekter kan likevel være negative, især for kollektivtrafikkprioritering.

1. Problem og formål

Når kjøretøy må bremse ned og akselerere i kryss for å vike for andre kjøretøy øker støy, drivstofforbruk og lokal luftforurensning. Slike negative miljøeffekter er større jo flere kjøretøy som må bremse og akselerere og jo høyere fartsnivået er. Signalregulering kan påvirke hvor mange kjøretøy som må bremse ned eller stanse og vente og hvor mange som kan kjøre gjennom krysset uten nedbremsing. Eksempelvis kan signalanlegg gi mest grønt lys til de

trafikkstrømmer som har mest trafikk, eller skifte til rødt på hovedvegen først når det er trafikk på en lite trafikkert sideveg. Signalregulering kan også påvirke fartsnivået, f.eks. hvis det er mulig å kjøre gjennom en rekke kryss på grønt lys så lenge man ikke kjører over fartsgrensen, eller ved å vise rødt lys helt til kjøretøy har kommet fram til krysset i perioder med svært lite trafikk.

Andre formål med signalregulering av kryss er å skille ulike trafikkstrømmer fra hverandre i tid. Dette kan bidra til å redusere konflikter og bedre trafikkavviklingen. Formålene med signalregulering av vegkryss og gangfelt er ifølge Skiltnormalene håndbok N303 (Statens vegvesen 2012) følgende:

- Forbedre trafikksikkerheten
- Øke trygghetsfølelsen ved skoler og andre institusjoner
- Bedre trafikkavviklingen og redusere forsinkelser
- Prioritere kollektivtrafikk eller andre særskilte trafikkstrømmer

2. Beskrivelse av tiltaket

Nye signalanlegg

Signalregulering i vegkryss omfatter kjøretøysignaler (trelyssignal, sykkelsignal og pilsignal), fotgjengersignal og kollektivsignal. Retningslinjer for hvor signalanlegg kan installeres og for utformingen av signalanlegg er gitt i Signalnormalen (Statens vegvesen 2012). Eksempelvis skal signalanlegg ikke settes opp i kryss med lite trafikk eller når fartsgrensen er over 60 km/t.

Trafikklyssignaler kan være tidsstyrte eller trafikkstyrte, dvs. at fasevekslingen kan følge et fast tidsskjema eller tilpasses etter aktuelle trafikkforhold. Signalanlegg kan utformes med egne faser for hver trafikkstrøm i et kryss (konfliktfri regulering; f.eks. separat venstresvingfase), eller med felles faser for noen av trafikkstrømmene.

Trafikkstyring av signalanlegg og samkjøring av signalanlegg (grønn bølge)

Signalanlegg kan være tidsstyrt, dvs. at fasevekslingen skjer etter forhåndsinnstilte faste tidsintervaller, eller trafikkstyrt. I trafikkstyrte signalanlegg avhenger fasevekslingen av trafikkforholdene. Fasevekslingen kan da enten være tilpasset de faktiske aktuelle trafikkforholdene eller mer generelt gjennomsnittlige endringer av trafikkmengden i løpet av døgnet. Trafikkstyring kan brukes for enkelte signalanlegg, eller for flere signalanlegg på en rute langs en hovedveg (samkjørte av signalanlegg, grønn bølge). Trafikkstyrte signalanlegg har alltid noen faste tidsinnstillinger, f.eks. en minstelengde for grønnfasene og maksimale ventetider på lite trafikkerte veger.

Trafikkstyring av signalanlegg og samkjøring av signalanlegg (grønn bølge, figur 1)) har som formål at flest mulig ankommer krysset ved grønt lys eller, ved samkjøring av signalanlegg, at flest mulig kan kjøre en lengst mulig strekning på grønt lys (uten at dette medfører

uakseptabelt lange ventetider for annen trafikk).

Figur 1: Grønn bølge («Grüne Welle») i Tyskland Kilde: Autobild

Høyresving på rødt lys

Høyresving på rødt lys (med vikeplikt) har som formål å forbedre fremkommelighet for høyresvingende kjøretøy. Disse kan svinge til høyre selv om signalet er rødt, men har vikeplikt for annen trafikk og må alltid stanse ved stopplinjen. Høyresving på rødt lys er tillatt i bl.a. USA (figur 2), deler av Canada og Tyskland i kryss uten separat høyresvingfase. Det finnes forskjellige varianter. Høyresving på rødt kan være tillatt hvis ikke noe annet er opplyst på skilt, tillatt kun hvis dette er spesifisert på trafikkskilt eller med en grønn pil ved siden av det røde lyset i signalanlegget, eller tillatt for noen og forbudt for andre kjøretøygrupper.

Figur 2: Skilt som viser at høyresving på rødt lys er tillatt / ikke tillatt Kilde: Wikipedia og FHWA

Fartsstyrte signalanlegg

I noen land som f.eks. Portugal, Spania og USA, brukes signalanlegg på noen strekninger som fartsregulerende tiltak. Slike signalanlegg er imidlertid ikke veldig utbredt. Signalanleggene er programmert slik at de automatisk skifter til rødt når kjøretøy som kjører over en definert maksimumshastighet nærmer seg krysset (figur 3). Lengden på både grønn- og rødperiodene har maksimums- og minimumsgrenser for å sikre en akseptabel trafikkavvikling.

Figur 3: Fartsstyrte signalanlegg i Spania. Teksten på skiltet betyr: «40 km/t. Ved høyere fart vil signalet automatisk skifte til rødt» Kilde: ITS international.com, 2012.

