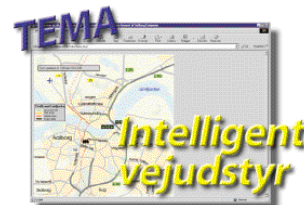


# Adaptive styresystemer sikrer optimalt investering

■ Af Niels Chr. Johannessen,  
afd. for Vejtrafik,  
Siemens A/S

*Selvfølgelig kan der foretages investeringer, der giver betydelig større afkast end 100% inden for et år, men alligevel må et afkast på 100% af en investering inden for trafiksektoren vel betegnes som en optimal investering.*



Investeringen er et adaptivt styresystem til samordnede gadesignalanlæg. Samordnede gadesignalanlæg eller signalanlæg i grønne bølger, som de populært kaldes, fungerer ofte med 3-4 programmer, som styres af et ur, eller i bedste fald trafikafhængigt, dvs. de enkelte programmer udvælges på baggrund af den aktuelle trafikmængde. Et trafikafhængigt programvalg er at foretrække, idet denne metode sikrer et program, der svarer til den registrerede trafikale situation.

Programmerne og samordningen sker på basis af manuelle trafiktællinger af de typiske trafikale situationer, der kan forekomme over et døgn i de kryds, der indgår i samordningen. Til hjælp ved projekteringen kan anvendes programmet TRANSYT, der er specielt udviklet hertil.

Uanset projekteringsværktøj er det dog umuligt ved hjælp af 3-4 programmer fuldt ud at dække alle de trafikale situationer, der optræder i løbet af et døgn, og endnu mindre de trafikale situationer, der kan forekomme over en 5 års periode. Det er yderst sjældent, at samordnede anlæg revurderes med kortere tidsafstand, så en samordning skal kunne overleve 5 års trafikale udvikling. Uanset, hvor forudseende den projekterende er, og uanset, om der gøres brug af trafikstyring i de enkelte signal anlæg, vil et samordnet statisk system blive taberen over for dynamikken i trafikken.

## Beregningsvejnet

Et adaptivt styresystem vil hele tiden tilpasse signalgivningen til den aktuelle trafiksituation. Ved gadesignalanlæg, der ligger isoleret fra andre anlæg, anvendes en trafikstyring, der reagerer på det enkelte køretøj. I samordnede anlæg skal de enkelte signalanlæg fungere med ens omløbstider, hvorfor det ikke er muligt på samme måde at reagere på det enkelte køretøj, men derimod på trafikintensiteten, hvor bilerne vel at mærke ikke ankommer kontinuerligt til det enkelte

signalanlæg, men derimod samles i "pulke" – tætkørende bilkolonner.

Hvordan signalanlæggene vil tilpasse sig den varierende trafik, og hvilken effekt der opnås herved, kan man få et indtryk af ved at lade TRANSYTBeregne tidssætningerne i et samordnet anlæg på grundlag af faktisk registreret i kortere tidsintervaller.

TRANSYT arbejder med et Performance Index (PI), der er et udtryk for samlede omkostninger ved afvikling af trafikken på vejnettet. PI beregnes ud fra en vægtning af omkostningerne ved stop og ventetid. PI skal være lavest muligt. Ud over beregningen af PI beregnes også den samlede tid, der er brugt i vejnettet i det aktuelle tidsrum samt brændstofforbrug.

TRANSYT er brugt til beregning af samordningen af 5 af signalanlæggene på Ringvejen i Århus, hvor der har været planlagt et adaptivt system. Anlæggene var en del af en første etape, der omfattede i alt 29 signalanlæg. I to spidstimer kl. 7:00-9:00 og 15:00-17:00, hvor der hele tiden sker store ændringer af trafikken, er

