

# Miljøoptimering af signalanlæg

Steen Lauritzen, Vejdirektoratet

*Dette paper beskriver mulighederne for at forbedre luftkvaliteten i byområder gennem en bedre indstilling af samordnede signalanlæg, således at køretøjernes antal stop og tomgangskøring bliver reduceret. Projektet er baseret på modelberegninger med optimeringsmodellen TRANSYT/AVT.*

## Trafikplan 2005

Trafikkens bidrag til luftforureningen i danske byer anslås ifølge regeringens trafikpolitiske redegørelse "Trafik 2005" (Litt. 1) til 70-80 pct. af den samlede lokale forurening. Den væsentligste del af luftforureningen stammer fra trafikken på de overordnede veje, hvor de fleste signalanlæg normalt findes. En ikke ubetydelig del af denne luftforurening stammer fra bilernes tomgangskørsel og især fra køretøjernes acceleration ved stop og start ved signalanlæg. Samtidig er stop, start og tomgangskørsel ved signalanlæg en udgift for trafikanterne i form af spildtid, slid på bilerne og højere benzinforbrug.

Ifølge "Trafik 2005" er det hensigten at begrænse biltrafikkens skadelige bivirkninger for bymiljøet. I forhold til 1988 er det målsætningen, at udslippet af NO<sub>x</sub> og HC skal reduceres med 40 pct. inden år 2000 og med 60 pct. inden år 2010. Én af vejene til at opnå dette mål er optimering af signalsamordninger samt udstyring af signalanlæggene med adaptive faciliteter, således at tomgangskørslen og antallet af stop og accelerationer reduceres.

## TRANSYT

Et engelsk udviklet pc-program, TRANSYT (Traffic Network Study Tool), har i et vist omfang været benyttet til optimering af signalsamordninger i nogle danske byer. For at kunne gennemføre en beregning med TRANSYT er det nødvendigt at angive nettets sammenhæng, signalprogrammets opbygning i de enkelte kryds, stopliniekapaciteten, trafikintensiteten i en time samt en fælles omløbstid for signalsystemet. TRANSYT er beskrevet i en artikel i Dansk Vejtidskrift (Litt. 2).

Ud fra beregninger af køretøjernes ankomster til signalanlægget i forhold til den gældende signalvisning beregner TRANSYT andelen af køretøjer, som bliver stoppet, og hvor stor forsinkelsen bliver for disse køretøjer. En vægtet sum af antal stop og forsinkelse benyttes af programmet til beregning af et kvalitetsindeks, som under optimeringen søges minimeret.

Selve optimeringen sker ved en såkaldt "hill climb"-procedure, hvor programmet tester en sekvens af kombinationer af grøntidsforskydninger mellem signalanlæggene og grøntidsfordelinger i de enkelte signalanlæg. Da ikke alle kombinationer bliver gennemregnet, er man ikke sikker på, at programmet når frem til den matematiske set optimale løsning. Erfaringer med forskellige startvilkår for optimeringen viser dog, at resultaterne højst afviger med 1 procent.

TRANSYT-programmet beregner tidssætningen for den optimale samordning, benzinforbruget samt en række parametre vedr. trafikafviklingen, som fx tilfarternes belastningsgrad, den gennemsnitlige ventetid, andelen af køretøjer, som må stoppe, samt benzinforbruget. Erfaringerne med TRANSYT-modellen viser, at det samlede benzinforbrug i et vejnet med signalanlæg ofte kan reduceres med 5-10 pct. i forhold til en manuelt udarbejdet signalsamordning.

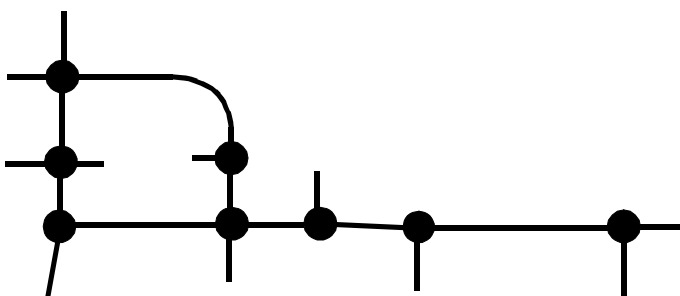
## **AVT**

På Trafik- og Transportforskningsinstituttet, VTI, i Sverige har man udviklet en overbygning til TRANSYT-programmet, AVT (Användarvänligt TRANSYT). Med AVT kan inddata foretages på en for brugeren letforståelig måde, og der kan som optimeringskriterium frit vælges blandt en række muligheder som fx stop, forsinkelse, benzinforbrug og emission eller en kombination af disse. Når optimeringskriteriet er valgt, beregner AVT som input til TRANSYT-optimeringen individuelle vægtninger af stop og forsinkelser for hver tilfart i nettet.