Forhåndsvarsling av fasevekslingen

Forhåndsvarsling av faseveksling brukes i hovedsak på veger med høy fartsgrense og har vanligvis som formål å redusere rødlyskjøring, men kan også påvirke miljøforhold. Det finnes ulike tiltak som forhåndsvarsler førere om at de vil ankomme et signalregulert kryss ved gult eller rødt lys, om at signalet snart vil skifte fra rødt til gult, bl.a. grønt blinkende signal eller gult blinklys på slutten av grønnfasen, ev. kombinert med skilt av typen «Prepare to stop when flashing» (figur 4). I tillegg kan grønnfasen være forlenget så lenge kjøretøy befinner seg i dilemmasonen.

Figur 4: Forhåndsvarsling av fasevekslingen i USA. Kilde: FHWA 2007

Tiltak for kollektivtransport

Kollektivtrafikkprioritering i lyskryss har som formål å forbedre fremkommeligheten for kollektivtransport i lyskryss. Busser og trikker får automatisk grønt lys når de ankommer krysset (figur 5). Kollektivtrafikkprioritering i lys er bl.a. brukt i Trondheim og i Linköping (Statens vegvesen 2011, Vägverket 2009).

Figur 5: Kollektivtrafikkprioritering i lyskryss. Kilde: Miljopakken.no /Trondheim kommune.

Tiltak for syklister

Signalregulerte kryss kan tilrettelegges spesielt for syklister, for eksempel med separate sykkelsignaler (Pucher & Buehler 2008). Et annet eksempel er en grønn bølge for syklister som for eksempel er installert på strekninger med mange signalregulerte kryss i København og i Amsterdam (FietsBeraad.nl; figur 6).

Figur 6: Grønn bølge for syklister i København. Kilde: Fietsberaad

Tilfartskontroll

Tilfartskontroll begrenser atkomst fra en påkjøringsrampe (eller en annen form for tilfart) til en motorveg eller annen hovedveg (Bellemans m.fl. 2006). Formålet er å forbedre trafikkavviklingen på hovedvegen. På påkjøringsrampen er det installert et trafikklys som regulerer antall kjøretøy som kjører inn på motorvegen (figur 7). Ved grønt lys er det som regel kun ett eller få kjøretøy som får passere, slik at større grupper kjøretøy blir løst opp. Dermed blir trafikkflyten på hovedvegen i mindre grad forstyrret og køer kan ofte unngås.

Figur 7: Tilfartskontroll i Norge. Kilde: Statens vegvesen 2011; Trafikksikkerhetshåndboken.

3. Supplerende tiltak

Virkningen av signalregulering i kryss henger direkte sammen med den geometriske utformingen av krysset, spesielt om krysset har venstre- og / eller høyresvingfelt. Hvordan signalanlegg er utformet og programmert er også avhengig av bl.a. fartsgrensen, trafikkmengden på hovedvegen og på den kryssende vegen, om krysset har signalregulerte gangfelt, om vegen har sykkelfelt eller sykkelveg, og siktforholdene i kryss.

Signalregulerte kryss kan være utstyrt med automatisk rødlyskontroll. Dette tiltaket brukes

imidlertid ikke i Norge.

Tiltaket behandler ikke signalregulering for å tilrettelegge for gåing. Dette beskrives i Gangfelt og andre kryssingssteder. Kapittel 5.4 om «Kryssløsninger» i Hagen m. fl. (2019) beskriver resultater fra en del nyere studier.

4. Hvor tiltaket er egnet

Signalregulering (istedenfor høyre- eller vikepliktsregulering) er ifølge Signalnormalen i hovedsak aktuell i kryss med mye trafikk og en fartsgrense på maksimalt 60 km/t. I kryss med mye (venstre-)svingende trafikk anses rundkjøringer ofte som et bedre alternativ.

Tiltak for syklister er i hovedsak egnet i kryss med mange syklister, mens tiltak for kollektivtrafikk i hovedsak er egnet i kryss med mye kollektivtrafikk, spesielt hvis syklister / kollektivtrafikk ellers har lange ventetider.

Tilfartskontroll, kan installeres på tilfartsramper til motorveger eller andre veger med planskilte kryss, se også tiltaket Framkommelighet for kollektivtrafikk.

5. Bruk av tiltaket – eksempler

Signalregulering er et vanlig tiltak i plankryss. Mange signalregulerte kryss er imidlertid bygd om til rundkjøringer, i hovedsak for å bedre trafikkavviklingen, se tiltaket Rundkjøringer.

6. Miljø- og klimavirkninger

Signalanlegg kan påvirke miljøforhold ved å endre gjennomsnittsfart, nedbremsinger, køer og stillestående trafikk, akselerering og antall kjøretøy som kjører gjennom kryss (Pandian m.fl. 2009). Alle disse faktorene påvirker både utslipp og støy. Utslipp og støy er som regel høyere ved nedbremsing og akselerering enn ved jevn fart og begge har sammenheng med fartsnivået. Begge er også forskjellige for ulike typer kjøretøy. Utslipp har ofte en U-formet sammenheng med fart og sammenhengen er avhengig av hvor mye det akselereres og bremses (Hagman m.fl. 2011, Rouphail m.fl. 2000). Derfor er virkningene av signalregulering i stor grad avhengige av veg- og kryssutforming, fartsgrense, trafikkmengde og sammensetningen av trafikken (kjøretøytyper), samt andre lokale faktorer, hvordan signalanlegget er utformet og hvordan fasevekslingen er programmert. Det er derfor vanskelig å trekke generelle konklusjoner om virkninger på miljøforhold, eller å generalisere resultater fra enkelte studier. Generelt har signalanlegg mer positive miljøeffekter jo færre kjøretøy som må bremse og akselerere og jo færre som må stanse helt og vente. Signalanlegg som bidrar til et jevnt fartsnivå kan også ha positive miljøeffekter. Ved å prioritere spesifikke typer kjøretøy som kollektivtrafikk eller sykler kan signalregulering bidra

til et mer miljøvennlig transportmiddelvalg, dette kan imidlertid på kort sikt medføre negative lokale miljøeffekter, se omtalen av kollektivtrafikkprioritering nedenfor.

