

Operational research.

En videnskabelig metode til at træffe uvidenskabelige afgørelser.

Af Hans Hansen.*)

OR-begrebets fremkomst.

Begrebet operational research — OR — opstod inden for den militære forskning i England i årene umiddelbart før sidste verdenskrig. Så vidt vides, anvendtes formuleringen OR første gang i forbindelse med udviklingen af radar. Under krigen dukkede begrebet op inden for flere og flere militære områder i England og USA. Gennem OR søges tilvejebragt et passende materiale som basis for en afgørelse eller beslutning. Det siger sig selv, at enhver metode, der kunne bidrage til, at militære afgørelser kunne træffes med større sikkerhed, måtte blive hilst velkommen.

Med henblik på den efterfølgende karakteristik af OR kan det måske være fordelagtigt at anføre den betragtning, at enhver afgørelse gav sit lille bidrag til sandsynligheden for, hvordan udfaldet af krigen ville blive. Den enkelte afgørelse måtte baseres på en objektiv og kvantitativ analyse af det betragtede problem set i relation til det mål, man arbejdede for (at vinde krigen) og med de begrænsninger, der opstod ved den tid, der var til rådighed, og de forhåndenværende muligheder.

Grundelementet i OR var derfor anvendelsen af videnskabelige undersøgelsesmetoder på de betragtede problemer, men ganske automatisk måtte man samtidig komme frem til betragtninger vedrørende løsningernes udførelse i praksis. OR kom derved til at omfatte den forberedende analyse, på hvilken afgørelsen skulle træffes, samt kontrol med den korrekte tydning af de foreslåede metoder. Det sidste er

*) Cand. polyt., handelsministeriets produktivitetsudvalg.

ikke mindst vigtigt, thi eftersom de videnskabelige metoder, der bringes i anvendelse, kan komme fra en hvilken som helst videnskabelig disciplin, og de undersøgte problemer derfor betragtes under synsvinkler, hvorunder det i hvert fald ikke er normalt at betragte dem, må der være rig anledning til misforståelser ved fortolkningen.

OR's opblomstring under krigen kan derfor føres tilbage til, hvor tvingende nødvendigt det var at kunne anvende den videnskabelige tænkings metoder til at skaffe sig overblik over komplicerede og dynamiske problemer. Som typiske eksempler på militære problemer, der blev løst ved anvendelsen af OR, kan nævnes:

Militære OR-eksempler.

- 1) På et vist tidspunkt under søkrigen mod Japan skønnede man i USA, at man for hvert japansk skib, der blev beskadiget ved u-bådsangreb eller minesprængning, gennemsnitlig kunne regne med en beskadigelse svarende til 10 % af, hvad der ville føre til kassation af skibet. En analyse, baseret på en matematisk-statistisk metode, der tidligere var udviklet i forbindelse med økonomiske foreteelser, viste, at en forholdsvis ringe forøgelse i antallet af beskadigede skibe med samme gennemsnitlige beskadigelsesgrad ville svare til et gennemsnit af 40 % total ødelæggelse pr. skib i kraft af den resulterende overbelastning på japanske skibsværfter og den kødannelse, der derved ville fremkomme. Dette opsigtsvækkende resultat gav stødet til, at undersøgelsen blev ført endnu videre, således at man ved benyttelse af de samme metoder beregnede, hvorledes man skulle intensivere u-bådsangreb og mineudlægning for at opnå en så stærk overbelastning af værfterne, at hvert beskadiget japansk skib var så godt som tabt for japanerne.
- 2) Ved eftersøgning af u-både pr. fly stod man i de enkelte tilfælde over for opgaven, hvorledes — d.v.s. efter hvilket rutemønster — eftersøgningen over et givet areal burde foretages, såfremt der kun var et vist antal maskiner til rådighed, og såfremt der var større sandsynlighed for at finde u-både i en vis del af området end i en anden. Problemet løstes rent generelt ad statistisk vej.

OR's anvendelse under krigen blev åbenbart en succes, og man arbejder stadig videre med metoden på de militære områder. Der kan for eksempel nævnes to så vidt forskellige emner som negersoldaternes tilpasning i hæren og vurdering af systemer for sammensætning af våbenarter under forskellige taktiske og strategiske forhold.

Grundelementet i OR.

