

# Datadrevet trafikstyring og drift af trafiksignalanlæg

Vejdirektoratet har siden december 2019 afprøvet en ny type trafikstyring i et trafiksignalanlæg ved Bredstenvej/Skibetvej vest for Vejle. Styringsens algoritme optimerer med henblik på at reducere den samlede ventetid. Denne artikel giver et indblik i virkemåden af styringen, opsætning af systemet samt perspektiver for anvendelsesmulighederne. Et væsentligt element her er at udnytte trafikdata til den løbende drift ved hurtigt at kunne fejlsøge, ændre styring og evaluere effekten.



**AF JAKOB HAAHR  
TAANKVIST**  
Teknisk Direktør  
Advanced Traffic  
Systems  
jht@at-systems.dk



**AF RUNE LYSTER**  
Chefkonsulent  
Vejdirektoratet  
ruly@vd.dk

## En ny type trafikstyring

Trafikstyring i trafiksignalanlæg har grundlæggende ikke ændret sig gennem tiden. Det baserer sig på overholdelse af nogle intervalltider, der fastholder grønt for den indkoblede signalgruppe. Når den maksimale grøntid er nået, skiftes til næste fase i omløbet, såfremt denne er anmeldt. Der tages ikke i denne styring højde for, hvor mange ventende køretøjer der holder i de konfliktende retninger. Ulempen er, at grønt kan fastholdes ved selv ret spredt ankomst til krydset, hvilket giver nedsat udnyttelse af grøntiden, hvilket især er en myldretidsproblematik.

Styringsalgoritmen AT-Flow arbejder som noget nyt med at reducere den samlede ventetid i krydset ud fra alle ankommende køretøjer. Styringen arbejder med frit fasevalg, idet anmeldte faser kan overspringes, selvom de er anmeldt. Hvis fx kun ét køretøj er anmeldt, tages der højde for, at det i tid er meget "dyrt" at indkoble fasen. Derfor tilgodeses belastede trafikstrømme som udgangspunkt over svage trafikstrømme. Algoritmen opererer ikke med en fast maksimal grøntid og omløbstid, men der kan fastsættes randværdibetingelser for at styre ventetiden, så den ikke bliver urimelig lang. Se faktaboks.

## Opsætning og installation

Systemet består af henholdsvis en computerboks med den optimerende styringsalgoritme, der installeres lokalt i styreapparatet. Denne er opkoblet til en backend - TrafficBoard, der overvåger krydset, giver statistikker til planlægning og muliggør konfiguration af parametre. Boksen modtager som input al detektordata samt signalstatus på grupperne (rød/gul/grøn) og giver som output styringskommandoer på faseskift til styreapparatet. Se faktaboks 2. For anlægget ved Skibetvej kommunikeres signalstatus og styrekommandoer via IO kontakter (on/off). Dette er en teknisk simpel grænseflade, der dog kræver en fysisk forbindelse med særskilt IO for hver signalgruppe, samt fire styk IO-kontakter til styringskommandoerne, som kombineret kan aktivere 16 forskellige faser. Kommunikationen kan dog også foregå via en åben kommunikationsprotokol, hvis dette understøttes af styreapparatet.

Systemet overtager efter opsætning styringen via kommandoer om faseskift, mens de nødvendige sikkerheds- og kontrolfunktioner bibeholdes i styreapparatet. Ved Skibetvej er dette udvidet til, at styreapparatet også håndterer grøntidsnedlukning

## Fakta

- Algoritmen internt i AT-Flow benytter Reinforcement Learning, som er en metode fra Kunstig Intelligens, som blandt andet også blev benyttet, da Googles AlphaGo slog verdens bedste Go spiller.
- Algoritmen udforsker et træ af muligheder, hver gang algoritmen har en mulighed for et valg mellem to faser, deler træet sig, og algoritmen har således flere muligheder at udforske.
- Randbetingelser som minimums grøntider, maksimale ventetider, busprioriteringer og så videre giver begrænsninger i udfoldelsen af træet. Algoritmen undlader blot at udforske dele af træet, som ikke er tilladte, og beregner således den optimale strategi under de begrænsninger, randbetingelserne underlægger den.



Figur 1: Overblikket i TrafficBoard for Bredstenvej/Skibetvej. Via et ortofoto kan de forskellige køretøjer i krydset observeres i realtid. Systemet viser under dette live signalgruppeafvikling. Til højre nederst ses prioriteringen. I dette tilfælde er B-retningen vægtes 50 % højere end de andre retninger.

i tredje forlængelsesperiode (O-funktionen i LHOVRA) for at garantere sikkerheden.

