Algemene artikel

Die wiskundige grondslag van die bedryfslogistiek as studiegebied *

W.J. PIENAAR
Departement Logistiek, Universiteit Stellenbosch, Privaat sak X1, Matieland 7602
E-pos: wpienaar@sun.ac.za

* Onderstaande artikel word gepubliseer met die goedgunstige toestemming van ORiON.
Die oorspronklike Engelse artikel het in ORiON 21(1) van 2005 verskyn onder die titel: "*Operations research: an indispensable toolkit for the logistician*" (kyk erkennings).

UITTREKSEL
Hierdie artikel beskryf die gebruik van die term logistiek, dui die wiskundige grondslag daarvan aan en verklaar die hedendaagse betekenis daarvan as 'n studiegebied. Die konsep logistieke bestuur word in 'n bedryfskonteks beskryf en die strategiese, taktiese en operasionele vlakke daarvan word geïdentifiseer. Daar word 'n uiteensetting gegee van die samehang van stelselontleding en logistieke bestuur. Die rol en noodsaak van operasionele navorsing in logistieke besluitneming word verduidelik. Die pertinentste onderwerpe van operasionele navorsing in die logistieke veld asook die wiskundige bevoegdhede waaroor 'n logistikus moet beskik, word geïdentifiseer.

ABSTRACT
The mathematical basis of business logistics as a field of study
This article describes the meaning of the word logistics, outlines its mathematical basis and explains the meaning thereof as a contemporary field of study. The concept of logistics management is described in a business context and the strategic, tactical and operational tiers thereof are identified. The relationship that exists between systems analysis and logistics management is indicated. The role and essence of operations research in logistics decision-making are described. The most pertinent operations research topics in the field of logistics as well as the mathematical competencies a logistician should possess, are identified.

1. INLEIDING

Suksesvolle bedryfslogistiek vereis dat bestuursbesluite op strategiese, taktiese en operasionele vlak wiskundig gefundeer moet word, hoofsaaklik weens die koste-afruilings en koördinering wat betrokke is by die bestuur van die logistieke proses. Die fokus van gekoördineerde en geïntegreerde bestuur is die minimering van die totale proseskoste, en nie die verkryging van die minimum koste vir elke funksie in die proses nie. Hierdie stelling herinner aan die gesegde dat suboptimering die naam van die duiwel is. Logistieke ontleding (en stelselontleding) steun daarom sterk op operasionele navorsing. Operasionele navorsing is 'n wiskundige dissipline met 'n rasionele benadering om die beste (optimale) oplossings vir ingewikkelde probleme te bepaal.

Om kursusse in logistieke bestuur te ondersteun en te bevorder, maak die Departement Logistiek aan die Universiteit Stellenbosch uitgebreid gebruik van operasionele navorsing in sy onderrig- en navorsingsprogramme. Operasionele navorsing kan inderwaarheid beskou word as onmisbare wiskundige gereedskap vir die logistikus. 'n Gekoördineerde en kruisfunksioneel geïntegreerde logistieke proses wat op operasionele navorsing berus, sal tot beter resultate lei as een waarin hierdie gekoördineerde werkverrigting ontbreek.

2. EVOLUSIE VAN DIE BEGRIP LOGISTIEK

Die woord *logistiek* is afgelei van die Griekse byvoeglike naamwoord *logistikos,* wat beteken *geskool in berekening; met verwysing na rekenkunde* of *wat gemoeid is met rede*. Die byvoeglike naamwoord is afgelei van die werkwoord *logizomai*, wat beteken *om te bereken; te redeneer* of *om te dink*. Die werkwoord is gegrond op die woord *logos,* wat na gelang van die verband vertaal word as *rede; woord* of *gesprek*.

Die Griekse *logistikos* het die Europese hooftale deur die Laat-Latynse *logisticus* bereik, wat *logistique* in Frans geword het. Die selfstandige naamwoord *logistique* het sedert 1546 begin verskyn. In 1611 is die selfstandige naamwoord *logistique* met verwysing na die vier prosesse van rekenkunde en algebra (optel, aftrek, maal en deel) gebruik. In 1765 is die byvoeglike naamwoord *logistique* wat *met verwysing na berekening* beteken, van hierdie naamwoord afgelei.[1]

Die bekendstelling van die woord *logistique* vir die vermoë om die inkwartiering, vervoer, voorsiening en onderhoud van troepe tydens ’n militêre veldtog te kombineer en te koördineer deur beredenering gegrond op berekeninge, word toegeskryf aan Antoine Henri, Baron van Jomini. Jomini was ’n militêre teoretikus wat as brigadier-generaal in Napoleon se leër gedien het. Hy het die woord in 1836 die eerste keer in hierdie konteks gebruik in sy hoogs invloedryke werk *Précis de l'art de la guerre* (Kort begrip van die krygskuns),[2, 3] soos dit in 1840 deur die Franse Akademie erken is.[4]

In ooreenstemming met die betekenis wat Jomini aan die woord logistiek geheg het, het Plowman[5] in 1964 die volgende opgemerk[*]: “*Logistiek*, in die militêre wetenskap, beteken die voorbereiding, hantering en organisering van personeel, ook die relevante materiaal, fasiliteite en ander faktore. *Logistiek* beteken dus die beredenering, veral wiskundige ontleding en sintese, van ingewikkelde en onderling verwante probleme om personeel, voorrade en huisvesting te koördineer.... Aldus gedefinieer, behels *militêre logistiek* die onderling verwante en hoofsaaklik wiskundige prosedures, en die gevolglik gekoördineerde besluite.”

