

DIE OPTIMISERING VAN LOGISTIEKE STEUN

Schalk J Claasen
Pr Ing

Departement Bedryfs- en Sisteemingenieurswese
Universiteit van Pretoria

OPSOMMING

Die verwantskap tussen stelselprestasie en die omvang van logistieke steun wat 'n stelsel ontvang, word kortliks bespreek. 'n Teoretiese optimum vlak van logistieke steun word gedefinieer en daar word getoon dat die bepaling van dié optimum 'n ingewikkelde soekproses behels. In die artikel word die eienskappe van rekenaarprogrammatuur wat in die soeke na die optimum vlak van logistieke steun gebruik kan word, bespreek en aan die hand van 'n eenvoudige voorbeeld geïllustreer.

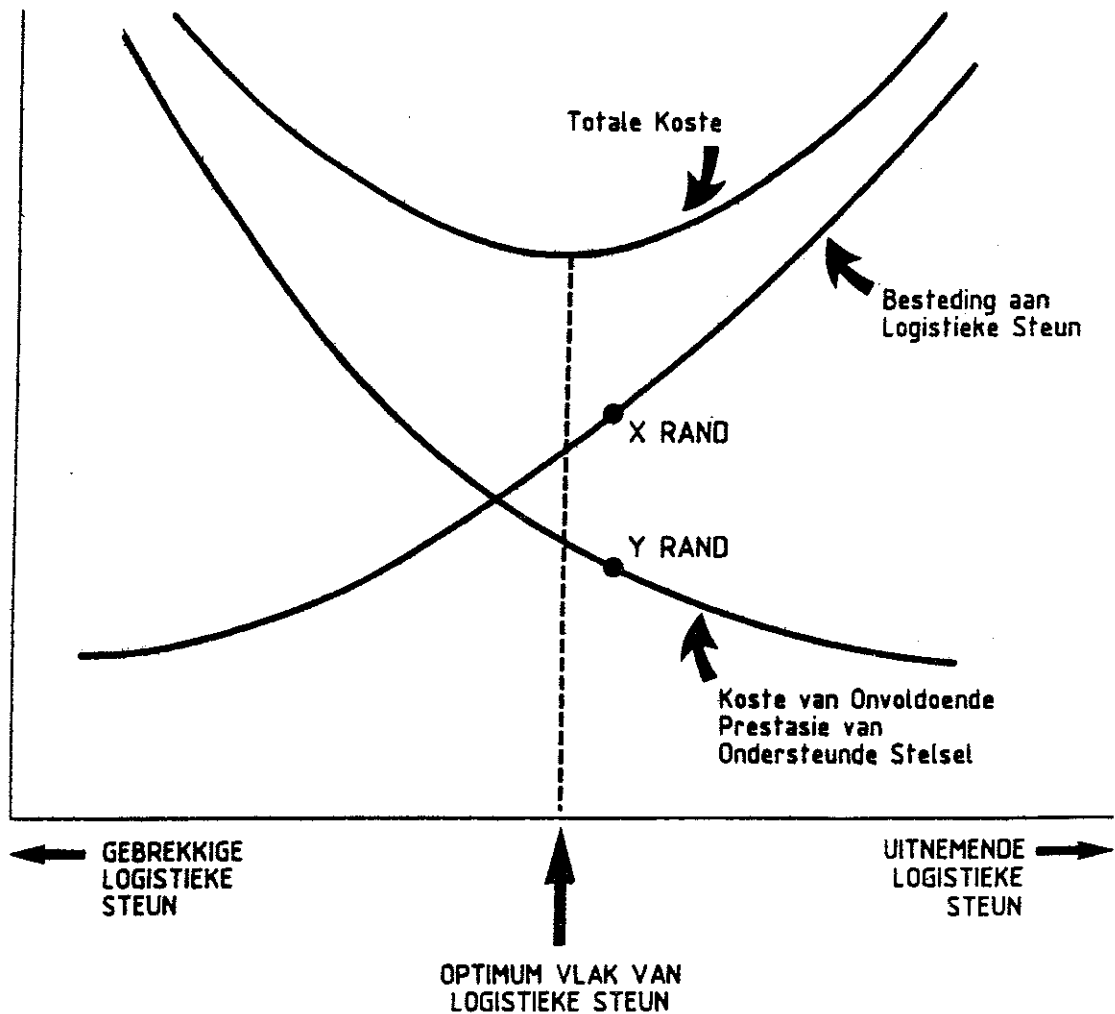
SUMMARY

The relationship between system performance and the level of logistic support that a system receives is discussed. A theoretical optimum level of logistic support is defined and it is shown that the determination of this optimum entails a complex search procedure. Computer software that can be used in the search for the optimum level of logistic support is discussed and the use thereof illustrated by means of a simple example.

