



Foto: Carsten Broder Hansen

# Genvejen til friske blomster

*Udvikling af logistik-software til planlægning af optimale fragtruter er en forskningsmæssig udfordring – især hvis der også skal tages hensyn til, at varerne kan pakkes om undervejs. For transportvirksomhederne kan forbedrede logistikværktøjer betyde store gevinster i form af sparet tid og brændstof.*

Af Carsten Broder Hansen

■ Røde, blå, gule og et utal af mere ubestemmelige farver fylder den enorme lagerhal hos transportvirksomheden Alex Andersen Ølund A/S. Blomster i tusindvis står tætpakket i containervogne og i mobile reolsy-

stemer, og nu venter lagerarbejderne på lastbilernes ankomst. Moderne transportvirksomheder benytter sig af komplicerede beslutningsprocesser for hurtigst muligt at kunne få friske varer med kort holdbarhed frem til

forbrugeren. Hos Alex Andersen er produktet planter og blomster, og virksomhedens logistiske hovedudfordring er at finde ud af, hvornår det med en transport fra A til B kan betale sig at sende vognen via en ompak-

ningsterminal, og hvornår den direkte rute er optimal. Det er et enormt puslespil at bringe blomster fra gartnerier til vindueskarme eller brudebuketter, og processen kræver erfarne transportplanlæggere (disponenter),

← Alex Andersen Ølund AIS har omkring en million containereksler om året med blomster, samt et tilsvarende antal kørsler for at få de tomme containere rundt mellem grossister, gartnerier og terminaler. Få % sparet tid på hver transport kan betyde millioner af kroner på bundlinjen.

# Optimalitet og heuristikker

Den gren af den anvendte matematik, der ofte anvendes til at løse planlægningsproblemer kaldes operationsanalyse. Når man vil løse store planlægningsproblemer, som f.eks. rutelægningsproblemer, findes der grundlæggende to måder. Man kan enten forsøge at finde den "perfekte" (optimale) løsning, eller man kan nøjes med en "meget god" løsning. Når man har fundet den optimale løsning til et problem, kan man bevise matematisk, at der ikke findes en bedre løsning, f.eks. en billigere måde at besøge alle kunder på. I praksis kan det kun lade sig gøre at finde en perfekt løsning for relativt små problemer. For et simpelt rutelægningsproblem ligger grænsen typisk omkring 100 kunder, hvor beregningerne kan tage dagevis på en meget hurtig computer.

Hvis man ikke behøver en optimal løsning, kan man f.eks. bruge en såkaldt heuristik til at finde en løsning, der er nær-optimal. En heuristik fungerer ofte ved, at man først konstruerer en gyldig løsning til problemet, f.eks. en ruteplan, der besøger alle

kunder, men måske ikke er den billigste. Derefter foretager man gradvise forbedringer af denne løsning. Forbedringerne sker typisk ved at lave nogle "tilfældige" småændringer af løsningen, og derefter undersøge om den nye løsning er bedre end den gamle. Eftersom man laver tilfældige ændringer, kan man sagtens få en ny løsning der er dårligere end den oprindelige. Den kan man så kassere, og prøve noget andet tilfældigt i stedet for. Et menneske, der skal planlægge, kan ofte hurtigt se om en løsning er værre eller bedre. Det kan computeren ikke, den er nødt til at lave tilfældige ændringer, men til gengæld kan den regne igennem mange muligheder på kort tid, og derfor ofte finde løsninger, der er bedre end dem et menneske kunne finde.

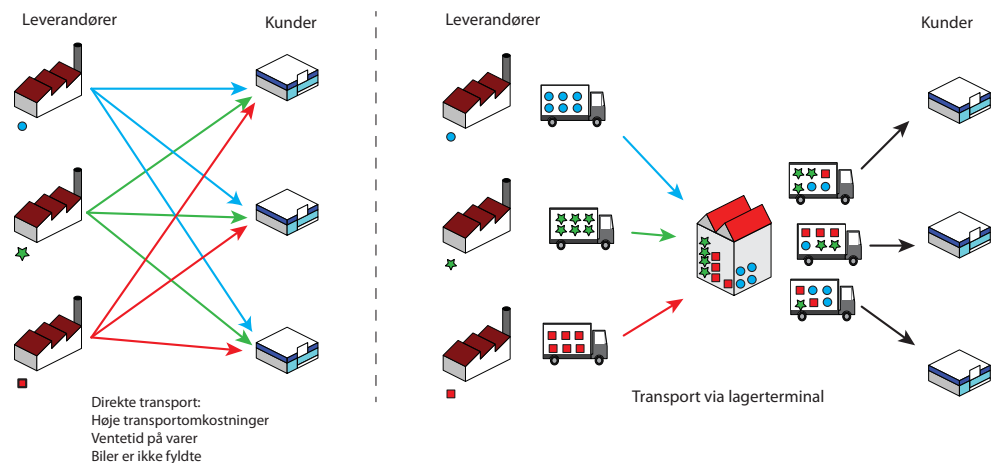
Hvis man har lavet en million små, gradvise ændringer (iterationer) af en løsning, er man tit kommet frem til et ret godt resultat. De løsninger, der kan konstrueres ved at lave sådanne små ændringer, siges at ligge i den oprindelige løsnings "nabolag".