3. VOORKOMS VAN LOGISTIEK IN 'N BEDRYFSKONTEKS

Die verwoesting wat tydens die Tweede Wêreldoorlog in Wes-Europa aangerig is, het daartoe gelei dat Jomini se nalatenskap van militêre logistiek later as *bedryfslogistiek* bekend geword het. Daardie oorlog het groot gedeeltes van Wes-Europa se infrastruktuur en fisiese kapitaalvoorraad kreupel gelaat. Groot nywerheidsgebiede is deur bombardemente vanuit die lug en deur artillerievuur platgevee. Ook was groot gebiede plaasgrond wat tydens die oorlog die rol van slagvelde vervul het, nie geredelik vir landboudoeleindes beskikbaar nie.

Ná afloop van die vyandelikhede in 1945 het die ekonomiese heropbou van Wes-Europa begin. Deskundiges in operasionele navorsing vanuit die militêre logistieke veld, wie se toewyding nie meer vir oorlogvoering nodig was nie, is in hierdie heropbou- en herlewingsproses benut. Die lande betrokke by hierdie streekspoging was België, Wes-Duitsland, Frankryk, Italië, Luxemburg en Nederland.

Die herstelpoging was intensief en gekoördineerd. Dit was noodsaaklik dat primêre produksie, sekondêre vervaardiging en tersiêre dienslewering spoedig op dreef moes kom om ekonomiese selfbeskikking te herwin. Die herstel van, en selfs verbetering op vorige standaarde van plaaslike en tussenstreekse toeganklikheid en mobiliteit, het voorrang gekry. Dit was duidelik dat Wes-Europa se herlewing ten beste gedien sou word deur samewerking, streekspesialisasie, intrastreekse grondstofverkryging en die skep van ’n gemeenskapsmark. Die katalisator waardeur dit bereik kon word, was die inwerkingstelling van ’n doeltreffende logistieke stelsel, geskoei op

[*] Skrywer se vertaling.

die militêre model. Binne streekverband het logistieke produkvoorsieningskettings ontstaan asof daar geen internasionale grense was nie.

Die bogenoemde ses lande het in 1958 met die Ooreenkoms van Rome die Europese Gemeenskap (EG) as ’n streeksorganisasie gestig. Die ooreenkoms het voorsiening gemaak vir die geleidelike opheffing van doeaneheffings en ander handelsbeperkings binne die EG-gebied, die skep van gemeenskaplike eksterne tariewe vir ander lande, die geleidelike invoer van ’n gemeenskaplike landboubeleid en waarborge vir die vrye beweging van arbeid, kapitaal en grondstowwe.[6] Teen hierdie tyd het ’n gekoördineerde logistieke praktyk reeds in Wes-Europa posgevat. Die doeltreffende strategie is ontwikkel om logistieke produkvoorsieningskettings tot stand te bring wat primêre produksiepunte binne spesialiseringstreke op gekoördineerde wyse met plekke van verbruik en finale aanwending verbind het.

Die Franse Akademie het die gebruik van *logistiek* in bedryfsverband (naas die militêre betekenis) in 1960 erken en die volgende betekenis daaraan geheg: “*Ensemble de moyens et de méthodes concernant l'organisation d'un service, d'une entreprise et spécialement les flux de matières avant, pendant et après une production*” (Alle middele en metodes ten opsigte van die organisasie van ’n diens, ’n onderneming en veral die vloei van materiale voor, tydens en ná produksie).[4]

In 2005 het die “Council of Supply Chain Management Professionals” (CSCMP) logistieke bestuur gedefinieer as[*] “daardie deel van voorsieningskettingbestuur wat die doelmatige, doeltreffende voorwaartse en terugwaartse vloei en opberging van goedere, dienste en verwante inligting tussen die plek van oorsprong en die plek van verbruik beplan, implementeer en beheer ten einde aan kliëntevereistes te voldoen”.[7]

Die CSCMP se definisie van die bedryfslogistiek geniet wye internasionale aanvaarding en word gewoonlik in die hedendaagse bedryfslogistieke literatuur oor die wêreld heen as ankerdefinisie aangehaal.[8] Die volgende is belangrike implikasies van hierdie definisie.

Eerstens sluit bedryfslogistieke bestuur die handelinge in wat die vloei en opberging van goedere en inligting en die vloei van dienste tussen die plek van oorsprong en plek van verbruik of aanwending (a) voorberei (*beplan*), (b) organiseer (*implementeer*) en (c) uitvoer (*beheer*).[9, 10] Voorbereiding en beplanning sluit in die keuse van (i) vestigingsplekke (waaronder tipe, aantal, ligging en kapasiteit), (ii) duursame toerusting wat nodig is vir die vloei van produkte en inligting deur die voorsieningsketting, (iii) distribusiepartye (waaronder groothandelaars, kleinhandelaars en derdeparty-diensverskaffers) en (iv) karweiers (waaronder hulpvervoer teenoor beroepsvervoer, en vervoermodus) wat nodig is om die diensvlak te lewer wat kliënte verlang, ten einde die ondernemingsdoelwitte te verwesenlik. Logistieke organisasie en implementering sluit in (i) die toewysing en plasing van hulpbronne en (ii) die vasstel van produksielopies en die skedulering en uitvoering van besendings op ’n doelmatige wyse in die nastrewing van die onderneming se doelwitte. Meting en beheer omsluit monitering en hersiening van prestasie (soos diensgehalte, uitgawes, produktiwiteit en benutting van bates) ten einde toe te sien dat (i) die behoeftes van kliënte doeltreffend onderskraag word, (ii) die onderneming se bronne doelmatig toegewys (ontplooi) word, en (iii) regstellend opgetree word sodra prestasie nie in pas met doelwitbereiking is nie.

Tweedens, aangesien logistieke bestuur gerig is op die beplanning, organisering en uitvoer van die logistieke proses, omsluit dit strategiese, taktiese en operasionele ondernemingsaktiwiteite. Logistieke besluite en bedrywighede kan soos volg ingedeel word:

- Die *strategiese vlak* (voorbereiding en beplanning) behels besluitneming wat ’n langdurige invloed op die onderneming het. Aangesien langtermynbeplanningsdata dikwels onvolledig en onakkuraat is, word strategiese besluite gewoonlik op geaggregeerde gegewens gegrond

[*] Skrywer se vertaling.