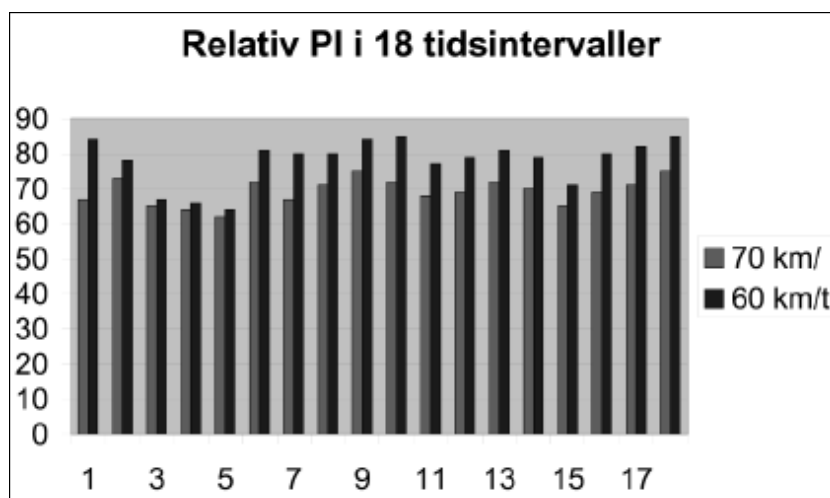
beregningerne foretaget hvert kvarter, og i 2 timer midt på dagen er der alene foretaget beregninger i hver af de to timer, da der i dette tidsrum ikke er så stor variation i trafikken.

Der er foretaget konsekvensberegninger af den eksisterende samordning samt en optimering af samordningen ud fra forskellige parametersætninger af TRANSYT.

Anvendelsen af forskellige parametre er bl.a. sket for at få et kendskab til beregningernes pålidelighed og følsomhed over for anvendelse af forskellige grundparametre samt for at få et kendskab til, hvilke tidssætninger der specielt har betydning for en forbedring af trafikafviklingen.

## TRANSYT beregninger Sammenligning med eksisterende samordning

Med TRANSYT kan omkostninger ved en bestående samordning beregnes. Omkostningerne ved en bestående samordning sammenlignes med den



samordning, som TRANSYT beregner sig frem til. For dels at begrænse mængden af beregninger og for at kunne vurdere, hvilke tidssætninger, der har størst betydning for forbedring af afviklingen, er der ved optimeringen anvendt den samme omløbstid, som i det bestående program. TRANSYT har således alene optimeret grøntidsfordelingen i de enkelte anlæg samt samordningen i form af offset mellem anlæggene.

Der er til gengæld gennemført beregninger med anvendelse af to forskellige vejnetshastigheder. Det kan være vanskeligt at vurdere, hvilken hastighed trafikanter oplever som den rigtige vejnetshastighed. Det er i erkendelse heraf, at betydningen af hastighedsvalget er forsøgt vurderet ved at beregne konsekvensen af at anvende både en hastighed på 60 km/t og en på 70 km/t svarende til den tilladte. De to hastigheder er også anvendt ved beregning af omkostningerne ved den bestående samordning.

På figur 1 er PI for de optimerede anlæg vist som procentdel af de bestående anlæg. PI for de bestående anlæg er sat til 100, uanset hvilken hastighed der er anvendt, således at den procentuelle forbedring umiddelbart kan aflæses. Grafen viser ikke noget om den faktiske forbedring, da PI er sat til 100, både ved anvendelse af 60 og 70 km/t, uanset at de faktiske omkostninger ved de to beregninger er forskellige.

Forbedringen er størst ved forudsætning af høje hastigheder, men dette skyldes bl.a. at stopomkostninger her er meget store.