Tabell 1 viser en oversikt over tiltakene, mulige miljøeffekter, samt under hvilke forutsetninger og hvordan positive miljøeffekter kan oppnås.

Tabell 1: Oversikt over tiltak, mulig miljøeffekter og hvordan disse kan oppnås.

Tiltak	**Mulige miljøeffekter**	**Positive miljøeffekter hvis ….**	**Positive miljøeffekter oppnås gjennom ….**
Trafikkstyring av enkelt signalanlegg	Redusert utslipp og støy	Færre må stanse på rødt lys	Trafikkstyringsalgoritme som minimerer CO2-utslipp
Samkjøring av signalanlegg	Redusert utslipp og støy	Flest mulig kjører gjennom flere signalanlegg uten å måtte stanse ved rødt lys Færre kjører for fort	Trafikkstyring som tilpasser fasevekslingen aktuelle trafikkforhold Grønt lys kun opp til en definert maks. fart
Høyresving på rødt lys	Redusert utslipp og støy	(Trolig ingen miljøeffekter)	
Fartsstyrte signalanlegg	Redusert utslipp og støy (begge kan imidlertid øke)	Færre kjører for fort uten at mange må stanse på rødt lys (ellers kan miljøeffektene være negative)	Avhengig av lokale forhold (se tekst) Muligens gjennom supplerende fartsreduserende tiltak
Forhåndsvarsling av fasevekslingen	Redusert utslipp	Flere bremser saktere ned over en lengre strekning (uvisst)	Uvisst (se tekst)
Tiltak for kollektivtransport	Redusert utslipp og støy Redusert privatbilkjøring	Paradoks: Større ulemper for privatbiltrafikk medfører negative miljøeffekter men kan redusere privatbilkjøring	Muligens gjennom trafikkstyring slik at miljøeffekter for øvrig trafikk minimeres
Tiltak for syklister	Økt sykling og mindre privatbilkjøring	Fremkommeligheten for syklister blir forbedret	Sykkelvennlig samordning av signalanlegg langs lengre sammenhengende sykkelruter
Tilfartskontroll	Redusert utslipp	Stop-and-go trafikk på hovedveien reduseres	Trafikkstyring; ikke aktiv tilfartskontroll i perioder med lite trafikk

Nye signalanlegg

Det er ikke funnet empiriske studier som sammenligner miljøeffekter av signalregulerte kryss med høyre- eller vikepliktsregulerte kryss. Resultater fra en simuleringsstudie fra Japan tyder på at signalregulerte kryss har et høyere støynivå enn andre kryss, men at dette er avhengig av både trafikken og utformingen av signalreguleringen. Sammenlignet med rundkjøringer har både signalregulerte og andre kryss i gjennomsnitt dårligere miljøeffekter (Pandian m.fl. 2009). Forskjellene mellom signalregulerte og andre kryss er i stor grad avhengige av en lang rekke faktorer som nevnt ovenfor og miljøeffektene kan påvirkes gjennom bruk av tiltakene som er beskrevet i dette kapitlet.

Trafikkstyring av signalanlegg og samkjøring av signalanlegg (grønn bølge)

Tiltaket som er mest undersøkt mht. miljøvirkninger er trafikkstyring av signalanlegg, både i enkelte kryss og i flere kryss langs én rute (samkjøring av signalanlegg, grønn bølge). Miljøvirkningene av trafikkstyring og samkjøring av signalanlegg henger direkte sammen med virkningen på fremkommeligheten. Køer medfører som regel både økt reisetid og økte utslipp fordi kjøretøyene ikke fungerer optimalt ved svært lav fart og fordi nedbremsing og akselerering øker drivstofforbruket sammenlignet med et jevnere fartsnivå (DeCoensel m.fl. 2012). I tillegg medfører nedbremsing og akselerering økt støy (DeCoensel m.fl. 2007).

Trafikkstyring av signalanlegg kan minimere antallet kjøretøy som stanser på rødt lys (unntatt når trafikkmengden er høyere enn vegens kapasitet). Dermed vil trafikkstyrte signalanlegg som regel ha gunstigere miljøeffekter enn andre signalanlegg. Når trafikkstyringen er programmert slik at utslipp av CO_2 minimeres har det vist seg i en empirisk studie at det, ikke overraskende, er mulig å oppnå større reduksjoner av CO_2-utslipp enn når reisetiden minimeres (Nishuichi & Yoshii 2005). At trafikkstyring av signalanlegg kan redusere utslipp er også dokumentert i et stort antall simuleringsstudier. Eksempelvis viser Oda m.fl. (2004) at trafikkstyring kan redusere utslipp av CO_2 i signalregulerte kryss med 7%. Det er imidlertid i liten grad dokumentert hvorvidt slike resultater predikerer faktiske virkninger.