Efter endt TRANSYT-optimering kan AVT beregne en række parametre for hver signaltilfart i nettet. Ud over de af TRANSYT beregnede forhold vedr. stop og forsinkelse beregnes merbenzinforbruget pga. stop, start og tomgangskørsel samt de heraf afledte emissioner HC, NO<sub>x</sub> og CO. Endvidere prissættes de enkelte termer, således at det er muligt at få et økonomisk udtryk for de samlede gener ved en given signalindstilling.

## **Afprøvning af TRANSYT/AVT**

For at afprøve det samlede programsystem TRANSYT/AVT med henblik på funktionalitet og brugervenlighed har Vejdirektoratet i samarbejde med Frederiksborg Amt opstillet et modelnet med 8 signalanlæg i Hørsholm med henblik på en miljøvenlig indstilling af samordningen. Specielt er signalprogrammet for morgentrafikken blevet analyseret. Ét af krydsene er hårdt belastet, idet to tilfartspor med den hidtidige signalindstilling har belastningsgrader nær eller



over 100 pct. Årsdøgntrafikken på de gennemgående veje i nettet er ca. 10.000. Krydsafstandene varierer fra 140 m til 430 m. Vejnettet er vist på figur 1.

*Figur 1. Modelvejnettet med 8 signalanlæg.*

Signalsystemet har i morgenmyldretidsprogrammet en omløbstid på 70 sekunder. En analyse med TRANSYT har afklaret, om en højere omløbstid ville forbedre den samlede trafik kvalitet i nettet. Det viste sig dog, at fordelene for dette ene stærkt belastede kryds ikke kunne opveje ulemperne i de øvrige kryds, hvor ventetiderne ville blive forøget.

## **Beregninger**

Der er foretaget en serie af beregninger med TRANSYT/AVT, som det fremgår af tabel 1. Kørsel 0 er den nuværende situation for en morgenmyldretime. Observationer på stedet syntes imidlertid at godtgøre, at en venstresvingsfase i to af krydsene er overflødige og giver unødige stop og forsinkelse for trafikanter fra den retning, der får afkortet grøntiden. Kørsel 1 udtrykker derfor en forbedret situation uden de to venstresvingsfaser.

Kørsel 2-7 er optimeringer, hvor der under optimeringen er lagt vægt på at minimere forskellige parametre eller en kombination af disse. Stort set udviser resultaterne ikke den helt store forskel for de væsentligste parametre med undtagelse af optimering mht. stop, hvor TRANSYT ikke har lagt særlig megen vægt på minimering af forsinkelsen, som derfor i dette

optimeringstilfælde er noget højere end, når der optimeres mht. til andre parametre. Generelt må det altså frarådes at benytte et rent stopkriterium ved TRANSYT-optimeringer.