1. **INLEIDING**

Die omvang van die logistieke steun wat 'n stelsel ontvang, beïnvloed die prestasie wat die stelsel lewer. In algemene terme kan gesê word dat 'n toename in besteding aan logistieke steun tot 'n toename in prestasie van die ondersteunde stelsel lei. Indien daar dus 'n monetêre waarde aan die prestasie van die stelsel geheg kan word, is dit teoreties moontlik om die optimum vlak van logistieke steun te bepaal.

Hierdie verwantskap word grafies in Figuur 1 voorgestel.



Figuur 1. Die verwantskap tussen logistieke steun en stelselprestasie.

Die kurwe in Figuur 1 getoon, impliseer dat 'n besteding van x rand aan logistieke steun aanleiding gee tot 'n koste van onvoldoende prestasie van y rand. Dit is nie noodwendig waar nie aangesien die wyse waarop die x rand bestee word, bepaal wat die koste van onvoldoende prestasie is. Vir enige spesifieke vlak van besteding aan logistieke steun moet die optimum samestelling van die logistieke steun dus bepaal word.

Die optimiseringsprobleem behels onder andere besluite ten opsigte van aspekte soos:

- die aantal onderdele per onderdeel tipe wat aangehou moet word,
- die frekwensie en omvang van onderdeelaanvulling,
- die vereiste hersteltyd van mislukte stelsels,
- die afvoer- en terugvoertempo van mislukte onderdele na/vanaf herstelfasiliteite,
- die hersteltempo van mislukte onderdele,
- die nagaan- en instandhoudingsbeleid wat gevolg word en
- die omvang en skedulering van voorkomende instandhouding.

Die optimiseringsprobleem bevat dus 'n groot aantal veranderlikes wat binne sekere grense willekeurig verander kan word.

In hierdie referaat word die gebruik van rekenaarprogrammatuur, genaamd SPAR, waarmee hierdie optimiseringsprobleem analiseer kan word, bespreek. Aan die hand van 'n beskrywing van die stelsel eienskappe, die aanwendingsprofiel van die stelsel en die samestelling van die logistieke steun wat aan die stelsel verskaf word, bepaal SPAR die prestasie van die stelsel. Die koste van onvoldoende prestasie is 'n afgeleide hiervan. SPAR kan gebruik word om die optimum aanwending vir 'n gegewe vlak van logistieke steun te bepaal en uiteindelik dus ook die optimum vlak van logistieke steun.

2. ALGEMENE BESKRYWING VAN DIE SCENARIO WAARBINNE GEMODELLEER WORD

SPAR simuleer die ontplooiing en aanwending van 'n aantal identiese stelsels. Die aantal ontplooiëde stelsels kan op gespesifiseerde tydstippe aangepas word en die aanwendingsprofiel kan gevarieer word. Die betroubaarheidskonfigurasie van die stelsels, gedefinieer in terme van lynvervangbare eenhede (LVEs), vorm die basis van die analise. LVEs word op geskeduleerde tye aangevul en die stelsels op geskeduleerde tye nagegaan en instandgehou. SPAR beskik oor 'n wye reeks van nagaan- en instandhoudingsalternatiewe wat in die simulاسie gebruik kan word.

3. DIE INLIGTING WAT VIR MODELLERING BENODIG WORD

3.1 Algemene inligting ten opsigte van die scenario waarbinne gemodelleer word

Hierdie inligting sluit in:

- die tydsduur wat gemodelleer word,
- die missieprofiel waaraan stelsels onderhewig is,
- die aantal stelsels waarmee begin word,
- die tydstippe waarop stelsels bygevoeg word en
- die aantal stelsels wat op elke van die gedefinieerde tydstippe bygevoeg word.