Algoritmen kan behandle alle typer tilgængelige detektordata, men arbejder bedst med rådata fra objekttrackende radarer, der mange gange i sekundet giver information om position, retning, hastighed og type på køretøjer mod krydset. Data fra radarer spejles, så den eksisterende detektorinstallation ikke påvirkes. Ved indkøring anvendes data fra radarerne til selv at indstille, hvor vejbaner og stier ligger i forhold til radarens placering og vinkel.

Styringen kræver et særskilt program med alle faser defineret uden begrænsning af maksimal grøntid på signalgrupperne. I programmet og i boksen defineres desuden forbudte faseskift, så der fx aldrig kan anmodes om før-grønt for venstresvingende. Aktiveringen af systemet sker herved med et simpelt programskift. Mistes kommunikationen, eller anmodes der fejlagtigt om en forbudt fase, define-

res fall-back funktioner, så styreapparatet igen overtager styringen.

For at sikre en korrekt installation inden idriftsætning er det afgørende at gennemgå en test af programmet i en fysisk opstilling med styreboks og et identisk styreapparat. Her testes, at alle styringskommandoer, faseovergange og fall-back funktioner fungerer. Denne test gentages i det konkrete kryds i samspil med det tilknyttede detektorudstyr. I forbindelse med den test og idriftsætning bør der altid være en signalfaglig person, der deltagere fra vejmyndigheden.

### Fleksibel styring med lokal tilpasning

Så længe systemet har overblik over al ankomende trafik, fordeles grøntiden, så der opnås samlet set minimal ventetid i det enkelte kryds. Der er således ikke på samme vis brug for trafiktekniske opfølgninger eller særlige manuelle tilpasninger af signalsætningen over tid, selvom tra-

fikken stiger, eller der kortvarigt er ændret trafikbelastning i forbindelse med fx vejarbejder, hændelser eller events.

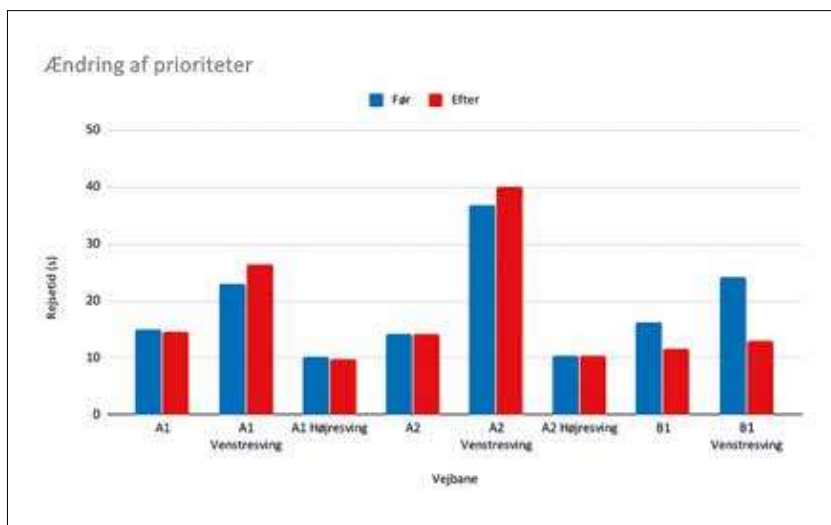
For at sikre en lokal tilpasning er det muligt at give forskellige prioritetsvægtninger opdelt på svingretning og køretøjskategori. En lastbil kan fx i tidsforbrug vægtes som fem personbiler, hvilket indirekte påvirker grøntidsfordelingen. Prioriteringen kan styres via en kalender, så de kun gælder på bestemte dage og tidsrum. På baggrund af politiske prioriteringer, lokalkendskab og borgerhenvendelser med videre, kan vejbestyrelsen via TrafficBoard selv tilpasse trafikstyringen - se figur 1.

### Anvendelse af data til bedre drift

Udover at håndtere trafikstyringen, logges signalsætningen og detektorinput en gang pr. sekund i en historisk database. Med radar logges samtlige objekters position. Dette skaber et præcist billede af trafikken, som kan anvendes til trafikætl- »

**Princippet for styringen:**

1. AT-Flow behandler signal- og detektorinput, og der skabes et virtuelt billede af placering og hastighed for alle trafikanter.
2. Køretøjerne inddeles i baner og typer, og der tildeles vægtninger baseret på vejmyndighedens valg.
3. AT-Flow anvender maskinlæring til at gennemgå 1-3000 kombinationer med frit fasevalg 20-25 sekunder frem og beregner 1/sekund den samlede vægtede rejsetid for hver kombination.
4. Der træffes hvert sekund beslutning om fastholdelse eller skift af fase, som eksekveres af styreapparatet.