(wat byvoorbeeld verkry word deur individuele produkte in produksoorte te groepeer en individuele kliënte in kliëntsones saam te voeg).

- Die *taktiese vlak* (organisasie en implementering) sluit aspekte in wat met tussenposes van 'n maand tot 'n jaar bygewerk word. Taktiese besluite is meermale gegrond op gedisaggregeerde data.
- Die *operasionele vlak* (uitvoering en beheer) verwys na van dag-tot-dag-pligte. Operasionele besluite is gewoonlik gegrond op fyn gedetailleerde data.

Derdens is die doelwit met logistieke bestuur om oor die hele stelsel heen doelmatig en doeltreffend te wees. Die oogmerk is om koste op gekoördineerde wyse stelselwyd te minimeer, vanaf die plasing van fasiliteite, vervoer en distribusie, opberging van grondstowwe, halfklaar en klaar goedere en verpakkingskoste, telkens gedagtig aan die diensdoeltreffendheid wat kliënte vereis. Die klem is nie bloot op die goedkoopste of vinnigste vervoer of minimum voorraadvlakke nie, maar eerder op 'n geïntegreerde en gekoördineerde stelselbenadering tot die logistieke proses.[11]

Hoewel die CSCMP se definisie van logistiek die begrippe doelmatigheid en doeltreffendheid insluit, verwys dit nie na die versoening van die twee elemente nie. 'n Poging om koste stelselwyd te minimeer terwyl daar aan kliënte se vereistes voldoen moet word, is 'n lofwaardige oogmerk, maar dit behoort binne die konteks van 'n gemeenskaplike ideaal gehanteer te word. Vanuit die onderneming se oogpunt is dié ideaal die maksimering van sy welvaart oor die langtermyn.

Logies beskou, moet die minimering van koste dus slegs gerig wees op die uitskakeling van kosteverspillings en nie op kostebesnoeiing ten koste van groter wins nie. 'n Vermindering van logistieke koste is slegs sinvol wanneer die prysgawe van wins kleiner is as die kostebesnoeiing. Insgelyks sal die aangaan van bykomende logistieke koste, byvoorbeeld 'n lugvragbesending in plaas van 'n besending met 'n goedkoper en stadiger vervoermodus, maar wat nie gesteun word deur 'n vermindering van voorraaddrakoste of ander logistieke kostebesparings nie, slegs geregverdig wees indien netto inkomste as gevolg daarvan styg.

4. DIE ONTWIKKELING EN AGTERGROND VAN STELSELONTLEDING

Daar word algemeen erken dat stelselontleding 'n uitvloeisel van operasionele navorsing is, wat onder leiding van die Britse militêre owerheid aan die begin van die Tweede Wêreldoorlog in 1939 ontwikkel is.[12] Wetenskaplikes uit verskeie dissiplines het bygedra tot die ontwikkeling van afsonderlike wapentuig, ondersteuningskrygtuig en ander nuwe uitvindsels. 'n Voorvereiste vir die doeltreffende funksionering van al hierdie krygsmiddele was egter 'n begrip vir hul gesamentlike ontplooiing en werking. 'n Interdissiplinêre span is op die been gebring om metodes te ontwerp waardeur die gesamentlike optimale aanwending van al die beskikbare krygsmiddele bewerkstellig kon word. Hierdie optrede was so geslaag dat die aanwending van wetenskaplike prosedures deur 'n span deskundiges om die werkverrigting van stelselkomponente te maksimeer, vinnig 'n gevestigde instelling in die Britse weermag geword het. Operasionele navorsingspanne is daarna telkens ingeroep waar die oplossing van probleme hoogs tegniese multidissiplinêre kennis geverg het.

Nadat bogenoemde suksesse aan die gewapende magte van die VSA bekend gemaak is, het hierdie dinamiese wyse van probleemoplossing weldra ook toepassing in die Amerikaanse weermag gevind. Namate die verdedigings- en offensiewe operasies van die Geallieerde Magte intenser geraak het, het operasionele navorsing toenemend 'n integrerende deel van die oorlogspoging geword. Die tydskrif *Progressive Architecture*[12] berig soos volg oor die na-oorlogse ontwikkelinge: "So the stage was set for the postwar development of systems analysis and operations research in many fields - civilian and space age as well as military. The basic concept

of expert teamwork, scientific method, and sequential treatment of all parameters of a problem was found to be ideally amenable to evolution through more sophisticated concepts of research and investigative methods (computers, information retrieval devices, and so on). Today, there would seem to be few areas of planning or research immune to the potentials of systems analysis and problem solving, imaginatively pursued and constructively used."

Stelselontleding is 'n dinamiese proses van probleemoplossing en besluitneming. Verskillende alternatiewe oplossings vir 'n probleem en benaderings tot 'n geheelontwerp word in ag geneem sodat 'n aanvaarbare stelsel met optimum werkverrigting ten opsigte van bepaalde maatstawwe verkry kan word. Die stelselbenadering is uitnemend geskik vir die oplos van logistieke probleme, waar die behoefte na goedere, dienste en inligting (die vraag), produksievermoë (die aanbod) en die bedryfsomgewing met verloop van tyd wissel. Die stelselontledingsproses behels sewe opeenvolgende stappe:

(1) Definieer doelwitte en bepaal die logistieke diensvlakke wat nodig is om die doelwitte te bereik (d.i. probleembeskrywing).

(2) Ontwikkel 'n begrip van die huidige bedryfsomgewing en stelsel deur ondersoek, beskrywing en simulasie van die status quo (d.i. stelselmodellering).