3.2 Inligting ten opsigte van die stelsels wat ontplooi word

Hierdie inligting beskryf die samestelling en betroubaarheidskonfigurasie van 'n enkele stelsel en sluit in:

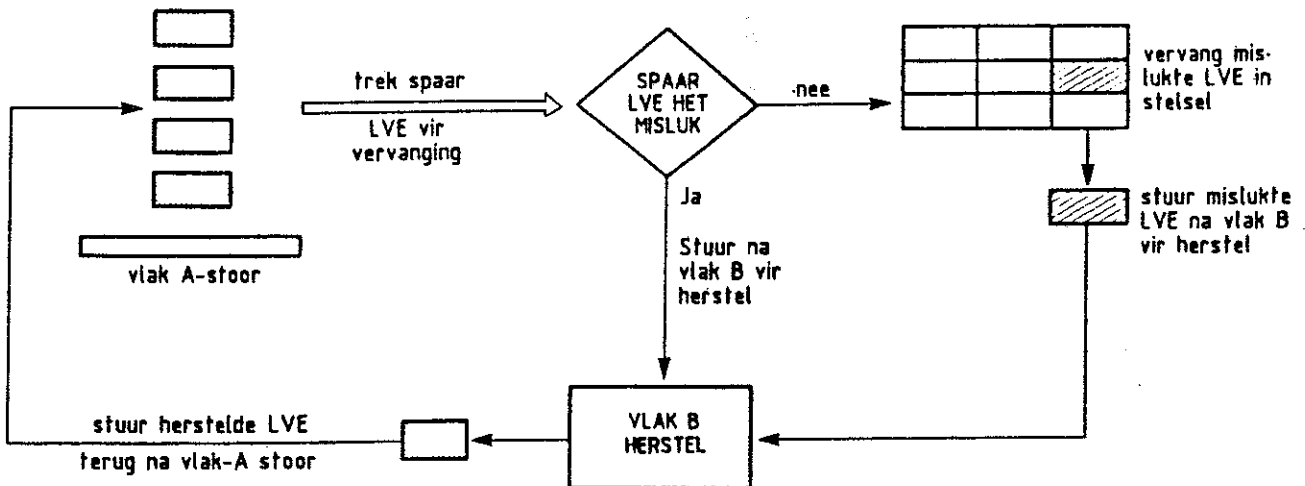
- 'n betroubaarheidsblokdigramvoorstelling van die betroubaarheidskonfigurasie van 'n stelsel,
- 'n definisie van die verskillende tipe LVEs wat daar in die stelsel voorkom en
- 'n definisie van die samestelling van 'n enkele stelsel in terme van die verskillende tipes LVEs.

3.3 Inligting ten opsigte van LVEs

Hierdie inligting beskryf die eienskappe van die LVEs waaruit die stelsels saamgestel is en sluit in:

- die ruiityd per LVE tipe gedurende elke profieltoestand,
- die vervoertyd tussen vlakke A en B per LVE tipe vir elke profieltoestand,
- die aktiewe en passiewe mislukkingstempo's per LVE tipe gedurende elke profieltoestand,
- die hersteltyd per LVE tipe op vlak B,
- die LVE tipes wat op vlak A herstel word en waarvoor daar geen onderdele nodig is nie,
- die maksimum aantal herstelsiklusse wat per LVE tipe toegelaat word en
- die waarskynlikheid per LVE tipe dat 'n onderdeel tydens berging op vlak A sal misluk.

Die voorraadhouding, vervanging en herstel van LVEs word skematies in Figuur 2 geïllustreer. Die vlak A-stoor bevat spaar LVEs. Sodra 'n LVE in een van die stelsels misluk, word die mislukte LVE verwyder en met 'n spaar LVE vervang, indien beskikbaar. Indien 'n spaar LVE nie beskikbaar is nie, word die herstelaksie vertraag totdat 'n onderdeel beskikbaar is. Die mislukte LVE word na vlak B gestuur om herstel te word. Na herstel word die LVE na die vlak A-stoor teruggestuur waar dit in die voorraad opgeneem word. Tye vir LVE-vervanging, vervoer van vlak A na B, herstel by B en vervoer terug na A word per LVE-tipe gespesifiseer (deterministies of stochasties). Die moontlikheid dat LVEs tydens berging kan misluk, word voorsien. Indien so 'n LVE uit die vlak A-stoor getrek word, word dit na vlak B gestuur om herstel te word. Aangesien die vervoertyd van A na B per LVE-tipe gespesifiseer word, kan vlak B enige van 'n aantal verskillende herstelvlakke, insluitend lokale herstel by A, voorstel.