For samkjøring av signalanlegg (grønn bølge) ble det i flere studier vist at utslipp er lavere enn når signalanlegg ikke er samkjørt. For trafikkstyrte samkjørte signalanlegg ble det ikke funnet empiriske studier som har undersøkt virkningen på utslipp eller støy, men man kan anta at trafikkstyring medfører større (og mer positive) virkninger på utslipp og støy (samt for trafikkavviklingen) enn tidsstyrte samkjørte signalanlegg. Virkningen av samkjørte signalanlegg er som regel større når det er korte avstander mellom signalanleggene (f.eks. under 1 km; Niittymäki 1999).

Virkningen av tidsstyrt samkjøring signalanlegg på ulike typer utslipp ble undersøkt i flere studier med hjelp av «floating cars» og målinger på disse kjøretøyene. Resultatene er sammenfattet i tabell 2. Alt i alt tyder resultatene på at de fleste utslipp som regel er redusert. For CO og NOx ble det i noen studier funnet økninger. En simuleringsstudie fant endringer av utslipp av NOx på mellom -45% og +18% (Neunhäuserer & Diegmann 2010) og viste at resultatene er påvirket av vindstyrke og -retning. Tao m.fl. (2011) fant mindre

utslippsreduksjoner i rushtiden når det var mye trafikk og redusert fart enn i perioder med mindre trafikk og høyere fart.

Tabell 2: Resultater fra empiriske studier av tidsstyrt samkjøring av signalanlegg.

Virkning på	**Resultater**
Antall nedbremsinger	reduksjon på 3,6% (Rakha m.fl. 2000)
Drivstofforbruket	reduksjon på 1,6% (Rakha m.fl. 2000)
Hydrokarboner (HC)	ingen virkning (Rakha m.fl. 2000), reduksjon mellom 10-20% (Unal m.fl. 2003) reduksjon på 43% (Tao m.fl. 2011) reduksjon på 50% (Zhang m.fl. 2009)
Nitrogenoksid (NOx)	økning på 10% (Zhang m.fl. 2009) ingen virkning (Rakha m.fl. 2000) reduksjon mellom 10-20% (Unal m.fl. 2003) reduksjon på 63% (Tao m.fl. 2011)
Karbonmonoksid (CO)	økning på 1,2% (Rakha m.fl. 2000) reduksjon mellom 10-20% (Unal m.fl. 2003) reduksjon på 30% (Zhang m.fl. 2009) reduksjon på 32% (Tao m.fl. 2011)
CO2	reduksjon på 50% (Tao m.fl. 2011)
Diverse utslipp og reisetid	uendret på én strekning, redusert på en annen strekning (Frey & Rouphail 2002)

Også mange simuleringsstudier har vist at trafikkstyring og samkjøring av signalanlegg kan redusere drivstofforbruk og utslipp (bl.a. Nigarnjanagool 2003, Rhaka m.fl. 2000, Madireddy m.fl. 2011, Zhou 2008). Eksempelvis har De Coensel m.fl. (2012) estimert mulige virkninger av samkjøring av signalanlegg til reduksjoner av utslipp på mellom 10 og 40 % under de mest gunstige forutsetningene. Resultatene viser i tillegg at støy i nærheten av kryssene kan være redusert med opptil 1 dB(A). Mellom kryssene derimot ble det funnet økt støy, noe som forklares med økt fart. Faselengden har ikke vist seg å ha noen sammenheng med utslipp, selv om den påvirker reisetiden.

Positive miljøeffekter forutsetter at programmeringen av signalanleggene tar hensyn til faktiske trafikkforhold og at signalanleggene er programmert slik at trafikkavviklingen forbedres. Ifølge Al-Mudhaffar (2006) er det i Sverige vanlig at tidsstyrte samkjørte signalanlegg står uendret over 10-15 år, selv om trafikkmønsteret er vesentlig endret, noe som medfører økte negative virkninger på både fremkommelighet og miljø.

Resultatene gjelder kun motorisert trafikk på den vegen og i den kjøreretningen som har grønn bølge. Virkninger på trafikk i den motsatte kjøreretningen og på de kryssende vegene, samt virkningene på fotgjengere og syklister er ikke tatt hensyn til i de fleste studiene. Frey & Rouphail (2002) viste at samkjøring av signalanlegg medførte økte ventetider og økte utslipp på de kryssende vegene på den strekningen hvor reisetider og utslipp var redusert på hovedvegen. Endringene var imidlertid ikke signifikante. På den strekningen hvor ingen

virkninger ble funnet på hovedvegen var heller ikke trafikken på sidevegene påvirket.

Automatisk oppdatering av tidsstyrte samkjørte signalanlegg basert på trafikkmålinger er undersøkt i Sverige av Hammarström m.fl. (2000). Det undersøkte systemet (AUT-TRANSYT) samler inn trafikkdata i signalregulerte kryss og lager ukentlig oppdaterte trafikkprognoser som brukes for å lage nye tidsplaner for signalanleggene. Brukeren av systemet kan velge hvilke av følgende faktorene som skal være optimert: drivstofforbruk, øvrige kjøretøykostnader, utslippskostnader og / eller reisetidskostnader. Evalueringen viser at utslipp av CO_2 kan reduseres med 16%. Virkningen er avhengig bl.a. av hvilke faktorer systemet skal optimere og hva som er referansesituasjonen (om tidsplanen for signalanlegg oppdateres hvis ikke systemet brukes, og hvis ja hvordan).