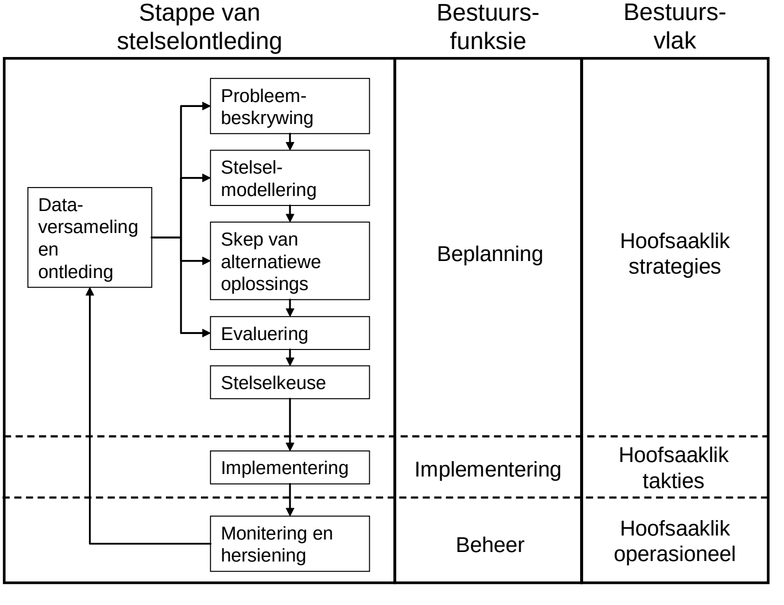
(3) Bepaal alle tegnies haalbare alternatiewe oplossingsvoorstelle (d.i. skep alternatiewe oplossingsmoontlikhede).

(4) Pas optimerings- en evalueringstegnieke toe om die lewensvatbaarheid van die onderskeie logistieke investeringsopsies en bedryfsprosedures te bepaal (d.i. evaluering).

(5) Kies die lewensvatbaarste logistieke investeringsopsie en bedryfsprosedures (d.i. stelselkeuse).

(6) Organiseer en reël die inbedryfstel en uitvoering van die gekose stelsel (d.i. implementering).

(7) Formuleer en pas werkverrigtingsmaatstawwe toe wat die sukses van die logistieke uitvoering beoordeel (d.i. monitering en hersiening).



Figuur 1: *Die samehang van stelselontleding en logistieke bestuur.*

Indien monitering en hersiening aantoon dat die logistieke stelsel se diensvlakke onvoldoende is om aan die gestelde doelwitte en kliënte se verwagtings te voldoen, dui dit op ’n wesenlike stelselprobleem wat meer as bloot korttermynaksie verg, en begin die kringloop van ontleding van voor af. Soos wat die vloeipeile aan die linkerkant van Figuur 1 aandui, het die stelselontledingsproses nie ’n definitiewe afsnypunt nie, en voer die monitor- en hersieningsfase die hele proses terug na die aanvangsfases van die ontledingskringloop sodra ’n nuwe probleem kop uitsteek. Elke stap in die stelsel- of logistieke ontledingsproses vorm nie ’n eksklusiewe domein vir spesifieke wiskundige toepassings nie, aangesien sommige toepassings herhaaldelik in die onderskeie ontledingstappe voorkom.

5. VAARDIGHEDE IN OPERASIONELE NAVORSING BENODIG IN DIE LOGISTIEKE PRAKTYK

Uit die ontwikkeling van die begrip logistiek is dit duidelik dat ’n grondige kennis van operasionele navorsing onontbeerlik is in logistieke ontleding. Teen hierdie agtergrond het die Departement Logistiek aan die Universiteit Stellenbosch gedurende 2000 ’n ondersoek uitgevoer om te bepaal hoe ’n leerplan in Operasionele Navorsing saamgestel moet word om die doeltreffendheid van sy opleidingsprogram te verhoog.[13] Die departement lei sowel logistieke bestuurders as logistici op. Eersgenoemde kan as hoofsaaklik gebruikers en laasgenoemde as bouers van wiskundige modelle beskou word. Voornemende logistieke bestuurders moet logistieke bestuur en ’n ander bestuursgerigte vak – tipies bemarkingsbestuur – as voorgraadse hoofvakke volg. Om aan die Universiteit Stellenbosch as logistikus te gradueer, verg dat logistieke bestuur en operasionele navorsing as hoofvakke geslaag word. Sowel voornemende logistieke bestuurders as logistici moet projekbestuur as bykomende (derde) vak in die laaste voorgraadse jaar volg. In teenstelling met bedryfslogistiek, wat die departement as ’n kontinue vloeiproses beskou, beskou dit projekbestuur as die logistieke reëlings van ’n eenmalige gebeurtenis. Projekbestuur behels die sorgvuldige voorbereiding, organisering, uitvoering en beheer van ’n ingewikkelde geleentheid of operasie sodat dit op ’n doelmatige en doeltreffende wyse plaasvind.

Operasionele navorsing word sedert 2001 voorgraads op die tweede- en derdejaarsvlak in die driejarige BSc- en BComm-graadprogram (en nagraads tot op die PhD-vlak) aangebied. Studente wat operasionele navorsing voorgraads wil volg, moet as voorvereiste op die eerstejaarsvlak ’n semestermodule in waarskynlikheidsleer en statistiek sowel as die twee semestermodules in kalkulus en lineêre algebra wat tesame wiskunde I vorm, slaag. Diegene wat sowel operasionele navorsing as logistieke bestuur as hoofvakke wil volg, moet in die eerste jaar ook die semestermodule in renterekening slaag.

Die ondersoek wat die ontwerp van ’n voorgraadse kurrikulum vir operasionele navorsing in 2000 en die hersiening daarvan gedurende 2004 voorafgegaan het, is in drie stappe uitgevoer. Eerstens is die departement se ervaring van onderrig in logistieke bestuur sedert 1992 benut om te oordeel watter vaardighede in die gebruik van wiskundige/kwantitatiewe modelle deur logistieke bestuurders en watter wiskundige modelbouvaardighede deur logistici benodig word. Tweedens is die menings van praktiserende gekwalifiseerde logistici, werkgewers van gekwalifiseerde logistici, en die georganiseerde handel en nywerheid ingewin om die ideale bekwaamhede te bepaal waaroor ’n logistikus moet beskik. Derdens is die inhoud van twaalf gesaghebbende, internasionaal gebruikte handboeke oor logistiek en operasionele navorsing geraadpleeg om te bepaal watter operasionele navorsingsmetodes en tegnieke die meeste in ’n logistieke verband bespreek word. Hierdie publikasies is in drie groepe verdeel.