Figuur 2. Die voorraadhouding, vervanging en herstel van LVEs.

3.4 Inligting ten opsigte van die onderdeelstrategie wat gevolg word

Hierdie inligting sluit in:

- die tydstippe waarop onderdeelvoorrade aangevul word,
- die hoeveelheid van elke tipe LVE wat by elke tydstip bygevoeg word en
- die prys per LVE tipe by elke aanvul tydstip.

3.5 Inligting ten opsigte van die instandhoudingsbeleid wat gevolg word

Instandhouding, in SPAR, verwys na al die handeling wat uitgevoer word om mislukte LVEs te restoreer. Instandhouding word verdeel in twee groepe handeling naamlik nagaan en restourasie. Hierdie verdeling hou verband met die feit dat 'n mislukte LVE alleen herstel kan word indien dit bekend is dat dit in die mislukte toestand is. Die nagaanbeleid bepaal wanneer, op watter vlak en hoe effektief nagegaan word. Restourasie behels die vervang of herstel van 'n mislukte LVE.

3.5.1 Wanneer nagegaan word

Die volgende drie nagaan alternatiewe is beskikbaar:

- kontinue nagaan,
- periodies-gelyktydig nagaan en
- periodies-geleidelike nagaan.

3.5.2 Op watter vlak nagegaan word

Die volgende twee alternatiewe bestaan:

LVE-vlak

Die LVEs in die stelsel word nagegaan afgesien daarvan of die stelsel operasioneel of in die mislukte toestand is.

Stelsel-vlak

Die stelsel word nagegaan en indien dit operasioneel is word die LVEs die nagegaan nie. Indien daar dus oortolligheid in die stelsel voorkom, mag daar mislukte LVEs teenwoordig wees wat nie nagegaan sal word nie.

3.5.3 Hoe effektief nagegaan word

Die mislukkingsmeganisme van 'n LVE word in twee kategorieë verdeel: die wat naspeurbaar is en die wat onnaspeurbaar is. Onnaspeurbare mislukkings is mislukkings wat nie met die toetsprosedures en toetstoerusting wat gebruik word, opgespoor kan word nie. Naspeurbare mislukkings is mislukkings wat uitgewys kan word - maar nie noodwendig met 100% sekerheid nie.

In die beskrywing van nagaaneffektiwiteit word die begrippe dekking en toetseffektiwiteit gebruik.

Dekking verwys na die gedeelte van die mislukkingsmeganismes wat per LVE bespeur kan word. Toetseffektiwiteit verwys na die waarskynlikheid om 'n naspeurbare mislukking uit te wys.

3.6 Inligting ten opsigte van die resultate wat uit die simulاسie verlang word

Hierdie inligting sluit in:

- die tydstippe waarop stelselbeskikbaarheid bereken moet word en
- die koste van onbeskikbaarheid gedurende elke profieltoestand ten einde die koste van stelselonbeskikbaarheid (onvoldoende prestasie) te kan bereken.

4. DIE TWEE MOONTLIKE SIMULASIEBENADERINGS

SPAR maak voorsiening vir twee simulاسiebenaderings. Die eerste benadering word gebruik om 'n aanvanklike skatting van onderdeelbehoefte te maak. Die analis verskaf al die inligting wat nodig is vir die simulاسiemodel, maar spesifiseer geen LVE-aanvangsvorrade of aanvulhoeveelhede nie. Die resultaat van die analise is die verdeling van LVE-vraag per LVE-tipe per gespesifiseerde tydinterval, asook die prestasie van die ontplooiende stelsels onder die aanname van onbeperkte onderdeelbeskikbaarheid.