OR's succes under krigen viste klart, at OR også med fordel måtte kunne finde anvendelse også på industrielle og samfundsmæssige problemer. Efterhånden som man har anvendt OR til at videreudvikle undersøgelsesmetoderne inden for flere og flere forskelligartede områder, er der blevet fremsat en række højst varierende synspunkter med hensyn til de karakteristiske træk, der knytter sig til begrebet. Det væsentlige er dog stadig, at OR betegner forsøg på at træffe en afgørelse på basis af en objektiv og kvantitativ analyse af det betragtede problem. Det grundlag, hvorpå den objektive og kvantitative analyse bygger, kan stamme fra en hvilken som helst disciplin, såsom økonomi, statistik, sociologi, fysik, matematik o.s.v., idet der dog er en særlig forkærlighed for at drage fordel af de såkaldte grundvidenskaber, såsom matematik, statistik, fysik o.s.v. Man kan derfor også udtrykke det karakteristiske ved OR således, at man ved OR søger at drage fordel af den kendsgerning, at problemer inden for vidt forskellige områder kan have visse fælles karaktertræk, samt at man altid får en dybere forståelse af et problem ved at betragte det under forskellige — ofte paradoksalt forskellige — synsvinkler. OR-begrebet får derved en lille drejning mod det semantiske, idet undersøgelsesformen virker som et incitament til sammenligning af definitioner og begrebsapparat inden for de forskellige discipliner.

Team work.

Den teknik, der anvendes inden for de individuelle, mere eller mindre videnskabelige discipliner er ofte kompleks. At blive fortrolig med den kan kræve årelang træning. Herved fremtræder et andet kendetegn ved OR, nemlig at en virkelig OR-undersøgelse bør baseres på en gruppe specialister, vel at mærke specialister med forskellig baggrund — hentet fra forskellige discipliner. Fordelen ved dannelsen af en sådan gruppe er ikke blot, at det betragtede problem bliver belyst fra lige så mange sider, som der er specialister, men at den enkelte specialist ved vekselvirkningen med gruppen som helhed ser problemet i et større perspektiv. Hvorledes gruppen skal sammensættes, må rette sig efter de betragtninger, man gør sig om problemets eller problemernes natur. Det ideelle ville derfor være, at der blev repræsenteret netop de discipliner, som må forventes at have indsigt i det karakteristiske ved det betragtede problem, men heroverfor kommer den erfaring, at en forholdsvis lille gruppe arbejder mest effektivt. Imidlertid er det meget sædvanligt, at det karakteristiske ved et eller andet

problem først kommer frem under undersøgelsen. Det kan derfor anses som et principielt træk ved OR, at man med hensyn til OR-gruppens sammensætning søger tilvejebragt en vis fleksibilitet.

OR ophører ikke med den trufne afgørelse.

Som tidligere omtalt optræder der imidlertid et fortolkningsspørgsmål, idet de enkelte discipliner ofte har hvert sit »sprog«. OR kan derfor også betragtes som et forsøg på at koordinere de benyttede discipliner og lade erfaringerne gå op i en større helhed. Fortolkningsspørgsmålet i forbindelse med den kendsgerning, at OR-analysen i reglen ikke fører til eentydige løsninger, men til sandsynligheder, medfører, at OR også kommer til at omfatte kontrol med forslagernes udførelse i praksis. Dette bevirker, at man ved OR søger at få så nært samarbejde som muligt mellem alle de implicerede, idet man har opmærksomheden henledt på, at resultater og anvisninger, der måtte synes logiske for OR-gruppen, let kan blive overset eller kan kræve særlig fortolkning.

Tilknytningen til den besluttende instans.

Dette sidste fører til endnu et principielt træk ved OR, nemlig at OR-gruppen skal arbejde i så nær kontakt som muligt med den autoritet, som det i sidste instans påhviler at træffe afgørelsen, det være sig virksomhedsledelsen, regeringen, staben o.s.v. Dette har en række fordele. Således har OR-gruppen herved bedst mulighed for at danne sig et direkte billede af kriterierne og målsætningen, der skal følges ved problemets løsning. Fortolkningen bliver også direkte og kommer derved ofte til at virke mere effektivt. Dertil kommer, at det erfaringsmæssigt har vist sig, at OR, når den er iværksat, ofte har fremdraget hidtil oversete, men betydningsfulde sider af det betragtede problem eller af nye problemer. Det fremhæves stærkt, at OR-gruppen skal være iagttagende, rapporterende og rådgivende, men ikke selv bør træffe afgørelsen.