lagerfolk og chauffører. Transportbranchen kan i dag følge hver enkelt palle og hver eneste lastbil tæt, og med den kommercielt tilgængelige ruteplanlægningssoftware, kan virksomhedens planlæggere beregne de korteste opsamlingsruter og korteste udbringningsruter. Indtil nu har hverken forskere eller erhvervsliv dog beskæftiget sig med hvordan den komplekse procedure med ompakning og udbringning via ompaknings-terminal kan forbedres. DTU Transport har imidlertid udviklet et nyt digitalt logistikværktøj, der direkte fortæller disponenten, hvornår den ene løsning er bedre end den anden.

## En ny algoritme

Det er forskerne Hanne Petersen og Stefan Røpke fra Transportoptimering og trafikteknikkgruppen på DTU Transport, som udvikler værktøjet med støtte fra Forsknings- og Innovationsstyrelsen. Hanne Petersen forklarer: »Da mange større vognmandsfirmar benytter sig af ompakningsterminaler, er der

## Transportvirksomhedens udfordringer



Figuren viser et forenklet eksempel på transportvirksomhedens problemstillinger. Hos tre forskellige producenter (eksempelvis gartnerier) skal vognmands-firmaet hente varer, og hver producent fremstiller en særlig variant af produktet (eksempelvis blomster eller planter). Der er desuden tre forskellige kunder, som hver skal have skal have udbragt lidt af hver produkt-

variant. Direkte transport fra producent til kunde (venstre del af figuren) betyder høje transportomkostninger, ventetid på varer og desuden er lastbilerne ikke fyldte. Sådanne kombinationer med flere producenter, flere produktvarianter og flere kunder kan optimeres ved hurtigompakning i lagerterminal. En lagerterminal minder om et almindeligt lager, men varer, der ankommer til en

lagerterminal, skal forlade terminalen samme dag (intet langtids-lager). Derfor er lageromkostninger mindre sammenlignet med et traditionelt lager, og transporten er billigere sammenlignet med direkte levering. En lagerterminal er til gengæld vanskeligere at styre end almindelige lagre. Det kræver flere beregninger og mere koordinering at optimere brug af hurtiglager.



Foto: Carsten Broder Hansen

Transport af varer med kort holdbarhed kan med fordel foregå via hurtig ompakning i lagerterminal. Et nyt logistikværktøj udviklet af DTU Transport kan fortælle planlæggerne, hvilke containere det kan betale sig at sende via lagerterminalen og hvilke vognmanden bør udbringe direkte til kunden.

et enormt potentiale for besparelser i den samlede transportmængde. Vores logistikværktøj kan, ud over at angive den hurtigste samlede rute for enhver leverance, desuden vise hvilke containere det kan betale sig at sende via terminalen og hvilke vognmanden bør udbringe direkte.«

Evnen til at regne på interaktionen mellem afhentning og levering ved brug af lagerterminal er et af værktøjets helt særlige egenskaber, som slet ikke kan løses med eksisterende software. Stefan Røpke supple-

rer: »Det er en kombination af en særlig algoritme, som vi har udviklet, samarbejdet med virksomheder, større computerkraft og endelig de seneste års udvikling inden for ruteplanlægningsalgoritmer, der har gjort os i stand til at komme frem med denne logistikprototype, der oven i købet giver godt overblik over den producerede plan.«

#### Direkte eller via terminal?

En lastbil, der forlader et gartneri med blot et lille parti blomster, bør selvfølgelig ideelt set fyldes helt op, inden den fort-

sætter. Hvis en slutkunde imidlertid kun har bestilt en 2/3 fyldt sending skal det besluttes, om en anden slutkunde i samme region kan besøges med den sidste tredjedel, så flere kunder kan besøges på samme kørsel. Gartnerierne produktion skal afhentes og holdes op mod kundernes bestillinger, kundernes beliggenhed, antallet af lastbiler og ruterne til lagercentralerne. Samtidig skal hver sending lastes optimalt i forhold til rute.