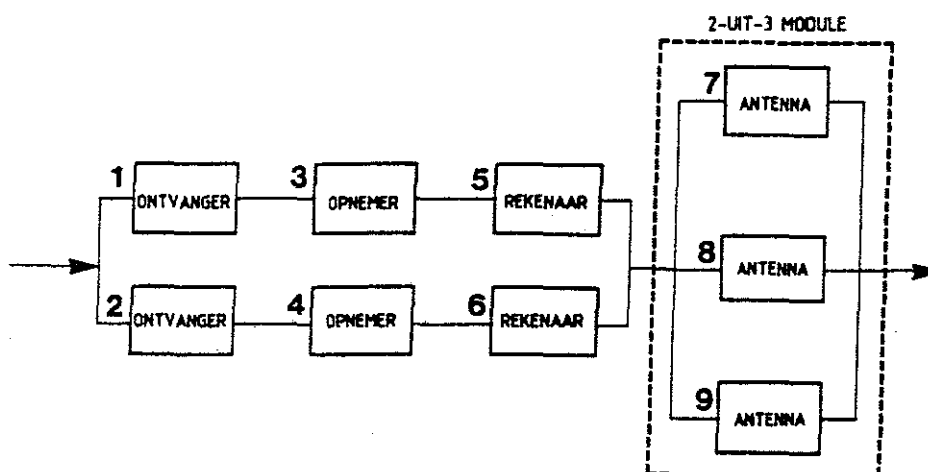
Hierdie analise is baie belangrik omdat dit die beste moontlike prestasie van die stelsels tydens ontplooiing illustreer. Indien die prestasie onvoldoende is, moet aspekte soos die ontwerp, onderdeelbetroubaarheid, lang hersteltye, onvoldoende oortolligheid en die instandhoudingsbeleid aandag geniet.

Die tweede benadering word gebruik om die prestasie van die ontplooiende stelsels onder 'n gekose strategie te bepaal. Die analis spesifiseer 'n onderdeel- en instandhoudingsbeleid en herhaal die analise.

5. **'N VOORBEELD**

Die gebruik van SPAR word hierna aan die hand van 'n eenvoudige voorbeeld geïllustreer. Vyf stelsels waarvan die betroubaarheidskonfigurasië in Figuur 3 getoon word, word vir 'n periode van 700 hr ontplooi. Die missieprofiel is periodies met 'n periode van 70 hr wat soos volg saamgestel is:

- 0 - 40 hr - Profieltoestand 1
- 40 - 55 hr - Profieltoestand 2
- 55 - 70 hr - Profieltoestand 3



Figuur 3. Stelselbetroubaarheidskonfigurasië

Die mislukkingstempo (mislukkings/uur) van LVEs word in die volgende tabel getoon:

	Profieltoestand		
	1	2	3
Ontvanger	0,0001	0,004	0,005
Opnemer	0,0002	0,006	0,0008
Rekenaar	8	7	0,0045
Antenna	0,0037	0,003	0,0059
	0,0059	0,005	
		9	

Die ruiltyd (in uur) van LVEs op vlak A word in die volgende tabel getoon:

	Profieltoestand		
	1	2	3
Ontvanger	10	10	*
Opnemer	10	10	*
Rekenaar	10	10	*
Antenna	24	10	*

NOTA: * geen ruiling is in profieltoestand 3 moontlik nie

Die ontvanger word op vlak A herstel en benodig nie spaaronderdele nie. Die opnemer is nie herstelbaar nie, terwyl al die ander komponente 'n onbeperkte aantal kere herstel kan word.

Die vervoertyd tussen vlakke A en B en die hersteltyd op vlak B word in die volgende tabel getoon:

	Vervoertyd (uur)	Hersteltyd op Vlak B (uur)
Rekenaar	Konstant 24	Konstant 0,5
Antenna	Normaalverdeel met gemiddeld 15 en variensie 9	Lognormaalverdeel met gemiddeld 1,1 en variensie 0,000025

Die nagaanbeleid is kontinu op LVE-vlak. Die koste per een persent onbeskikbaarheid is R10 000 per uur gedurende die eerste 350 uur en R20 000 per uur gedurende die tweede 350 uur. Bepaal 'n optimum onderdeelstrategie.

6. DIE SIMULASIERESULTATE VERKRY MBV SIMULASIEBENADERING 1

Slegs enkele aspekte van die simulasieresultate word ter illustrasie getoon en bespreek.

