

TNO-rapport
FEL-97-A126

**Multicriteria Analyse van alternatieve
voertuigenmixen ten behoeve van de
Beleidsvisie Wielvoertuigen Koninklijke
Landmacht**

TNO Fysisch en Elektronisch
Laboratorium

DTIC QUALITY INSPECTED 3

DISTRIBUTION STATEMENT A

Approved for public release;
Distribution Unlimited

19971223 008

TNO-rapport
FEL-97-A126

TNO Fysisch en Elektronisch
Laboratorium

Oude Waalsdorperweg 63
Postbus 96864
2509 JG 's-Gravenhage

Telefoon 070 374 00 00
Fax 070 328 09 61

Multicriteria Analyse van alternatieve voertuigenmixen ten behoeve van de Beleidsvisie Wielvoertuigen Koninklijke Landmacht

DTIC QUALITY INSPECTED 4

Datum
augustus 1997

Auteur(s)
Ir. J.A.M. Hontelez CPIM
Drs. D.J.D. Wijnmalen

Rubricering

Vastgesteld door : Maj. A. van der Zwan
Vastgesteld d.d. : 12 augustus 1997

Titel : Ongerubriceerd
Managementuittreksel : Ongerubriceerd
Samenvatting : Ongerubriceerd
Rapporttekst : Ongerubriceerd
Bijlagen A - B : Ongerubriceerd

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onderzoeks-
opdrachten aan TNO dan wel de
betreffende ter zake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Exemplaar. : 08
Oplage : 80
Aantal pagina's : 40 (incl. bijlagen,
excl. RDP & distributielijst)
Aantal bijlagen : 2

© 1997 TNO

DISTRIBUTION STATEMENT A
Approved for public release;
Distribution Unlimited

TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium is onderdeel
van de hoofdgroep TNO Defensieonderzoek
waartoe verder behoren:

TNO Prins Maurits Laboratorium
TNO Technische Menskunde



Nederlandse Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Managementuittreksel

Titel : Multicriteria Analyse van alternatieve voertuigenmixen ten behoeve van de Beleidsvisie Wielvoertuigen Koninklijke Landmacht

Auteur(s) : Ir. J.A.M. Hontelez CPIM, Drs. D.J.D. Wijnmalen

Datum : augustus 1997

Opdrachtnr. : A97KL609

IWP-nr. : 749

Rapportnr. : FEL-97-A126

In dit rapport is een multicriteria analyse beschreven die is toegepast ten behoeve van de studie 'Beleidsvisie wielvoertuigen' van de Koninklijke Landmacht (KL). In de beleidsvisie is een viertal mogelijke alternatieven bepaald voor het assortiment en de hoeveelheid wielvoertuigen dat de Koninklijke Landmacht in de toekomst nodig heeft om de operationele vervoerstaken te kunnen uitvoeren. Hierbij is zowel rekening gehouden met crisisbeheersingsoperaties als met de algemene verdedigingstaak.

De vier alternatieven zijn:

- Mix-A Een drietal typen voertuigen met netto laadcapaciteiten 14, 8 en 4 ton respectievelijk;
- Mix-B Een tweetal typen voertuigen met netto laadcapaciteiten van 14 en 4 ton respectievelijk;
- Mix-C Een tweetal typen voertuigen met netto laadcapaciteiten van 14 en 8 ton respectievelijk;
- Mix-D Eén type voertuig met netto laadcapaciteit van 14 ton.