Hvis virksomheden opererer med en mulighed for ompak-

ning på en central lagerterminal opnår man større fleksibilitet i planlægningen, og man kan forbedre tid og transportlængde. Med ompakning kan det ofte lade sig gøre at betjene de samme ordrer med færre lastbiler. Med planlægningssoftware kan man i dag beregne den samlede korteste rute for samtlige biler, og tilsvarende beregne hvordan udbringningen bedst løses med et givet antal kunder og blomstercontainere i forhold til lastbilernes antal, kapacitet og kørselsrute.

Kompleksiteten med mange ekstra variable øges imidlertid hurtigt, og antallet af leverandører, lagerterminaler, blomstersendinger, lastbiler og slutkunder kan nemt nå over det niveau, hvor disponentens beregninger er præcise. Der er derfor behov for planlægningsværktøjer, der til enhver tid både automatisk angiver den anbefalede rute, og det er netop prototypen på et sådant værktøj som DTU's forskere har udviklet (se boksen: "large neighbourhood search").

#### Data i kilometervis

Det nye digitale værktøj er ikke tidligere set i branchen og kan i princippet anvendes i alle transportvirksomheder, der arbejder med ompakning på lagerhaller. Om produktet er blomster eller stykgods er næsten underordnet, da besparelsen i tid og kilometer har samme vigtighed for alle

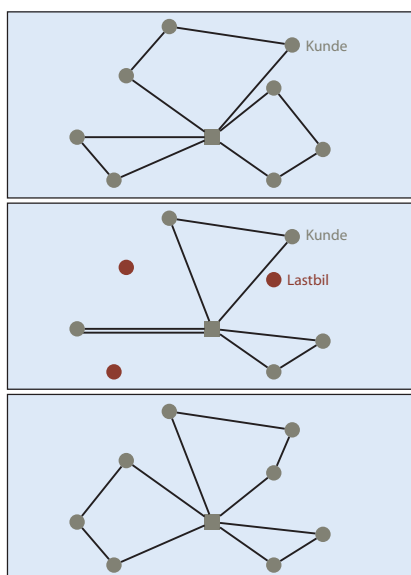
#### "Large neighbourhood search"

Mange løsningsheuristikker er baseret på at konstruere nabolagsløsninger ved at lave små justeringer af en eksisterende løsning. I dette projekt har vi anvendt en metode kaldet large neighbourhood search (stornabolagsøgning), som bruger lidt større ændringer i hver iteration.

Large neighbourhood search går ud på, at man fjerner op til 30-40 % af de planlagte aktiviteter, og derefter indsætter dem i løsningen igen, én ad gangen. Figuren viser et lille eksempel på, hvordan LNS fungerer på et simpelt udbringningsproblem, hvor otte kunder skal have leveret varer af tre biler, og hver bil højst kan besøge tre kunder.

Øverst ses en mulig løsning, i midten er tre aktiviteter/besøg fjernet fra løsningen, og nederst er de indsæt igen – enten på et nyt sted, eller på det samme sted de var fra starten.

Det viste eksempel er meget lille, og derfor overskueligt, og man kan se, at der nok ikke findes nogen løsninger, hvor alle kunder besøges, men den samlede kørte afstand er kortere end i den nederste løsning. Når problemet bliver større, stiger antallet af mulige løsninger voldsomt.





transportfirmaer. Alex Andersen Ølund A/S har stillet data til rådighed for udviklingsprojektet gennem innovationskonsortiet "I-GTS – Intelligente Gods-TransportSystemer" der, ud over DTU Transport, også har deltagelse af Teknologisk Institut, DI Transport, flere vognmænd og et softwarefirma. Alex Andersen Ølund A/S har så godt styr på deres data, at de kunne overbringe et helt datasæt bestående af alle leverancer til hjemmemarkedet for en hel uge til forskerne. Det var i alt omkring 6.000 sendinger, hvilket kom til at udgøre det grundlæggende materiale, der ligger bag udviklingen af det nye logistikværktøj. Det fortsatte samarbejde mellem forskere og vognmænd sikrer, at nye input og nye forudsætninger indarbejdes, så værktøjet kan tilpasses til transportvirksomhedernes behov.