Industrielt OR-eksempel.

Som eksempel på en OR-undersøgelse kan nævnes en undersøgelse over importen af jernmalm i England. Undersøgelsen står refereret i »Operation Research Quarterly«, Vol. 4, No. 3, Sept. 1953. Udg.: Operational Research Club, 11, Park Lane, London W. 1. Undersøgelsen foretoges i 1952/53 af en OR-gruppe under British Iron and Steel Research Association. (Lederen af gruppen, mr. R. T. Eddison, er af ud-

dannelse biolog). Importen af jernmalm i England er centraliseret gennem BISC (British Iron and Steel Corporation), der køber malmen, chartrer skibene og betaler losningen — kort sagt sørger for alt, lige indtil malmen befinder sig på kajen i losningshavnen.

Første skridt var at definere, hvad man skulle forstå ved importomkostningerne, idet formålet med undersøgelsen var at nedskære disse omkostninger. Ud fra et rent forsyningssynspunkt ville det være ønskeligt at indrette de enkelte havne med så stor kapacitet, at en (forventet) stærkt forøget import straks kunne finde sted. Anlagde man et rent »befragtnings-synspunkt«, ville det vigtigste være, at skibet var så kort tid som muligt i havnen. Det synspunkt, de enkelte losselskaber måtte anlægge, ville være så stor udnyttelse af lossematerialet som muligt o.s.v. Alle disse individuelle omkostninger repræsenterer imidlertid kun de enkelte faktorer i de totale omkostninger, d.v.s. de omkostninger, BISC måtte regne med. En ændring i den ene faktor indvirker på andre faktorer, og for BISC gjaldt det følgelig om at finde den rette balance.

Næste skridt i undersøgelsen var at skaffe sig overblik over de faktorer, der havde indflydelse på de totale omkostninger. Med henblik på losningen opstillede man f. eks. et skema dels over sådanne faktorer, (type af jernmalm, lossemateriel, skibskonstruktion o.s.v.), der i mere eller mindre grad er kontrollable, selv om de ikke i praksis kan ændres uafhængigt af hinanden, dels over sådanne faktorer (lossehastighed, losningstid, kødannelse o.s.v.), der tilsammen kunne give et godt billede af de situationer, der opstår i importhavnen, når nogle af de kontrollable faktorer ændres. Faktorerne blev udtrykt kvantitativt, og gennem en analyse søgte man at finde lovmæssighederne i faktorernes indbyrdes afhængighed.

Til trods for den organisation, der ligger til grund for importen, viste det sig for øvrigt, at intervallerne mellem skibenes ankomst til en havn var tilfældig (poissonfordeling). Herudfra kunne man teoretisk beregne mulighederne for kødannelse i den enkelte havn ud fra kendskabet til antallet af losseselskaber og lossematerialet. Materiellets udnyttelsesgrad defineredes som den brøkdels af et givet tidsrum, hvori man gennemsnitlig kunne regne, at losning foregik. De teoretiske beregninger blev sammenlignet med de praktiske erfaringer, og man fandt en udmærket overensstemmelse, således at man kunne beregne den kødannelse, der kunne forventes i fremtiden, alt efter den årlige import i den enkelte havn og de forskellige skibskonstruktioner og havneinstallationer. (Det må bemærkes, at en stor udnyttelsesgrad

af lossemateriellet kræver stor kødannelse, d.v.s. lang ventetid af skibe i havn, og at man derfor ikke bør stræbe efter at udnytte materiellet fuldt ud).

På basis af undersøgelsen blev man i stand til at forudsige, hvad der antagelig ville ske, hvis de kontrollable faktorer ændredes. Blandt de kontrollable faktorer kan nævnes: antallet af losseselskaber i en havn med en vis årlig import, lossemateriel, skibskonstruktion, skibsstørrelse og havnedybde. Der blev således ved undersøgelsen tilvejebragt et overblik over problemerne, der tillod BISC at indlede et systematisk arbejde for nedbringelse af omkostningerne. Det kan for mange af faktorerne være bekosteligt og tage lang tid at gennemføre ændringerne, men på basis af de fremkomne resultater kunne man vælge den fremtidige politik, herunder bl. a. fremtidige investeringer.