Die eerste groep het bestaan uit die vyf grootste verkopers onder logistieke bestuurhandboeke. Die skrywers van hierdie handboeke behandel die toepaslike operasionele navorsingsmetodes hoofsaaklik vanuit ’n wiskundige modelgebruiksoogpunt. Die volgende vyf handboeke is geraadpleeg: Bowersox et al.,[14] Ballou,[10] Coyle et al.,[15] Johnson et al [16] en Lambert

et al.[17] Die tweede groep het handboeke oor operasionele navorsing bevat wat logistieke ontleding vanuit 'n wiskundige modelbou-oogpunt benader. Die volgende drie publikasies is geraadpleeg: Bramel en Simchi-Levi,[11] Ghiani et al,[18] en Simchi-Levi et al.[19] Die derde groep het bestaan uit hoofstroom operasionele navorsinghandboeke. Daar is ag geslaan op watter toepassing in hierdie boeke gepas is in logistieke praktyk. Die volgende vier publikasies is geraadpleeg: Gass en Harris,[20] Hillier en Lieberman,[21] Taha,[22] en Winston.[23] Tydens die ontwerp van die kurrikulum in 2000 is die voorlaaste uitgawes van verwysings 10, 14, 21 en 23 gebruik.

Met die 2000-ondersoek is bogenoemde "praktiserende gekwalifiseerde logistici, werkgewers van gekwalifiseerde logistici, en die georganiseerde handel en nywerheid" gekategoriseer as deel van die primêre (produksie-) sektor, die sekondêre (vervaardiging-) sektor of die tersiêre (dienste-) sektor. Uit die primêre sektor is response en sienings verkry van landboukoöperasies en boerdery-ondernemings (6), mynbou-ondernemings (3), vissery-ondernemings (2) en bosbouwoordvoerders (3). Uit die sekondêre sektor is response en sienings verkry van die vervaardigers van intermediêre (halfklaar-) produkte (8), duursame klaarprodukte (4) en finale verbruikersgoedere (6). In die tersiêre sektor is opinies ingewin van groothandelaars (4), kleinhandelaars en kruidenierskettingwinkelgroepe (5), finansiële instellings (3) en vervoer- en distribusiediensverskaffers in sowel die private as openbare sektor (22). Nie al die respondente kon al die bekwaamhede en spesifieke aanwendingsvaardighede in operasionele navorsing wat hulle van 'n logistikus verwag, duidelik verwoord nie. Almal was nietemin in staat om die aard van die bevoegdhede in operasionele navorsing wat hulle van 'n logistikus verwag, breedweg aan te dui.

Die vereiste vaardighede wat deur die 14 respondente in die primêre sektor geïdentifiseer is, kan in ses van die vaardighede wat in tabel 1 gelys is, gegroepeer word. In volgorde van afnemende voorkeur is die vaardighede soos volg: rasionele besluitneming, vooruitskatting, fasiliteitsplasing, skedulering, beheer van voorraadvlakke en voertuigroetebepaling. Die 18 respondente in die sekondêre sektor se voorkeur vir vaardighede is soos volg: skedulering, beheer van voorraadvlakke, voertuigroetebepaling, rasionele besluitneming, fasiliteitsplasing, vooruitskatting, ontleding met simulasie en modellering met toustaanteorie. Die 34 respondente in die tersiêre sektor se voorkeur vir vaardighede is soos volg: vooruitskatting, rasionele besluitneming, skedulering, voertuigroetebepaling, beheer van voorraadvlakke, fasiliteitsplasing, ontleding met simulasie en modellering met toustaanteorie.

In die geheel het die opname wat deur die departement onderneem is, aangedui dat 'n operasionele navorser minstens oor die volgende vyf vaardighede moet beskik: (i) rasionele besluitneming, (ii) vooruitskatting, (iii) skedulering, (iv) voertuigroetebepaling en (v) beheer van voorraadvlakke. Die vyf belangrikste tegnieke wat vir hierdie vaardighede bemeester moet word, is: (i) lineêre programmering, (ii) heeltallige programmering, (iii) uitvoerbaarheidsanalise, (iv) transportprobleem en (v) modellering van voorraadvlakke (deterministies en stogasties).

Tydens die 2004-hersiening van die inhoud van die voorgraadse operasionele navorsingskurrikulum is die mening van ses voormalige studente verkry wat as logistici praktiseer. Gesprekke met hulle het aangedui dat die agt geïdentifiseerde vaardigheidsvelde voldoende is, maar dat uitvoerbaarheidsanalise as 'n metodologie (met die ondergeskikte groep tegnieke daarvan) in die kurrikulum opgeneem behoort te word, en dat groter klem op statistiese metodologie nodig is. Tydens die 2004- hersiening het die departement ook die geleentheid gehad om die aanbevelings te oorweeg van 'n span buite-evalueerders wat die departement se werksaamhede amptelik tydens 2002 geëvalueer het. Hulle aanbeveling dat heuristiese benaderings tot optimering op voorgraadse vlak ingelyf moet word, is uitgevoer.