Høyresving på rødt lys

Høyresving på rødt lys har ifølge Albrecht m.fl. (1999) trolig ingen eller liten virkning på drivstofforbruk eller utslipp. Dette fordi alle kjøretøy som skal svinge til høyre på rødt lys må stoppe ved stopplinjen, slik at andelen kjøretøy som stopper ikke er redusert så lenge førerne overholder reglene.

Fartsstyrte signalanlegg

Ideelt sett fører fartsstyrte signalanlegg (som skifter til rødt når kjøretøy som kjører over en definert maksimumshastighet nærmer seg krysset) til at kjøretøy som kjører for fort reduserer farten for å unngå å måtte stoppe ved rødt lys, noe som kan redusere både utslipp og støy. Jo mer restriktive signalanleggene er for dem som kjører for fort, desto færre vil kjøre for fort, noe som kan redusere utslipp. På den andre siden har det vist seg at ikke alle reduserer farten og dermed vil det også være flere som må stanse på rødt lys, også blant dem som ikke kjører for fort, noe som øker både utslipp og reisetider (Coelho m.fl. 2005b).

Virkningen på utslipp er bl.a. avhengig av trafikkmengde, fartsnivå, hvor restriktivt signalanleggene er programmert og hvorvidt førere tilpasser kjørefarten. Med restriktivt menes hvor mange av dem som kjører for fort får rødt lys. Et restriktivt signalanlegg skifter til rødt allerede når enkelte kjøretøy kjører litt over fartsgrensen, et mindre restriktivt signalanlegg vil først skifte til rødt når det er mange eller store fartsovertredelser. Restriktive signalanlegg, høyt fartsnivå og en liten andel som reduserer farten på grunn av signalanleggene kan medføre negative miljøeffekter. Coelho m.fl. (2005a) viste at utslipp av CO_2, NO og HC økte med henholdsvis 15, 10 og 40 når trafikkmengden er omtrent 50% av vegens kapasitet. En studie med støymålinger i Genève (Genève, 1998; sitert etter Desarnaulds m.fl. 2004) derimot viste at støy i nærheten av signalanlegg som favoriserer kjøretøy som kjører nær eller under fartsgrensen er omtrent 2 dB(A) lavere enn i nærheten av andre signalanlegg.

Det er mulig at fartsstyrte signalanlegg kan ha mer positive miljøeffekter hvis tiltaket suppleres med andre fartsreduserende tiltak (f.eks. fartsgrensepåminnende informasjon, Automatisk trafikkontroll), men dette er ikke empirisk undersøkt.

Forhåndsvarsling av fasevekslingen

Forhåndsvarsling av fasevekslingen kan teoretisk redusere utslipp hvis det fører til at førere bremser saktere ned over en lengre strekning. Li m.fl. (2009) har estimert at drivstofforbruk og CO_2-utslipp kan reduseres med opp til henholdsvis 8 og 7% for hvert kjøretøy i middels tett trafikk. I denne studien er det imidlertid ikke tatt hensyn til at førere ofte endrer atferd som følge av forhåndsvarslingen og at mange velger å akselerere istedenfor å bremse sakte ned (se Trafikksikkerhetshåndboken, kapittel 3.9).

Tiltak for kollektivtransport

Kollektivtrafikkprioritering i signalregulerte kryss forbedrer fremkommeligheten for kollektivtrafikk, men kan redusere fremkommeligheten for øvrig trafikk. Det er ikke funnet studier som har forsøkt å tallfeste virkningen på miljøfaktorer. Man kan tenke seg at miljøeffektene er like positive for kollektivtrafikk som for all trafikk ved samkjøring av signalanlegg, men avhengige av kjøretøytype (om busser f.eks. kjører på diesel eller gass). Den sammenlagte virkningen vil være avhengig av sammensetningen av trafikken (typer kjøretøy, andel kollektivtrafikk, typer kjøretøy i kollektivtrafikken) og av hvordan både kollektivtrafikk og øvrig trafikk blir påvirket (Dion & Rakha 2005). Hvis kollektivtrafikkprioritering fører til at mange andre kjøretøy må stanse og vente på rødt lys kan dette teoretisk oppveie (eller mer enn oppveie) eventuelle positive miljøeffekter for kollektivtrafikk. I kryss med mye kollektivtrafikk, lite annen trafikk og likevel store forsinkelser for kollektivtrafikk kan de positive miljøeffektene for kollektivtrafikken derimot være større enn de negative miljøeffektene for øvrig trafikk.

Hvis kollektivtrafikkprioritering reduserer bruken av privatbiler vil dette ha positive miljøeffekter, men det er ikke funnet studier som har forsøkt å tallfeste en slik effekt. Med andre ord kan negative lokale miljøeffekter på kort sikt (store ulemper og dermed negative miljøeffekter for øvrig trafikk) bidra til positive mer generelle miljøeffekter på lang sikt (redusert privatbilbruk og økt andel kollektivreiser).

Tiltak for syklister

Tiltak for syklister forbedrer fremkommeligheten for syklister og kan gjøre det generelt mer attraktivt å sykle (Pucher & Buehler 2008). I den grad dette bidrar til økt sykling (og redusert bilkjøring) vil miljøeffektene være positive (Sælensminde 2004). Det er imidlertid ikke funnet studier som har forsøkt å tallfeste en slik effekt. For å øke antall sykkelreiser er det neppe tilstrekkelig å installere sykkelprioritering i enkelte signalregulerte kryss, men tiltaket kan som en del av en større pakke med tiltak bidra til å gjøre sykkelvegnettet mer attraktivt og dermed å øke andelen som sykler.