Anvendte discipliner.

Om en OR-undersøgelse i det individuelle tilfælde vil vise sig at give en praktisk anvendelig formulering af resultaterne, afhænger naturligvis i sidste instans af de anvendte metoder, det vil sige af de anvendte discipliner. Umiddelbart må det jo være en fordel, når man kan gå ud fra den grundidé, at man har lov at udvælge en hvilken som helst disciplin til at indgå i undersøgelsen, men det sætter store krav til såvel dømmeevne som kombinationsevne at vælge netop de discipliner, der er mest relevante til det betragtede problem, og at finde de rette folk. Variationer gør, at det kan virke ret forvirrende, når man betragter de foretagne OR-undersøgelser enkeltvis, idet der ikke er nogen bestanddel af de anvendte metoder, som ikke kan findes i en eller anden gammelkendt undersøgelsesmetode. Ud fra en kritisk betragtning må OR siges at være i den grad udflydende, at der meget ofte er tale om et tilfældigt sammensurium af stumper fra en række videnskaber. På baggrund af det principielle ved OR er det derfor ikke muligt at lave en endelig liste over discipliner, der finder anvendelse, men det synes, som om statistik har været en af grundpillerne. Dette er ikke mærkeligt, når man dels tager i betragtning, at det som regel gælder om at finde samspillet mellem en række mere eller mindre variable faktorer, dels at der ofte er begrænset tid til rådighed, således at konklusionerne må baseres på forholdsvis få kvantitative data. Det må dog bemærkes, at den statistiske behandling af små talmaterialer, især i den biologiske statistik, undergik en særlig hurtig udvikling i årene før sidste verdenskrig, således at en befrugtning af andre discipliner i alle tilfælde ville være sket.

Oftede forekommende OR-fænomener.

En af de interessanteste foreteelser ved OR er, at en hel del af de fænomener, der behandles, stammer fra en række vidt forskellige områder og kan findes også ved rent dagligdags foreteelser. Denne erkendelse giver foruden det dybere indblik i fænomenernes natur også mulighed for at drage sammenligninger mellem de metoder, hvormed analoge problemer er grebet an. Den engelske forsker, sir Charles Goodeve, har i en artikel i »Research« Vol. 6, p. 465—472, December 1953, gjort rede for en del af disse fænomener og belyst dem ved eksempler fra dagliglivet. De fænomener, han betragter, har han delt op i koblinger, fluktuationer og kapaciteter. Koblingerne angiver de statistiske relationer og årsagssammenhænge mellem de variable og kan deles op i en række typer såsom enkeltvirkende, dobbeltvirkende, med og uden compensation, med og uden tidsforsinkelse o.s.v. Fluktuationerne forklares ved de svingninger, der opstår grundet de forskellige koblinger, og kapaciteter er de fænomener, man har tyet til for at undgå køproblemer (flaskehalse). Som eksempler fra dagliglivet på disse fænomener kan nævnes:

- 1) Ved et trafiklys er der en kobling mellem det røde lys og antallet af stoppede vogne.
- 2) Hvis en betjent dirigerer det røde lys, er der en kobling med compensation — en tilbagevirkende kobling — mellem betjenten og antallet af stoppede vogne.
- 3) Mellem forsyning og efterspørgsel består en kobling virkende gennem en prisfaktor. Grundet tidsforsinkelse fremkommer der i dette system svingninger — fluktuationer.
- 4) Som eksempel på en kobling med positiv compensation (forstyrrelserne bliver større og større) kan man tænke sig, at man i en storby sender busser af sted fra den ene endestation til den anden med et par minutters mellemrum i myldretiden. Hvis en bus får en forsinkelse på en brøkdelen af et minut, skal den ved næste stoppested optage flere passagerer, hvorved forsinkelsen bliver større og større. Det modsatte gør sig gældende for den efterfølgende bus, og dette virker med større styrke tilbage på den næste igen o.s.v.
- 5) Tænker man sig, at man på en cirkelrund væddeløbsbane iagttager et antal vogne med forskellig hastighed, vil vognene ved passage af et givet sted tage sig ud, som om de er mere eller mindre samlede i en gruppe, afhængig af, hvor vanskeligt det er for

vognene at passere hinanden. Man har dermed et eksempel på cykliske fluktuationer.