 * LRU SPARE PARTS BLOCK *

L R U TYPE NO: 2 ID NAME: RECORDER

	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	CONFIDENCE OF 99%
ACQUISITIONS											95.5%
1) 0.000E+00	12	12	12	13	13	14	15	15	16	18	20

BESPREKING

Die tabel toon die verdeling van die vraag na opnemers aan. Indien met 12 spaaronderdele begin word, sal daar 60% van die tyd in die vraag na onderdele voorsien kan word. Met 18 spaaronderdele verhoog dié waarskynlikheid na 95%.

Die opnemer is nie herstelbaar nie, wat beteken dat die verdeling van die vraag hierbo getoon Poissonverdeel behoort te wees. Die verwagte aantal mislukkings is 12 en 'n Poissonverdeling met gemiddeld van 12 stem ooreen met die verdeling hierbo getoon.

L R U TYPE NO: 4 ID NAME: ANTENNA-X

	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	CONFIDENCE OF 99%	
ACQUISITIONS											95.5%	
1) 0.000E+00	7	7	7	7	7	8	8	8	9	9	10	
NUMBER OF HISTORIES WITH RETURNING SPARES											:	100
AVERAGE RETURN TIME OF FIRST SPARE											:	4.132E-01
NUMBER OF HISTORIES WITH FAILURES AFTER RETURN OF SPARE											:	100
SPARE PARTS AVAILABILITY (IN SECOND PERIOD)											:	9.307E-01
NUMBER OF HISTORIES IN WHICH WAITING TIME WAS OBSERVED											:	96
AVERAGE WAITING TIME FOR SPARE PART											:	8.799E-00

BESPREKING

Die verdeling van die vraag na antennas is nie Poissonverdeel nie. Indien herstel buite rekening gelaat word, is die gemiddelde vraag na antennas ongeveer 62, wat dramaties verskil van die gemiddelde vraag van 7 hierbo getoon. Dié verskil is die direkte gevolg van die beskikbaarheid van herstelde antennas vanaf vlak B.

In elk van die 100 simulasieloepe was daar herstelde antennas beskikbaar op vlak A. Die eerste herstelde antenna was gemiddeld na 41 uur beskikbaar. Die vraag na onderdele gedurende die eerste 41 uur kan dus met die Poissonverdeling benader word. Die beskikbaarheid van herstelde antennas vanaf vlak B gedurende die tweede periode (na 41 uur) is 0,93. Uit die resultate blyk dit ook dat daar by 96 van die 100 simulasielopies, na mislukking van 'n antenna, nie 'n herstelde onderdeel beskikbaar was nie. Die gemiddelde tydsverloop tussen 'n mislukking en die aankoms van 'n herstelde antenna was 8,79 uur.

AVAILABILITY WITH UNLIMITED SPARE PARTS STORAGE

POINTS	AT THE POINT	P.R.S.D.	IN THE INTERVAL	P.R.S.D.
70.00	9.1200000E-01	1.36%	9.5808121E-01	0.49%
140.00	8.9600000E-01	1.62%	9.2332274E-01	0.78%
210.00	9.0400000E-01	1.45%	9.1103575E-01	0.90%
280.00	9.2200000E-01	1.26%	9.1986276E-01	0.73%
350.00	9.2800000E-01	1.20%	9.3917120E-01	0.64%
420.00	9.1200000E-01	1.40%	9.3154723E-01	0.70%
490.00	9.2000000E-01	1.19%	9.2941054E-01	0.74%
560.00	9.1800000E-01	1.24%	9.3724971E-01	0.69%
630.00	9.3400000E-01	1.18%	9.3407850E-01	0.77%
700.00	9.0600000E-01	1.48%	9.1999761E-01	0.71%

AVERAGE UNAVAILABILITY IN	(0, SERVICE-TIME)	:	6.962428E-02
AVERAGE DOWN TIME IN	(0, SERVICE-TIME)	:	4.873699E+01
AVERAGE RISK COST IN	(0, SERVICE-TIME)	:	7.307714E+05

PROBABILITIES OF K OPERATIONAL SYSTEMS

4 OPERATIONAL SYSTEM(S)

POINTS	AT THE POINT	P.R.S.D.
70.00	9.3000000E-01	2.74%
140.00	9.0000000E-01	3.33%
210.00	9.1000000E-01	3.14%
280.00	9.5000000E-01	2.29%
350.00	9.6000000E-01	2.04%
420.00	9.2000000E-01	2.95%
490.00	9.7000000E-01	1.76%
560.00	9.6000000E-01	2.04%
630.00	9.6000000E-01	2.04%
700.00	9.2000000E-01	2.95%

BESPREKING

Die gemiddelde beskikbaarheid is ongeveer 0,93 en varieer as gevolg van die missieprofielveranderinge. Die risiko-koste (koste van onbeskikbaarheid van die stelsels) beloop R0,7 miljoen. Die laaste tabel gee die waarskynlikheid om op die gespesifiseerde tydstippe 4 stelsels beskikbaar te hê.