#### Tid er penge

Et datasæt fra en transportvirksomhed som Alex Andersen indeholder normalt et afhentningssted, et leveringssted samt et "leveringsvindue", som er det tidsinterval, hvor sendingen forventes at ankomme til destinationen. Desuden har datasættet oplysning om sendingens emballering, altså om blom-

sterne er lastet på paller eller står i containere. Datasættene bliver suppleret med virksomhedens oplysninger om, hvor mange biler der i alt har kørt i perioden, og hvilken rute bilerne har kørt. Man kan ligeledes se, om disponenterne på de enkelte sendinger har valgt at sende bilen via en terminal eller ej. På en typisk dag indløber ordrerne omkring kl. 13 og så planlægges det derfra, hvilke biler der kører til terminalerne samme nat, og hvilke biler der skal af sted tidligt næste morgen fra terminalerne.

Alex Andersen Ølund A/S har omkring en million containerkørsler om året med blomster, samt et tilsvarende antal

kørsler for at få de tomme containere rundt mellem grossister, gartnerier og terminaler. En disponent har typisk omkring 16 faste lastbiler om dagen at holde styr på, men i højsæsonen er det minimum 60 biler, der skal jongleres med. For transportvirksomhedernes synspunkt er det den potentielle tidsreduktion, der er det nye logistikværktøjs helt store gevinst. Hvis den udviklede algoritme tages i brug i praksis forventes en potentiel reduktion på 10 % af transportens samlede tidsforbrug, men selv et mere forsigtigt skøn vil betyde millioner af kroners besparelser og markante miljøgevinster. ■

## Om projektet

Projektet med udviklingen af det nye logistikværktøj er en del af innovationskonsortiet "I-GTS – Intelligente GodsTransportSystemer" som er støttet af Forsknings- og Innovationsstyrelsen. Konsortiet kobler offentlige intelligente trafiksystemer sammen med teknologien i transportmidler og udstyr, samt virksomhedernes IT-løsninger. Formålet er at udvikle IT-Transportteknologiske demonstrationsprogrammer, der efterfølgende søges udbredt i den samlede transportsektor. Ud over DTU Transport er Teknologisk Institut, DI Transport, Københavns Kommune, de tre vognmandsfirmar Henrik Tofteng, Alex Andersen-Ølund og Tvis Vognmandsforretning, lastbilproducenten Scania Danmark og softwarefirmaet Moving World Technologies med i konsortiet.

#### Om forfatteren:



Carsten Broder Hansen er kommunikationskonsulent og fotograf ved DTU Transport  
Tlf: 22 14 74 28  
chan@transport.dtu.dk

#### Kontakt til forskerne:

Forsker Hanne Petersen  
hlp@transport.dtu.dk

Lektor Stephan Røpke  
sr@transport.dtu.dk

## Strid om fuglens indre kompas

Forskere har længe været enige om, at fugle er i stand til at navigere efter jordens magnetfelt, hvilket giver dem en imponerende evne til at finde vej. Dermed er det klart, at fuglene må indeholde en form for indre kompasnål, der er i forbindelse med deres nervesystem. I 2003 rapporterede Gerta Fleissner og kolleger fra Zoologisches Institut ved J. W. Goethe-Universität, Tyskland, at de havde lokaliseret strukturer på 6 distinkte lokaliteter i duers øverste næb, der indeholdt små kugler og flager af de magnetiske mineraler magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) og maghemit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Selvom forskerne ikke kunne præsentere et direkte bevis for, at dette var de primære magnetiske sensorer, så er det siden generelt blevet antaget. Senere forskning har nemlig bl.a. vist, at hvis man afbrød den eneste nerve, der løber ud i det øverste fuglenæb, mister duer opdrænet til at fornemme et stærkt magnetfelt denne evne.

I et ny afhandling i *Nature* stiller Christoph Treiber fra Institute of Molecular Pathology i Wien og kolleger imidlertid et stort spørgsmålstegn ved denne antagelse. I deres artikel rapporterer forskerne, at de pågældende magnetiske jernmineraler, som Fleissner og kolleger har beskrevet, faktisk er lokaliseret indeni såkaldte makrofager – en form for immuncelle, der ikke har kontakt med nervesystemet. Så mysteriet om fuglens indre kompasnål er således langt fra endelig opklaret.



Sidder fuglens indre kompas i deres næb?

Foto: Colourbox

I en kommentar i *Nature* skriver Henrik Mouritsen fra Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg, at de nye resultater ikke udelukker, at fuglens magnetsensorer faktisk befinder sig i næbbet. Der skal muligvis kun ganske få krystaller af magnetit til for at et sådant system vil kunne virke, og disse vil være lette at overse med de metoder, som forskerne bruger.

CRK, Kilder: *Nature* 484, 367-370 + 320-321.