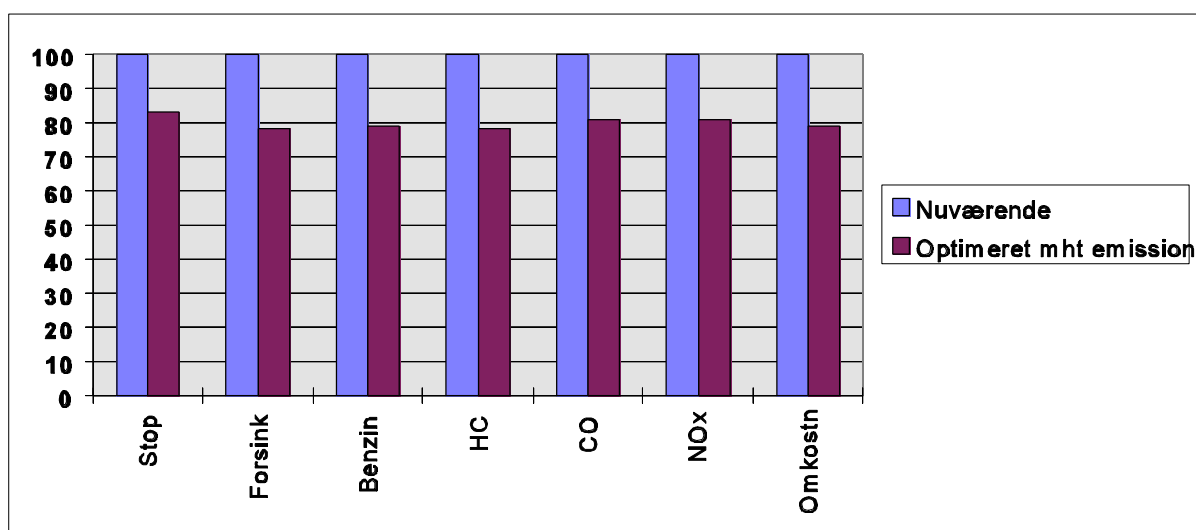
Kørsel	Beskrivelse	Optimeringskriterium
0	Nuværende signalindstilling	-
1	Nuværende indstilling, modificeret	-
2	Optimering	Stop
3	Optimering	Forsinkelse
4	Optimering	Stop og forsinkelse
5	Optimering	Benzinforbrug
6	Optimering	Emission
7	Optimering	Stop, forsinkelse, benzin, emission

Tabel 1. Oversigt over beregninger.

Beregning/optimering	Stop %	Forsink. ktj-t	Benzin liter	HC kg	CO kg	NO <sub>x</sub> kg	Omkostn. kr.
Nuværende signalindstilling	62.8	57.9	152.4	3.6	43.6	2.1	6.045
Nuværende indstill. modificeret	61.7	55.2	145.8	3.4	42.2	2.0	5.745
Stop	55.3	52.5	129.1	3.1	36.5	1.7	5.246
Forsinkelse	53.5	45.4	122.3	2.8	36.0	1.7	4.808
Stop og forsinkelse	53.1	45.9	121.1	2.8	35.5	1.7	4.785
Benzinforbrug	52.4	45.8	120.7	2.8	35.4	1.7	4.774
Emission	52.1	45.8	120.3	2.8	35.2	1.7	4.760
Stop, forsink., benzin, emission	53.0	45.9	121.2	2.8	35.6	1.7	4.789

Tabel 2. Beregningsresultater for en morgenmyldretime.

Effekterne omfatter alene stop og forsinkelse ved krydsene.



Figur 2. Resultat for morgenmyldretimen - indekseret med nuværende = 100.

I det konkrete eksempel viser det sig, at optimering mht. emissioner (kørsel 6) giver laveste værdi for stort set alle de parametre, som er søgt minimeret ved de forskellige kørsler.

Kørsel 0 svarer til den nuværende situation. Da trafikafviklingen i den nuværende situation i flere kryds har været synlig dårlig (stop og forsinkelse tilsyneladende uden grund) er der i kørsel 2 foretaget en modificering i to af krydsene, hvor overflødige venstresvingsfaser er taget bort. De videre optimeringer er baseret på et signalprogram uden venstresvingsfaser i disse kryds.

I tabel 2 er resultaterne af TRANSYT/AVT-beregningerne gengivet. Det er alene geneffekterne i krydsene, der er medtaget. Dvs. at benzinforbrug og emission for kørsel mellem krydsene ikke er medregnet. I en tænkt situation, hvor alle trafikanter skulle møde grønt lys ved ankomsten til krydset, ville beregningsresultaterne alle være nul. Parameteren "Stop" udtrykker den gennemsnitlige andel køretøjer, som bliver forsinket ved krydsene.

Som det fremgår af tabel 2 giver optimering mht. emission faktisk et mindre benzinforbrug, end når der optimeres med hensyn til benzinforbrug. Dette kan synes noget overraskende, men kan muligvis forklares ved, at TRANSYT ikke nødvendigvis finder den matematisk set optimale løsning.

Under alle omstændigheder ses af figur 2, at der ikke er den store forskel i trafik kvalitet ved de forskellige optimeringskriterier, når man ser bort fra ren stopoptimering, hvor der ikke i tilstrækkelighed grad tages hensyn til minimering af forsinkelsen. I det konkrete tilfælde giver optimering mht. benzinforbrug det bedste resultat for næsten alle kvalitetsparametre.