Afgesien van die voorvereiste eerstejaarsmodules in wiskunde, waarskynlikheidsleer en statistiek, en renterekening waarna hierbo verwys is, en die benutting van finansiële, wiskundige en statistiese ontledingstegnieke in die vakke logistieke bestuur en projekbestuur, het die bogenoemde ondersoek aangedui dat leerlinglogistici in ten minste agt funksionele

vaardigheidsvelde van operasionele navorsing bekwaam moet wees. Hierdie vaardighede is soos volg: (i) vooruitskatting, (ii) ontleding met simulasie, (iii) rasionele besluitneming, (iv) fasiliteitsplasing, (v) roetebepaling, (vi) voorraadbeheer, (vii) skedulering van masjiene, projekte, voertuie en bemanning en (viii) modellering met toustaanteorie.

Tabel 1 lys die spesifieke tegnieke in operasionele navorsing wat tydens elke voorgraadse semester deur die departement aangebied word om elkeen van die geïdentifiseerde vaardighede te bereik. Operasionele navorsing, soos aangebied in die departement op voor- en nagraadse vlak, behels meer tegnieke en vaardighede as daardie wat in tabel 1 getoon word, want die vak word nie net aangebied om uitsluitlik logistici op te lei nie.

TABEL 1: Geïdentifiseerde vaardighede en ontledingstegnieke in operasionele navorsing wat in ’n voorgraadse logistiekprogram bemeester moet word

Vaardighede	**Opersaionele Navorsingstegnieke**
Vooruitskatting	Eksponensiële stryking[5] Lineêre regressie-ontleding en die metode van kleinste kwadrate[5] Markov-analise[6]
Ontleding met simulasie	Diskrete-gebeurtenissimulasie[6] Kansgetalle en Monte Carlo-simulasie[6] Simulasie met kontinue kansveranderlikes[6]
Rasionele besluitneming	Nutsteorie[5] Uitvoerbaarheidsanalise[4] Beslissingsbome[5] Grensanalise[4] Meerkriterium-beslissingsanalise (AHP en doelwitprogrammering) [5] Lineêre programmering[3, 4, 5, 6]
Fasiliteitsplasing	Netwerkmodelle (senter, mediaan, probleme met voorvereistes, dekkingsprobleme)[3, 4] Plasing met loodregte afstande[4] Lineêre programmering[4]
Roetebepaling	Heursitiese modelle (Clarke-Wright, Handelsreisiger, Posbode) [4] Vervoerprobleem (Transportprobleem) [4] Toekenning (Toewysing) [4] Deurvoerprobleme[4] Heeltallige programmering[5, 6]
Voorraadbeheer	Deterministiese modellering (Ekonomiese Bestelhoeveelheid)[4] Stogastiese modellering[5] Lineêre programmering[4, 5] Heeltallige programmering[5, 6] Dinamiese programmering[5, 6] Nie-lineêre programmering[5]
Skeduleer masjiene, projekte, voertuie en bemanning	Masjiene: Algoritmes (Lawler en Johnson) [5] Projekte: KPM en PEHT[4] Voertuie: Heuristieke, heeltallige programmering[4, 5, 6] Bemanning: Heuristieke, heeltallige programmering[4, 5]
Modellering met toustaanteorie	Geboorte-sterfte-prosesse[6] Aankomste met ’n Poissonverdeling[6] Dienstye eksponensieel en Erlang-verdeel[6] Tounetwerke[6] Chi-kwadraattoets[6]

(Die boskrifte verwys na die semester waarin die tegnieke aangebied word. Semester 3 verwys na die eerste semester van die tweede jaar, tot semester 6 wat na die tweede semester in die derde jaar verwys.) Bron: 13 (bladsy 88).

6. GEVOLGTREKKING

Die woord *logistiek* is afgelei van die Griekse *logistikos*, wat beteken *geskool in berekening*; *met verwysing na rekenkunde* of *wat gemoeid is met rede*. Sedert die 1830's is die woord met hierdie betekenis veral binne militêre verband gebruik. Ná afloop van die Tweede Wêreldoorlog het die betekenis wat aan die begrip *logistiek* geheg is, uitgebrei na velde buite militêre verband. Sedert die vroeë 1960's word die begrip ook in 'n bedryfskonteks gebruik.

Ongeag of die woord in 'n militêre of 'n bedryfskonteks gebruik word, is die oogmerk van logistiek om te verseker dat die verlangde hoeveelheid en gehalte produkte en inligting op die vereiste plek en tyd teen 'n aanvaarbare koste voorsien word. 'n Geïntegreerde logistieke proses met kruisfunksionele koördinasie wat met die aanwending van operasionele navorsingsmetodologie behaal is, behoort te lei tot die vermelde aanvaarbare koste. Die vermoë om operasionele navorsingsmetodologie doeltreffend aan te wend, is noodsaaklik vir suksesvolle logistieke praktyk.

Voordat voornemende logistici operasionele navorsing bestudeer, moet hulle eers op die eerstejaarsvlak vereiste modules in kalkulus, lineêre algebra, statistiek, waarskynlikheidsleer en renterekening volg.

Operasionele navorsing kan beskou word as die onmisbare gereedskapstel van die logistikus. Die volgende agt stukke gereedskap is die belangrikste instrumente in hierdie stel: (i) vooruitskatting, (ii) ontleding met simulasie, (iii) rasionele besluitneming, (iv) fasiliteitsplasing, (v) roetebepaling, (vi) voorraadbeheer, (vii) skedulering van masjiene, projekte, voertuie en bemanning en (viii) modellering met toustaanteorie. Die vyf belangrikste operasionele navorsingstegnieke om hierdie vaardighede mee te bemeester, is soos volg: (i) lineêre programmering, (ii) heeltallige programmering, (iii) uitvoerbaarheidsanalise, (iv) transportprobleem en (v) modellering van voorraadvlakke (deterministies en stogasties).