#### **Sammenligning med optimerede programmer**

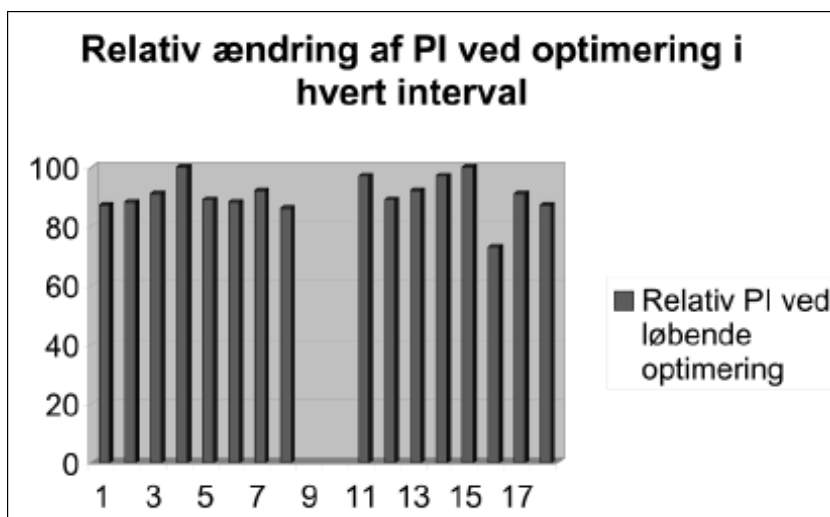
Med anvendelse af den største kvartersbelastning som repræsentativ for hver af de to spidbelastningsperioder er en tidssætning beregnet ved hjælp af TRANSYT. Herefter er der i de to perioder beregnet de forbedringer, det vil give at optimere tidssætningen for hver af de registrerede tidsintervaller. Beregningen er foretaget med en hastighed på 60 km/t og viser det forbedringspotentiale et adaptivt system har på en samordning, som vi normalt vil betegne som "godt optimeret". Resultatet fremgår af figur 2.

#### **Vægtning mellem stop og ventetid**

Som omtalt beregnes PI ud fra en vægtning mellem antallet af stop og ventetider. Beregningerne er foretaget med to forskellige vægte og viser ikke et særligt stort udsving i resultaterne, så længe vi befinder os inden for et "normalområde".

#### **Ændring af omløbstider**

For de tre perioder er der foretaget beregninger af effekten ved at ændre på omløbstiderne. Der er kun undersøgt omløbstider, som ligger inden for et rime-



ligt interval idet det bl.a. er forudsat, at der ikke må ske overbelastning i nogen af krydsene.

Sættes den relative værdi af PI til 100 for et 110 sek. omløb, som de øvrige beregninger omfatter, er yderligere 15 tidsintervaller undersøgt, og disse relative PI varierer mellem 96 og 120, hvor den høje værdi på 120 paradoksalt fremkom i en af de svagt belastede perioder. Dette hænger sammen med, at TRANSYT har

en tendens til at pege på lange omløbstider, idet der herved kompenseres for en dårlig udnyttelse af den minimum grøntid, der altid tildeles en svag belastet tilfart.

Konklusionen er, at omløbstiden har meget begrænset effekt på minimering af omkostningerne, så længe, der anvendes omløbstider, der ligger inden for et "normalt område".

## Traffikantbesparelser

### Ventetid og brændstof

Beregningerne er foretaget for de tre nævnte 2 timers perioder og for 5 kryds. Beregningsresultaterne skal opskrives, så de svarer til et helt år, og for hele det aktuelle vejnet, hvor den adaptive styring ønskes etableret.

Opskrivningen skal gøres med en vis forsigtighed, da besparelserne ikke kan forventes at udvikle sig lineært i forhold til de parametre, der opskrives efter.

Således viser beregningerne, at ventetiderne vokser meget, når trafikbelastningen er tæt på signalernes kapacitetsgrænse. For at korrigere herfor er der set bort fra ventetiderne fra de 4 største kvartersintervaller.

Resultaterne for de 5 kryds tager udgangspunkt i trafikbelastningen i de tidsintervaller, hvori beregninger er foretaget, men er opskrevet i forhold til en årsdøgns trafik.