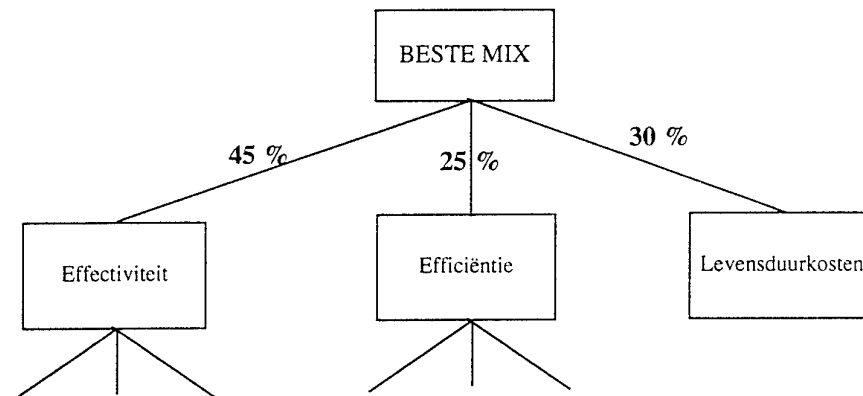
Verder zijn er twee typen 'zware' voertuigen benodigd (800 KN en 400 KN); de samenstelling hiervan is bij de vier alternatieven identiek. In deze studie is voorts een 'huidige situatie' als referentie mee in beschouwing genomen:

Huidig H De samenstelling van voertuigen in de huidige situatie, waarin echter de reeds door de Legerraad vastgestelde benodigde wissellaadsystemen voor fysieke distributie zijn meegenomen.

Het doel van de multicriteria analyse is tweeledig:

1. het inzichtelijk maken van het keuzeproces, om te komen tot een voorkeur voor één van de vier alternatieven, alsmede ;
 2. de daadwerkelijke bepaling welke van de vier alternatieven de voorkeur geniet.
- Het eerste punt heeft als grote voordeel dat discussies omtrent voorkeuren toegespitst kunnen worden op een inhoudelijke discussie met de specifieke criteria waarop eventueel verschillen van meningen bestaan.

Een model is ontwikkeld waarin de criteria zijn aangegeven die invloed hebben op de uiteindelijke keuze. Deze criteria zijn weergegeven in een 'hiërarchische boom' waarin de relaties en gewichten van de criteria ten opzichte van elkaar zijn aangegeven. Op het hoogste niveau in de hiërarchie van het model wordt een onderscheid gemaakt tussen factoren die te maken hebben met effectiviteit en efficiëntie. Deze criteria zijn verder uitgesplitst. Daarnaast is als derde aspect de levensduurkosten onderscheiden. In onderstaande figuur is dit hoogste niveau weergegeven.

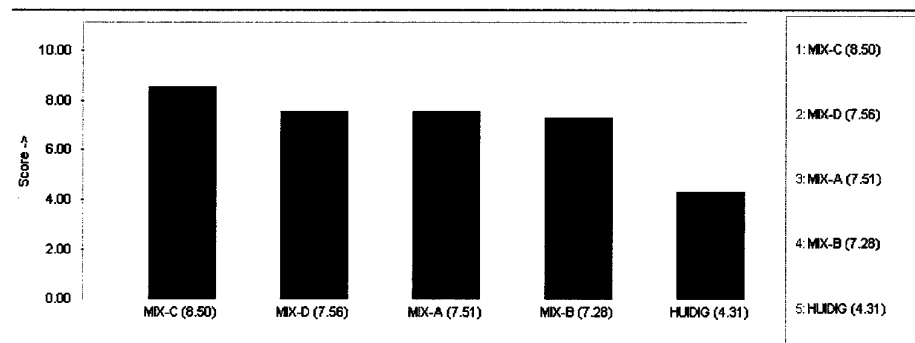


Figuur 1 'Top' van de boom van criteria.

De alternatieven zijn uiteindelijk binnen de hierboven geschetste hoofdindeling (Figuur 1) beoordeeld op criteria waarop een gefundeerde expertmening kon worden gegeven, de zg. 'directe' criteria. In de analyse zijn slechts criteria beschouwd waarop de alternatieven van elkaar zouden kunnen afwijken, aangezien het doel van de opdracht is om het onderscheid tussen de alternatieven zichtbaar te maken. Bij elk direct criterium is een beoordeling gegeven voor elk alternatief op een schaal van 0 t/m 10, waarbij het beste alternatief immer de score '10' krijgt en vervolgens de andere alternatieven een cijfer dat aangeeft in hoeverre deze minder goed zijn dan het beste alternatief ten aanzien van dat specifiek criterium. Opgemerkt zij dat alleen haalbare alternatieven beschouwd zijn, zodat niet gezegd kan worden dat bijvoorbeeld een '4' onvoldoende is.