7. ERKENNING

Afdelings 2 en 3 van hierdie artikel is gegrond op Afdelings 2, 3 en 4 van bronverwysing 13, en Afdelings 2 en 3 van 'n vorige artikel van die skrywer in hierdie tydskrif: Pienaar, W.J. (2003). Logistieke bestuur: die oorsprong, konseptuele ontwikkeling en betekenis daarvan as 'n hedendaagse studiegebied, *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie*, 22(2 & 3), 52-60. Afdeling 5 is 'n vertaling van Afdeling 6 van bronverwysing 13.
Dank word uitgespreek teenoor die redaksie van die tydskrif *Orion* wat toestemming verleen het dat die vermelde werk in hierdie artikel gebruik mag word.

SUMMARY

Successful business logistics practice requires that decisions reached must be quantitatively sound, mainly because of the various cost trade-offs and the coordination involved in the logistics decision-making process. The focus of coordinated and integrated management is lowest total process cost, not achievement of the lowest cost of each function in the process. To support and enhance the Logistics Management courses, the Department of Logistics at the University of Stellenbosch makes extensive use of Operations Research in its teaching and research programmes. The principles of Operations Research are logically consistent. Therefore, an integrated logistics process with cross-functional coordination achieved through the application of Operations Research methodology should lead to better results than one lacking coordinated performance.

The word logistics is derived from the Greek adjective logistikos, which means skilled in calculating, relating to arithmetic or which is concerned with reason. The Greek logistikos entered the main European languages via the Low Latin logisticus, which became logistique in French. The French logistique first began appearing in 1546. In 1611 the noun logistique is used with reference to the four basic processes of arithmetic and algebra (adding, subtracting, multiplying and dividing). In 1765 the adjective logistique, meaning with reference to calculation, was derived from this noun.

The introduction of the word logistique — recognized by the French Academy in 1840 — to describe the art of combining and coordinating the quartering, means of transport, supplying and supporting of troops through reasoning by calculation during a military campaign is attributed to Antoine Henri, Baron of Jomini. Jomini served as a brigadier general in Napoleon's army. He first used the word in 1836 in this context in his seminal work Précis de l'art de la guerre (Summary of the art of war).

In line with the meaning that Jomini attached to the word logistics, Plowman in 1964 commented as follows: "Logistics, a plural word derived from logistic, means, in military science, the planning and handling and implementation of personnel, also the related material, facilities, and other factors. Thus logistics means the application of reasoning, especially mathematical analysis and synthesis, to the complex and inter-related problems of coordinating manpower and supplies and barracks. Military logistics is a major factor in making it possible for an army to march and fight and win its battles. Defined thus, military logistics includes the interrelated and largely mathematical procedures, and the resulting coordinating decisions."

The French Academy recognized the use of the word logistics in a business context (in addition to the military meaning) in 1960 and attached the following meaning to the word: "All means and methods of organising a service, a business and especially the flow of materials before, during and after production". (Translated from French.)

The Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP), the major supply chain management and logistics professional organisation in the USA, presently defines Logistics Management as "that part of Supply Chain Management that plans, implements, and controls the efficient, effective forward and reverse flow and storage of goods, services and related information between the point of origin and the point of consumption in order to meet customers' requirements".

Because logistics management revolves around planning, organising, and executing/controlling the logistics process, it encompasses many of the firm's activities, from the strategic level through the tactical to the operational level. Logistical decisions are typically classified in the following way:

- *The strategic level (i.e. preparation and planning) deals with decisions that have a long-lasting effect on the firm. Due to the fact that data are often incomplete and imprecise, strategic decisions are generally based on aggregated data (obtained, for example, by grouping individual products into product families and aggregating individual customers into customer zones).*
- *The tactical level (i.e. organisation and implementation) includes decisions that are updated any time between once every month and once a year. Tactical decisions are often based on disaggregated data.*
- *The operational level (i.e. execution and control) refers to day-to-day decisions. Operational decisions are customarily based on very detailed data.*

An objective in logistics management is to be efficient and effective across the entire system. This objective can be achieved by minimising system-wide costs, from transportation, materials handling and distribution (on the one hand) to warehousing and keeping inventory of raw

material, semi-finished goods and finished products (on the other hand). Thus, the emphasis is not on simply the cheapest or the fastest transport or reducing inventories, but rather on an integrated and coordinated systems approach to the logistics process. The integrated total-cost concept is the trade-off of all costs that are in conflict with each other and that can affect the outcome of a particular logistics decision. The acceptance of the total-cost logistics concept has changed the relative importance of the different logistics activities and has led to cost trade-offs between transport/materials handling services provided and the operation of warehouse and production facilities assuming greater importance.

The Department of Logistics at the University of Stellenbosch educates both logistics managers and logisticians. The former may be regarded as primarily "mathematical model users" while the latter can claim to be "mathematical model builders." Prospective logistics managers need to pursue Logistics Management and another economics or management-related subject as compulsory major subjects — typically Marketing Management. To become a graduate logistician at the University of Stellenbosch requires that Logistics Management and Operations Research be followed as major subjects.

Operations Research is taught on undergraduate level at second and third year level within the three-year BSc and BComm degree programmes. Students who wish to take Operations Research on undergraduate level are required to pass a semester module in Probability Theory and Statistics as well as the two semester modules Calculus and Linear Algebra on the first year level, which in combination comprise Mathematics I. Those who wish to follow Operations Research and Logistics Management as major subjects also need to pass the first year one semester module in Theory of Interest.

The research that preceded the design of an undergraduate Operations Research curriculum in 2000, and a revision thereof during 2004, entailed three steps: First, the experience gained by the Department of Logistics through teaching the subject Logistics Management since 1992 was used to help judge which quantitative ("mathematical model using") skills are required by logistics managers and which quantitative ("mathematical model building") skills are needed by logisticians. Second, the opinion of currently practicing logistics graduates, employers of qualified logisticians and organised commerce and industry was sought to determine which quantitative competencies a logistician should ideally possess. Third, a study of the content of twelve authoritative internationally used Logistics and Operations Research textbooks was undertaken to determine which Operations Research methods and techniques are discussed most within a logistics context.