### Øvrige signalprogrammer

En foreløbig beregning af signalprogrammerne for dagtrafik og eftermiddagsmyldretrafik tyder på, at der også her er store besparelspotentialer. Tabel 3 viser sammenfattende, hvilke reduktioner i trafikantgener, som kan forventes i forhold til den nuværende situation, såfremt signalprogrammerne blev TRANSYT-optimeret mht. til emission.

Signal-program	Stop %	Forsink. ktj-t	Benzin liter	HC kg	CO kg	NO <sub>x</sub> kg	Omkostn. kr.
Morgen	-17	-22	-21	-22	-19	-19	-21
Dag	-16	-15	-19	-17	-19	-21	-17
Eftermiddag	-21	-15	-20	-18	-22	-25	-19

Tabel 3. Besparelspotentialer for signalprogrammerne for morgen-, dag- og eftermiddagstrafik. Værdierne omfatter alene de signalregulerede kryds.

Af tabel 3 ses, at antal stop og forsinkelse kan reduceres med 15-20 procent ved en optimering af signalanlæggene. Emission forårsaget af stop, tomgang og acceleration pga. stop for rødt

lys kan skønsomt reduceres med ca. 20 procent.

Ifølge TRANSYT's beregninger udgør benzinføbruget til transport mellem krydsene ca. halvdelen af det samlede benzinføbrug. Dette medfører skønsomt, at de samlede lokale effekter, bortset fra antal stop, er ca. halvdelen af de nævnte. Ved en optimering af signalanlæggene kan der således forventes en reduktion i antal stop på 15-20 procent og en reduktion i benzinføbruget og emission på ca. 10 procent for de overordnede veje i Hørsholm.

For en morgenmyldretime udgør den samfundsøkonomiske besparelse ca. kr. 1.300. Antages det, at en sådan time udgør 10 procent af årssøgntrafikken, fås en årlig samfundsøkonomisk besparelse på kr. 4,7 mio. Ca. halvdelen udgøres af sparet tid, mens den anden halvdel udgøres af reduktion i benzinføbrug, slid på køretøjer og emission.

### Besparelspotentiale på landsplan

Det beregnede besparelspotentiale for signalanlæggene i Hørsholm vurderes til at være højere end det, der generelt kan opnås med signaloptimeringer. Dette skyldes, at signalprogrammer i Hørsholm i en vis udstrækning er dimensioneret til et andet trafikmønster end det nu gældende. Den gennemsnitlige antal passager pr. pr. kryds pr. morgentime er i Hørsholm 1431 ktj., svarende til 14.310 ktj./døgn. Med en forudsætning om 20.000 ktj. i gennemsnit pr. signalreguleret kryds i Danmark, kan der for alle landets ca. 1.200 samordnede signalreguleringer opnås en besparelse i brændstof og emission på 0,5-1,0 procent, jf. tabel 4, hvor besparelspotentialet er sat i relation til den samlede emission og brændstofføbruget i Danmark i 1990. (Kilde: Litt. 3.)

	<b>Benzin mio. liter</b>	<b>HC ton</b>	<b>CO ton</b>	<b>NO<sub>x</sub> ton</b>
Besparelse	25	612	6.430	306
“Årsføbrug”	2.400	63.100	574.000	107.000
Reduktion (%)	1.0	1.0	1.1	0.3

*Tabel 4. Skønnet årlig besparelspotentiale på landsplan ved optimering af signalsamordninger i forhold til Danmarks samlede benzinføbrug og emission.*

### Sammenfatning

Optimering af signalanlæg vil være et egnet middel til forbedring af luftkvaliteten i byområder. Med Hørsholm som eksempel påvises, at benzinføbrug og emissioner fra køretøjerne kan reduceres i størrelsesordenen 10 procent. Trafikanternes ventetid og sliddet på køretøjerne vil samtidig blive reduceret. Et optimistisk skøn over de mulige

årlige reduktioner på landsplan er 25 mio. liter benzin, 612 ton HC, 6.430 ton CO og 306 ton NO<sub>x</sub>.

### **Litteratur**

- 1. Trafik 2005, Trafikpolitisk redegørelse**  
Trafikministeriet, 1993.
- 2. TRANSYT - et edb-program til beregning af grønne bølger .**  
Lauritzen, Steen. Dansk Vejtidskrift nr. 5/1990.
- 3. Emissioner fra motorkøretøjer.**  
Opgørelse for året 1990 samt en prognose for perioden 1980-2010.  
Miljøstyrelsen, juli 1993.