Hierdie resultate kan beskou word as 'n boonste grens op die prestasie van die ontplooiende stelsels aangesien dit die effek van onbeperkte onderdeelbeskikbaarheid weergee.

7. DIE SIMULASIERESULTATE VERKRY MBV SIMULASIEBENADERING 2

Ten einde 'n onderste grens op die prestasie van die ontplooiende stelsels te bepaal, kan die simulatie, met geen onderdele beskikbaar nie, herhaal word. Die beskikbaarheid daal na ongeveer 0,33 met 'n gemiddelde onbeskikbaarheid van 0,42. Die risikokoste beloop R4,8 miljoen.

Die resultate in Paragraaf 6 beskryf, dien as basis vir bepaling van die optimum onderdeelstrategie. Op grond van die verdeling van die vraag na onderdele word 'n onderdeelstrategie gekies en die simulatie herhaal.

'n Aanvangsonderdeelvoorraad van 10 opnemers, 4 rekenaars en 7 antennas en geen verdere aanvulling nie, lewer 'n gemiddelde beskikbaarheid van 0,9228 wat baie na aan die syfer vir onbeperkte onderdeelbeskikbaarheid is. Die som van die risiko- en onderdeelkoste beloop R1,2 miljoen rand waarvan die risiko-koste R0,85 miljoen uitmaak. Indien die 95,5% onderdeelvlakke gebruik word, dit wil sê 20 opnemers, 10 rekenaars en 10 antennas beloop die som van die risiko- en onderdeelkoste R1,4 miljoen rand.

Die volgende inligting word ook uit die tweede simulatiebenadering verkry:

 * SPARE PARTS CHARACTERISTICS BLOCK *

L R U TYPE NUMBER	PROBABILITY OF SPARE PART SHORTAGE IN LIFE HISTORY	AVAILABILITY OF THE SPARE PARTS	AVERAGE WAITING TIME
2	6.200000E-01	8.7606310E-01	5.0101675E+01
3	7.800000E-01	9.1328996E-01	8.4267296E+00
4	1.900000E-01	9.9281390E-01	9.3965640E-01

 * SENSITIVITY BLOCK *

L R U TYPE SENSITIVITY FOR DEFINED SPARE PARTS STORAGE

TOTAL NUMBER OF SYSTEMS FAILURES : 1678

LRU TYPE	FAILED PER HISTORY	UNAVAILABILITY SENSITIVITY	SYSTEM FAILURES UPON EACH TYPE	FAILURE SENSITIVITY
1	7.07	1.32443E-02	72	4.29082E-02
2	11.16	6.05632E-02	102	6.07867E-02
3	24.35	8.45103E-02	207	1.23361E-01
4	52.66	8.41682E-01	1297	7.72944E-01

BESPREKING

Aan die hand van die inligting hierbo getoon, kan die onderdeelstrategie aangepas en die simulاسie herhaal word, ten einde die optimum onderdeelstrategie te bepaal.

8. SAMEVATTING

In die artikel word die verwantskap tussen stelselprestاسie, en die omvang en samestelling van logistieke steun wat 'n stelsel ontvang, bespreek. Die besluitveranderlikes wat die omvang en samestelling van die logistieke steun bepaal, word aangetoon en die gebruik van rekenaarprogrammatuur waarmee die aanwending van die logistieke hulpbronne optimiseer kan word, word illustreer.

VERWYSINGS

1. CLAASEN S.J., "BETROUBAARHEIDS-, BESKIKBAARHEIDS- EN LOGISTIEKE STEUNANALISE", Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Bedryfsingenieurswese, Junie 1991.
2. DUBI A. en GOLDFELD A., SPAR - A Multipurpose Monte Carlo based code for the logistic analysis of multisystem fields, Manual and code, 1989.