Figur 2: Ændring af gennemsnitlige rejsetider i krydset ved skibet før og efter prioritetsændringen. Det ses at B1-retningen har fået kortere rejsetid på bekostning af de separatregulerede venstresving, mens hovedstrømmen i A-retningen er uændret.

ling, måling af antal stop, kølængde med mere, opgjort for alle tilfartsspor i krydset. Disse data åbner mulighed for meget detaljerede analyser, der kan anvendes til at måle kvaliteten af trafikafviklingen på et givent tidspunkt eller historisk over tid. Fx hvordan kølængden af en bestemt retning varierer, eller hvor meget grøntid der tildeles en signalgruppe i myldretiden.

Muligheden for i langt højere grad at bruge trafikdata til at analysere problemets karakter og omfang kombineret med muligheden for at justere styringen giver en langt mere fleksibel tilgang til især den trafiktekniske drift. Her kan data anvendes til at reducere eller helt erstatte behovet for manuelle stikprøveobservationer i krydset for at fastslå afviklingsproblemer, mens justering af prioriteringen giver mulighed for at afprøve effekten i anlægget med det samme.

I det konkrete kryds ved Skibetvej modtog Vejdirektoratet efter idriftsætning borgerhenvendelser om øget ventetid i sideretningen om morgenen. Problemet kunne her konstateres ved at følge trafikafviklingen i realtid på ortofotoet samt ved at analysere rejsetiderne i krydset. Da problemet var analyseret, blev det besluttet at hæve prioriteten for sideretningen, så køen kunne reduceres. Dette kunne ef-

terfølgende dokumenteres via de opsamlede data - se figur 2.

**Resultater og erfaringer**

Den nye styring er testet i sammenligning med traditionel trafikstyring. Begge styringer anvendte grøn hvilestilling i hovedretningen (præference). Krydset vest for Vejle blev valgt, da det var et nyt anlæg med radardetektering og derfor var vurderet som værende i optimal trafikteknisk stand.

En uvildig evaluering, beskrevet andetsteds i dette nummer af bladet, viser en samlet reduktion af ventetiden gennem krydset på 10-20 %. Der er også registreret reduktion i antallet af stop. Generelt eftervises det, at de store ligeudgående trafikstrømme opprioriteres, og de mindre svingstrømme nedprioriteres. Vejdirektoratet tester i efteråret 2020 systemet i et meget belastet rampeanlæg baseret på induktive spoler. Erfaringen fra denne opsætning viser dog, at rene spolebaserede anlæg kræver for meget konfiguration i forhold til radarbaserede anlæg.

Desuden skal man være opmærksom på visse ting ved implementering af algoritmen. Det skal accepteres, at styringen fungerer adaptivt. Det vil sige, at signal-

givningen ikke kan kontrolleres op mod bestemte grøntider eller omløbstider i en signalgruppeplan. Det skal man være opmærksom på ved trafikteknisk opfølgning på anlægget. Den frie fasestyring bør overvejes begrænset i områder med mange bløde trafikanter, da de lettere overraskes af fasespring og uforvarende kan komme til at køre ind i krydset for rødt. Problematikken kendes fra al-rød-vendinger, men effekten er endnu ikke undersøgt i praksis. Endelig kan algoritmen i sagens natur kun behandle data, der registreres. Vokser kølængden ud over radarernes synsfelt, vil algoritmen ikke arbejde retvisende. Her kan radardækningen udvides, eller prioriteringen opjusteres, så kølængden reduceres. Ved Skibetvej er udsynet til fx sidevejene nedsat som følge af kurvede tilfarter, hvorfor det også var et argument for at øge prioriteringen.

Styringsalgoritmen arbejder udelukkende ved optimering af enkeltstående kryds. Ved samordnede anlæg har simuleringer vist gode resultater for rejsetiden sammenlignet med traditionel samordning, men dette er ikke eftervist i marken. Resultatet vil afhænge af, hvilke muligheder der har været for at etablere en god fast samordning, og hvor tæt på kapacitetsgrænsen trafikken er. ●