- 6) Som eksempel på kapaciteter kan nævnes lagre, maskinel reserve og mandskabsreserve.

Betragtninger vedrørende enkelte discipliner.

Grundet denne »tværgående« forståelse af fænomenerne, er det svært at fremhæve den ene disciplin frem for den anden. Det må afhænge af den individuelle baggrund, og den enkelte kan frit lade sin fantasi spille.

Det kan for eksempel nævnes, at der allerede for en menneskealder siden er foretaget en dybtgående analyse af køproblemer ved A. K. Erlangs arbejde inden for Københavns Telefon Aktieselskab. Erlang behandlede f. eks. problemet om trafikintensiteten i telefonnettet på baggrund af antallet af abonnenter, ledningsnet, personale, apparater o.s.v. Hans beregninger har i løbet af det sidste par år kunnet løse en række »trafikproblemer« i lufthavne, ved skibskajer og i vejtrafikken.

Inden for servoteknikken, der har fået en voldsom udvikling under og efter sidste verdenskrig, har man på baggrund af en matematisk udviklet frekvensanalyse foretaget en analyse af forskellige koblingstyper og styringer. Beskrevet generelt kan man sige, at en servomekanisme tjener til at bringe en eller flere faktorer (de kontrollerede størrelser) til at variere i nøje overensstemmelse med andre faktorer (de styrbare størrelser). Problemer af denne art kan være mere eller mindre komplekse, afhængig af i hvor høj grad de enkelte faktorer griber ind i hinanden, eller i hvor høj grad der er tale om ligevægtstilstande.

Goodeve bemærker i førnævnte artikel, at også termodynamikens 2. hovedsætning må kunne finde anvendelse. Goodeve tænker her på et system, hvor en eventuel forstyrrelse straks vil frembringe kræfter, der søger at bringe systemet tilbage til ligevægtstilstanden, således at man får en række dæmpede svingninger. Tanken synes imidlertid at åbne endnu videre perspektiver. Inden for termodynamikken indførtes omkring 1850 en tilstandsstørrelse, entropien, til at karakterisere den retning, i hvilken de termodynamiske processer forløb. Entropien ville ved strengt reversible tilstandsforandringer holde sig konstant, ved irreversible tilstandsforandringer ville den derimod altid vokse, når man betragtede et isoleret system. Man kunne derfor karakterisere en række forskellige typer af tilstandsforandringer ved den måde, hvorpå entropien ændrede sig. Ligevægten i et system ville

være nået, når entropien havde nået til maksimum. Senere nåede man til erkendelse af, at der eksisterede en relation mellem entropien og den termodynamiske sandsynlighed, idet man fandt, at entropien var proportional med logaritmen til sandsynligheden. Det synes umiddelbart at være en frugtbar tanke, om man kunne indføre en størrelse svarende til entropibegrebet ved forskellige sociologiske og økonomiske processer.

Også den matematiske udvikling af svingningsteorien, der især har fundet sted i tilknytning til elasticitetsteorien, må kunne finde anvendelse.

Endelig kan nævnes discipliner som sociologi og psykologi, samt økonomi ikke at forglemme, idet det må tages i betragtning, at det menneskelige element indirekte eller direkte trods alt er den vigtigste faktor ved de fleste OR-undersøgelser.

Metoden videnskabelig, men

OR betegnes ofte i litteraturen som en videnskab, hvilket dog må anses for at være noget af en tilsnigelse. For det første er målsætningen subjektiv. Desuden må løsningerne, selv om metoderne har været videnskabelige, og selv om man ser bort fra målsætningen, i de fleste tilfælde betegnes som uvidenskabelige, idet den begrænsede tid og det uundgåelige element af uvished som regel må medføre et kompromis. OR kan imidlertid siges at have en dobbelt mission. Man kan sige om metoderne, at der er tale om »anvendt videnskab«, men det drejer sig i meget høj grad om metoder, der bygger på den rent videnskabelige erkendelse inden for de forskellige discipliner, og som man ofte er nået til uden større skelen til den praktiske anvendelighed. OR virker derfor til at udbrede interessen for videnskaben som helhed.