For en separat sykkelfase som ble installert i et kryss med eksisterende signalregulering og mye bil- og sykkeltrafikk ble det funnet en forholdsvis liten økning av utslipp fra motorkjøretøy (Korve & Niemeier 2002). Denne effekten ble imidlertid mer enn oppveid av positive sikkerhets- og fremkommelighetseffekter.

Tilfartskontroll

Tilfartskontroll kan redusere køer og stop-and-go trafikk på motorveger eller andre hovedveger med planskilte kryss, noe som kan redusere utslipp (Li m.fl. 2009, Zheng m.fl. 2010). Tilfartskontroll kan være tids- eller trafikkstyrt. Som regel er tilfartskontroll ikke aktiv i perioder med så lite trafikk at trafikken fra tilfartsrampen ikke fører til (store) ulemper for trafikken på hovedvegen. Der er kun når ulempene av trafikk fra påkjøringsrampen uten tilfartskontroll er større enn ulempene tilfartskontroll påfører trafikk på påkjøringsrampen at man kan forvente positive miljøeffekter.

I en studie hvor tilfartskontroll ble slått av i en periode på fem uker viste Cambridge Systematics (2001) at tilfartskontroll reduserer utslipp, noe som forklares med reduserte køer på hovedvegene. Drivstofforbruket derimot øker med tilfartskontroll, noe som muligens skyldes økt gjennomsnittsfart på hovedvegene. I rushtiden (i kø) er drivstofforbuket ifølge US DOT (1996) imidlertid 42% høyere uten tilfartskontroll enn med tilfartskontroll.

7. Andre virkninger

Trafikksikkerhetsmessige virkninger

Trafikksikkerhetsmessige virkninger av signalregulering i kryss er beskrevet i Trafikksikkerhetshåndboken (kapittel 3.9). I det følgende er de viktigste funnene sammenfattet.

Nye signalanlegg i tidligere høyre- eller vikepliktsregulerte kryss har i gjennomsnitt vist seg å redusere antall ulykker med omtrent 30%.

Trafikkstyrte signalanlegg og samkjørte signalanlegg som er programmert slik at flest mulig ankommer krysset på grønt lys, eller slik at flest mulig kan kjøre en lengst mulig strekning på grønt lys (grønn bølge) har som regel bedre sikkerhet enn tidsstyrte eller ikke samkjørte signalanlegg.

Høyresving på rødt lys øker som regel antall kollisjoner mellom høyresvingende trafikk og fotgjengere eller syklister.

For ***fartsstyrte signalanlegg*** er det ikke funnet studier av virkningen på antall ulykker.

Forhåndsvarsling av fasevekslingen reduserer som regel rødlyskjøring og kan dermed ha positive sikkerhetseffekter. Virkningen kan imidlertid være kortvarig og antall ulykker med påkjøring bakfra kan øke. I kombinasjon med en forlenget grønnfase kan virkningene være mer fordelaktig.

For ***tiltak for kollektivtransport*** og ***tiltak for syklister*** er det ikke dokumentert sikkerhetsmessige virkninger.

Tilfartskontroll har vist seg å redusere antall ulykker på gjennomsnittlig 18%. Dette gjelder

ulykker på motorvegen og ulykker på påkjøringsrampen.

Virkninger på framkommelighet

Nye signalanlegg: I kryss med mye trafikk reduserer signalregulering som regel ventetiden for alle trafikkstrømmer sett under ett når man sammenligner signalregulerte kryss med vikeplikts- eller høyreregulerte kryss. Tidligere vikepliktige trafikkstrømmer får den største tidsgevinsten, mens tidligere forkjørsrettede kan bli forsinket. Gående kan ofte få tidsgevinst ved signalregulering. I forhold til rundkjøringer kan signalregulerte kryss medføre økte ventetider.

Trafikkstyring av signalregulering og grønn bølge kan redusere ventetider og øke gjennomsnittsfarten i bygater med trafikkavviklingsproblemer betydelig. Det er imidlertid ikke dokumentert virkninger for annen trafikk enn motorisert trafikk på den strekningen som har grønn bølge.

Høyresving på rødt lys kan forbedre fremkommeligheten for høyresvingende trafikk og for annen trafikk i kryss som ikke har separat høyresvingfelt.

Fartsstyrte signalanlegg har vist seg å være effektive i å stanse kjøretøy som kjører for fort, men stanser også en del kjøretøy som ikke kjører for fort og som dermed blir påført forsinkelser (Coelho m.fl. 2005a).

Forhåndsvarsling av faseveksling har som formål å redusere rødlyskjøring og kan ha som sideeffekt at andelen som stopper istedenfor å fortsette gjennom krysset øker, noe som fører til økte ventetider og redusert kapasitet.

Kollektivtrafikkprioritering i signalregulerte kryss har vist seg å øke fremkommeligheten for bussene og å redusere ventetiden for passasjerene (Welde m.fl. 2011). For annen trafikk kan ventetider øke. Den sammenlagte reisetiden kan likevel være redusert når det er flere passasjerer på bussene enn personer i privatbiler.

Tiltak for syklister har en positiv effekt for fremkommeligheten blant syklister. Virkningene på annen trafikk avhenger av utformingen av tiltakene.

Tilfartskontroll øker fremkommeligheten på motorvegen (eller en annen hovedveg), men kan øke ventetiden på påkjøringsrampen. Sammenlagt går reisetiden som regel ned.