Apart from the prerequisite first year modules in Mathematics and Probability Theory, Statistics and Theory of Interest referred to above and the utilisation of financial, mathematical and statistical analysis techniques included in the subject of Logistics Management, the above-mentioned investigation indicated that logisticians-in-training should become competetent in at least eight of the functional areas of Operations Research. These areas of competency are: (i) forecasting, (ii) analysis with simulation, (iii) decision-making, (iv) facility location, (v) route planning, (vi) inventory control, (vii) scheduling and (viii) application of queuing theory. The five most important Operations Research techniques to achieve these competencies are: (i) Linear programming, (ii) integer programming, (iii) feasibility analysis, (iv) transportation modelling, and (v) deterministic and probabilistic inventory modelling.

BIBLIOGRAFIE

1. Dictionnaires Le Robert. (1976). *Petit Robert: Dictionnaire Alphabétique et Analogique de la Langue Francais*. Parys, Frankryk.
2. Parkinson, R. (1977). *Encyclopedia of modern war*. London: Routledge.

3. Macksey, K., Woodhouse, W. (1991). *The Penguin encyclopedia of modern warfare: 1850 to the Present Day*. London: Viking.

4. Dictionnaires Le Robert. (1996). *Petit Robert: Dictionnaire Alphabétique et Analogique de la Langue Francais*. Parys, Frankryk.

5. Plowman, E.G. (1964). *Lectures on elements of business logistics*. Graduate School of Business, Stanford Universiteit, Palo Alto (CA).

6. Hinkelman, E.G. (2000). *Dictionary of international trade: handbook of the global trade community*. Fourth edition. World Trade Press, Novato (CA).

7. Council of Supply Chain Management Professionals. (2005). Supply Chain Management/ Logistics Management Definitions, http://www.cscmp.org/Website/AboutCSCMP/ Definitions/Definitions.asp. [21 February 2005].

8. Vogt, J.J., Pienaar, W.J., De Wit, P.W.C. (2005). *Business logistics management: theory and practice*. Second edition. Cape Town: Oxford University Press, p. 8.

9. Bowersox, D.J., Closs, D.J. (1996). Logistics. In *International encyclopedia of business & management.* Volume 3. London: Routledge.

10. Ballou, R.H. (2004). *Business logistics/Supply chain management.* Fifth edition. Englewood Cliffs (NJ): Prentice-Hall.

11. Bramel, J., Simchi-Levi, D. (1997). *The logic of logistics: theory, algorithms, and applications for logistics management.* New York (NY): Springer-Verlag.

12. Progressive Architecture, quoted by the Federal Highway Administration. (1968). U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. p. 113.

13. Pienaar, W.J. (2005). Operations research: an indispensible toolkit for the logistician, *Orion*, 21(1), 77-91.

14. Bowersox, D.J., Closs, D.J., Cooper, M.B. (2002). *Supply chain logistics management*. New York (NY): McGraw-Hill.

15. Coyle, J.J., Bardi, E.J., Langley, C.J. (1996). *The management of business logistics.* Sixth edition. New York (NY): West.

16. Johnson, J.C., Wood, D.F., Wardlow, D.I., Murphy, P.R. (Jr). (1998). *Contemporary logistics*. Seventh edition. Upper Saddle River (NJ): Prentice-Hall.

17. Lambert, D.M., Stock, J.R., Ellram, L.M. (1998). *Fundamentals of logistics management.* Homewood (IL): McGraw-Hill.

18. Ghiani, G., Laporte, G., Musmanno, R. (2004). *Introduction to logistics systems planning and control*. Chichester: Wiley.

19. Simchi-Levi, D., Wu, S.D., Shen, Z. (2004). *Handbook of quantitative supply chain analysis: modelling in the e-business era*. Boston (MA): Kluwer.

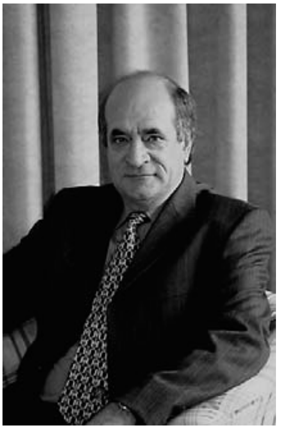
20. Gass, S.I., Harris, C.M. (1996). *Encyclopedia of operations research and management science.* Boston (MA): Kluwer.

21. Hillier, F.S., Lieberman, G.J. (2001). *Introduction to operations research*. Seventh edition. New York (NY): McGraw-Hill.

22. Taha, H.A. (1989). *Operations research, an introduction*. Fourth edition. New York (NY): Macmillan.

23. Winston, W.L. (2004). *Operations research: applications and algorithms*. Fourth edition. Belmont (CA): Thomson.

W J PIENAAR



Wessel Pienaar is professor en hoof van die Departement Logistiek aan die Universiteit Stellenbosch. Hy het die volgende gevorderde grade behaal: M.Econ. in Vervoerekonomie aan die Universiteit Stellenbosch, M.S. in Siviele Ingenieurswese aan die Universiteit van Kalifornië, Berkeley, D.Comm. in Vervoerekonomie aan die Universiteit van Suid-Afrika en Ph.D.(Ing.) in Siviele Ingenieurswese aan die Universiteit Stellenbosch. In 2000 ontvang hy die Rektorstoekenning vir voortreflike Navorsing aan die Universiteit Stellenbosch. Hy is die enigste Suid-Afrikaanse navorser in die veld van logistiek wat oor ’n navorsingsgradering van die Stigting vir Navorsingsontwikkeling beskik. Hy is tans ’n raadslid van die Suid-Afrikaanse Akademie vir Wetenskap en Kuns. Hy is redakteur en medeskrywer van die internasionaal-gebruikte handboek *Business Logistics Management: Theory and Practice* wat deur Oxford University Press uitgegee word. Wessel publiseer in Afrikaans en Engels. Van sy werk is deur internasionale navorsingsinstellings in Duits, Frans en Russies vertaal en gepubliseer.