Opskrivningen til årsdøgns trafik, hvor der er set bort fra de 4 største kvarter, giver følgende besparelser pr. år for de 5 kryds:

Ventetid:	48545 PETimer
Stop:	16 mio.
Brændstofforbrug:	290.000 l

Det skal bemærkes, at hvis der ikke var korrigeret for de 4 største kvarter, ville ventetidsbesparelsen have været 70% større.

Opskrivningen er foretaget til at omfatte 29 kryds. Opskrivningen fra de 5 kryds sker ved en lineær fremskrivning på grundlag af antallet af tilfarter (strækninger mellem to kryds), hvor der sker en optimering, og ved en korrektion på grundlag af det trafikarbejde, der udføres pr. km i de to områder.

Det har været overvejet, om der skulle korrigeres for, at krydsafstandene på det beregnede vejnet er anderledes end for vejnettet, der opskrives til. Ud fra traditionelle betragtninger skal krydsafstanden helst være et multiplum af den dimensi-

onsgivende hastighed og omløbstiden eller den halve omløbstid for at kunne lave en god samordning. Der er ved beregningerne anvendt en omløbstid på 110 sek., og denne omløbstid er ud fra ovennævnte ikke mere hensigtsmæssig for modelvejnettet, end for det samlede betragtede vejnet.

På dette grundlag må der for det betragtede vejnet forventes følgende besparelser:

Ventetid:	212.000 PET
Stop:	70 mio.
Brændstofforbrug:	1.268.000 l

Der er heri korrigeret til 75% af de faktiske opskrevne værdier. Korrektionen er et udtryk for en forventet virkningsgrad. Dels vil forbedringer ikke fuldt ud kunne opnås, idet de forudsatte signalskift vil give forstyrrelser af trafikafviklingen, og dels vil en ny signalindstilling, der er beregnet til kun at give en mindre forbedring, ikke blive gennemført.

De manuelle tællinger viste, at 20% af de registrerede biler var vare- og lastbiler over 2 t, samt at der var 1.126 køretøj for hver PE. Med anvendelse af de trafikøkonomiske enhedspriser for 1997 giver dette en samlet årlig besparelse på i alt 16,6 mio. kroner, alene for reduktion af ventetid.

Der er ikke i tabellen over enhedspriser anført prisen for diesel, men kun for benzin på 2,7 kr./l ekskl. afgifter. I 1990 var prisen for benzin og diesel hhv. 2,01 og 1,91 kr./l, og der er formentligt ikke sket forholdsvise ændringer af omkostningerne siden, hvilket vil give en dieselpriis i 1997 på 2,56 kr./l. Med den forsigtige forudsætning, at der bruges lige meget benzin og diesel, kan der anvendes en enhedspris på brændstoffet på 2,63 kr./l. Der kan således opnås en årlig brændstofbesparelse på 3,3 mio. kr.

Besparelse i ventetid og brændstof bliver således 19,9 mio. kr./år. Desuden vil besparelsen i brændstof give en miljømæssig gevinst, som ikke er forsøgt værdisat.

## Uheld

I 20 af de 29 kryds er der i en 2 årsperiode registreret 62 uheld pr. år, hvoraf de 16 er bagendekollisioner og de 39 er vigepligtsrelaterede. Ved at anvende et styresystem, hvor antallet af stop reduceres, må det forventes, at de uheldstyper, der kan relateres til stopsituationer, blive reduceret. Skønnes en reduktion på 5% svarende til 3 uheld pr. år kan der yderligere opnås en årlig besparelse på 5,1 mio. kr. Det skal anføres, at denne sidste besparelse er vanskelig at eftervise på det kendte grundlag, men det vurderes, at en besparelse ved reduktion af antallet af uheld må være meget sandsynlig.

## Konklusion

Der er foretaget et forsigtigt skøn af de investeringer, der skal foretages for at opnå denne besparelse, og systemet vurderes med sikkerhed at kunne etableres for under 12 mio. kr. Det er vel næppe for meget sagt, at en investering i et adaptivt styresystem derfor er en optimal trafikal investering.