8. Kostnader

Det er ikke funnet aktuelle kostnadstall for signalregulering av kryss.

9. Formelt ansvar

Initiativ til tiltaket

Initiativ til signalregulering i kryss blir vanligvis tatt av vegmyndighetene, men kan bli tatt av beboere og trafikanter for å oppnå tryggere trafikk. For øvrig inneholder signalnormalene (Statens vegvesen 2012) kriterier for vurdering av behovet for signalregulering av kryss, knyttet til kryssets trafikkmengde.

Formelle krav og saksgang

Signalanlegg må oppfylle skiltnormalenes krav til teknisk utforming (Statens vegvesen 2012). Det må utarbeides detaljplan for et signalanlegg før det settes i drift. Trafikktellinger og ulykkesanalyser må utføres for å kontrollere at kriteriene for signalregulering er oppfylt. Dessuten pålegger skiltnormalene at en rekke alternative tiltak til signalregulering vurderes først. Det er et krav at politiet og kommunen får uttale seg om planer om signalregulering av kryss før fylkesvegkontoret sender planen til Vegdirektoratet via regionskontoret.

Ansvar for gjennomføring av tiltaket

Vedtak om signalregulering av kryss treffes av Vegdirektoratet. Utgiftene til signalregulering av gangfelt bæres av vegholderen som andre vegutgifter, det vil si av staten for riksveg, fylkeskommunen for fylkesveg og kommunen for kommunal veg.

10. Utfordringer og muligheter

Signalregulering av kryss er i mange kryss nødvendig for å sikre en akseptabel trafikkavvikling, også på veger med mindre trafikk som ellers hadde hatt vikeplikt for trafikken på hovedvegen. Mange tidligere signalregulerte kryss er i dag ombygd til rundkjøringer for å øke sikkerheten og fremkommeligheten. For mange signalregulerte kryss er imidlertid en ombygging til rundkjøring ikke aktuelt, enten fordi det ikke vil være lønnsomt eller fordi det er for lite plass.

Det har vist seg at det finnes en rekke tiltak som kan forbedre både miljø, sikkerhet og fremkommelighet i signalregulerte kryss, hvorav de fleste i utgangspunktet er fremkommelighetstiltak, og noen er sikkerhetstiltak. Virkningen på miljø tilsvarer som regel omtrent virkningene på fremkommeligheten, dvs. at de fleste tiltak som bedrer fremkommeligheten også er bra for miljøet. Dette gjelder spesielt trafikkstyring, samkjøring av signalanlegg og tilfartskontroll. Disse tiltakene kan også forbedre sikkerheten. Forhåndsvarsling av fasevekslingen er i utgangspunktet et sikkerhetstiltak (med noe tvilsom sikkerhetseffekt) og kan ha en liten positiv effekt for miljøet.

Utformingen av signalanlegg (separate faser for enkelte trafikkstrømmer, tidsplan for fasevekslingen og trafikkstyring) kan ha stor effekt på fremkommeligheten og det er mulig å

systematisk øke (eller forverre) fremkommeligheten for enkelte trafikkstrømmer eller trafikantgrupper. Denne muligheten er i dag forholdsvis lite utnyttet. Dette gjelder trafikkstyring generelt, men også enkelte trafikantgrupper som syklister eller kollektivtrafikk kunne i mye større grad enn i dag bli tatt hensyn til. Dermed kunne fremkommeligheten for disse bli betydelig forbedret på mange strekninger hvor det i dag er lange ventetider. Dermed hadde det vært mulig å bidra til å gjøre alternative transportformer mer attraktive, noe som kan bidra til å redusere biltrafikken. Dermed kunne man (i kombinasjon med andre tiltak med samme formål) oppnå både bedre fremkommelighet og et bedre og triveligere klima mange steder i byene.

11. Referanser

Albrecht, F., Bruehning, E., Frenzel, K., Krause, K., Meewes, V., Schnabel, W., & Topp, H. 1999
Rechtsabbiegen bei rot mit grünpfeil. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Unterreihe Verkehrstechnik, 72. Bergisch Gladbach: BASt.

Al-Mudhaffar, A. 2006
Impacts of traffic signal control strategies. KTH Royal Institute of Technology. Stockholm, Sweden.

Cambridge Systematics 2001
Twin cities ramp meter evaluation-final report. Prepared for the Minnesota Department of Transportation.

Coelho, M. C., Farias, T. L., & Rouphail, N. M. 2005a
A methodology for modelling and measuring traffic and emission performance of speed control traffic signals. Atmospheric Environment, 39(13), 2367-2376.

Coelho, M. C., Farias, T. L., & Rouphail, N. M. 2005b
Impact of speed control traffic signals on pollutant emissions. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 10(4), 323-340.

De Coensel, B., Botteldooren, D., Vanhove, F., & Logghe, S. 2007
Microsimulation based corrections on the road traffic noise emission near intersections. Acta Acustica united with Acustica, 93(2), 241-252.

De Coensel, B., Can, A., Degraeuwe, B., De Vlieger, I., & Botteldooren, D. 2012
Effects of traffic signal coordination on noise and air pollutant emissions. Environmental Modelling & Software, 35(0), 74-83.

Desarnaulds, V., Monay, G., & Carvalho, A. 2004
Noise reduction by urban traffic management. Proceedings ICA 2004.

Dion, F., & Rakha, H. 2005
Integration of transit signal priority within adaptive traffic signal control systems. Paper presented at the 84th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington,

DC.

Frey, H. C., & Rouphail, N. M. 2002
Emissions reduction through better traffic management: An empirical evaluation based upon on-road measurements. Report 2002-015. NCDOT Research Project 1999-08.

Genève, République et Canton de 1998
Plan des mesures d'assainissement du bruit routier selon opb art. 19.

Hagen, O. H., Tennøy, A. og Knapskog, M. 2019
Kunnskapsgrunnlag for gåstrategi. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 1688/2019.

Hagman, R., Gjerstad, K. I., & Amundsen, A. H. 2011
No2-utslipp fra kjøretøyparken i norske storbyer. TØI-Rapport 1168/2011. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

Hammarström, U., Edwards, H., & Henriksson, P. 2000
Validering och utvärdering av aut/transyt. VTI Raport 462-2000. Linköping: Väg- och transportforskningsinstitutet.

ITS international.com 2012
Traffic signals turn red to stop speeding drivers .
http://www.itsinternational.com/categories/enforcement/features/traffic-signals-turn-red-to-stop-speeding-drivers/ (last accessed 2. august 2013).

Korve, M. J., & Niemeier, D. A. (2002)
Benefit-cost analysis of added bicycle phase at existing signalized intersection. Journal of Transportation Engineering, 128(1), 40-48.

Li, M., Boriboonsomsin, K., Wu, G., Zhang, W.-B., & Barth, M. 2009
Traffic energy and emission reductions at signalized intersections: A study of the benefits of advanced driver information. International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, 7(1), 49-58.

Madireddy, M., De Coensel, B., Can, A., Degraeuwe, B., Beusen, B., De Vlieger, I., & Botteldooren, D. 2011
Assessment of the impact of speed limit reduction and traffic signal coordination on vehicle emissions using an integrated approach. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 16(7), 504-508.

Neunhäuserer, L., & Diegmann, V. 2010
Analysis of the impacts of an environmental traffic management system on vehicle emissions and air quality. Paper presented at the Proceedings of the 18th International Symposium Transport and Air Pollution (TAP'10), Dübendorf, Switzerland.

Nigarnjanagool, S. 2003
Development and evaluation of an agent-based adaptive traffic signal control system. Paper

presented at the Conference of Australian Institutes of Transport Research, 25th, Adelaide, South Australia.

Niittymäki, J. 1999
Fuzzy logic two-phase traffic signal control for coordinated one-way streets. IEEE Midnight-Sun Workshop on Soft Computing Methods in Industrial Applications, Kuusamo.

Nishuichi, H., & Yoshii, T. 2005
A study of the signal control for the minimization of co2 emission. Paper presented at the Proceedings of the 12th World Congress on Intelligent Transport Systems, San Francisco, CA.

Oda, T., Kuwahara, M., & Niikura, S. 2004
Traffic signal control for reducing vehicle carbon dioxide emissions on an urban road network. Paper presented at the Proceedings of the 11th World Congress on ITS.

Pandian, S., Gokhale, S., & Ghoshal, A. K. 2009
Evaluating effects of traffic and vehicle characteristics on vehicular emissions near traffic intersections. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 14(3), 180-196.

Pucher, J., & Buehler, R. 2008
Cycling for everyone: Lessons from Europe. Transportation Research Record, 2074, 58-65.

Rakha, H., Medina, A., Sin, H., Dion, F., Van Aerde, M., & Jenq, J. 2000
Traffic signal coordination across jurisdictional boundaries: Field evaluation of efficiency, energy, environmental, and safety impacts. Transportation Research Record, 1727, 42-51.

Rouphail, N. M., Frey, H. C., Colyar, J. D., & Unal, A. 2001
Vehicle emissions and traffic measures: Exploratory analysis of field observations at signalized arterials. Paper presented at the 80th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.

Statens vegvesen. 2011
Its på veg. Statens vegvesen.

Statens vegvesen 2012
Trafikksignalanlegg. Normal. Håndbok N303.

Sælensminde, K. 2004
Cost-benefit analyses of walking and cycling track networks taking into account insecurity, health effects and external costs of motorized traffic. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 38(8), 593-606.

Tao, F., Shi, Q., & Yu, L. 2011
Evaluation of effectiveness of coordinated signal control in reducing vehicle emissions during peak hours versus nonpeak hours. Transportation Research Record, 2233, 45-52.

Unal, A., Rouphail, N. M., & Frey, H. C. 2003
Effect of arterial signalization and level of service on measured vehicle emissions.

Transportation Research Record, 1842, 47-56.

US DOT 1996
Intelligent transportation infrastructure benefits: Expected and experienced. Operation TimeSaver. Washington: US Department of Transportation

Vägverket 2009
Its på väg. En handledning i processen att införa vägnära its-lösningar med exempel på genomförda tillämpningar. Vägverket, Publikation 2009:75.

Welde, M., Foss, T., & Tveit, Ø. 2011
Evaluating the impacts of real time passenger information and bus signal priority in trondheim. 18th ITS World Congress, Orlando, Florida.

Zhang, Y., Chen, X., Zhang, X., Song, G., Hao, Y., & Yu, L. 2009
Assessing effect of traffic signal control strategies on vehicle emissions. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 9(1), 150-155.

Zheng, Z., Ahn, S., & Monsere, C. M. 2010
Impact of traffic oscillations on freeway crash occurrences. Accident Analysis & Prevention, 42(2), 626-636.

Zhou, S., Yan, X., & Wu, C. 2008
Optimization model for traffic signal control with environmental objectives. Paper presented at the Natural Computation, 2008. ICNC’08. Fourth International Conference on.