De analyse is uitgevoerd met behulp van de experts van de Cluster Logistiek van de Landmachtstaf, directie Beleid en Planning, afdeling Beleidsontwikkeling (LAS/BO/LOG), die betrokken zijn bij de genoemde beleidsvisie. Zij hebben uiteindelijk de criteria, de beoordelingen en wegingsfactoren vastgesteld.

Op basis van de beoordelingen van de alternatieven op de directe criteria en toekenning van de gewichten aan de criteria, is een aggregatie gemaakt naar de 'beste mix'. In figuur 2 is deze eindscore weergegeven.



Figuur 2 Scores van de alternatieven

Enige toelichting op de interpretatie van de scores is op zijn plaats. De eindscore van een alternatief kan het best uitgelegd worden door de afwijking van het cijfer '10' te beschouwen: het verschil tussen de eindscore met '10' is de gewogen som van de verschillen met de beste score op elk der aspecten. Aangezien de alternatieven slechts ten opzichte van elkaar beoordeeld zijn, geeft de eindscore geen absoluut oordeel. Indien een alternatief een eindscore van 10 zou hebben, dan zou dat betekenen dat het alternatief op alle criteria als beste van de 5 alternatieven was aangemerkt.

Voorts is een aantal analyses verricht om meer inzicht te verschaffen in dit eindresultaat. Dit heeft geleid tot een aantal conclusies:

Conclusies:

- i) De genoemde 'huidige situatie' scoort in zijn algemeenheid het slechtst; een keuze voor één van de vier alternatieven is dus een verbetering ten opzichte van de huidige situatie.
- ii) In de eindevaluatie geniet een assortiment van een tweetal typen voertuigen met netto laadcapaciteiten van 14 en 8 ton de voorkeur (alternatief Mix-C). De andere drie alternatieven verschillen weinig in de eindbeoordeling.
- iii) De genoemde voorkeur is behoorlijk 'robuust' ten aanzien van de gewichten op de hoofdcriteria (effectiviteit, efficiëntie en levensduurkosten). Hiermee wordt bedoeld dat indien de belangrijkheid van een van deze criteria over- of onderschat zou zijn door de experts, een ander alternatief niet 'gauw' hoger scoort dan Mix-C.
- iv) Op het gebied van effectiviteit is er een duidelijke voorkeur voor alternatief Mix-D waarin slechts voertuigen met één netto laadcapaciteit (14 ton) worden aangeschaft.
- v) Indien de levensduurkosten geheel buiten dit keuzeproses gehouden zouden worden, zou alternatief Mix-D de voorkeur genieten, vervolgens Mix-B en Mix-C ongeveer gelijkwaardig zijn en alternatief Mix-A de vierde plaats innemen. Onder levensduurkosten wordt verstaan: alle kosten die gemaakt worden gedurende de levensduur: voorzien-in, instandhouding en afstoting.
- vi) Voor zover op dit moment duidelijkheid is omtrent de verwachte levensduurkosten, kan gesteld worden dat Mix-D en Mix-B relatief dure alternatieven

zijn en aldus in negatieve zin erg gevoelig zijn naarmate het kostenaspect een belangrijkere rol gaat spelen in het uiteindelijke keuzeproces. Alternatief Mix-C daarentegen is erg gevoelig in positieve zin en is naar verwachting de goedkoopste optie.

Aanbevelingen:

- i) Kennis nemen van de resultaten van de multicriteria analyse bij het uiteindelijke opstellen van het advies en bij het maken van de uiteindelijke keuze.
- ii) Indien er verschillen van mening zijn, nadere analyses met het huidige model uitvoeren om na te gaan in hoeverre dit de eindscores van de alternatieven aantast. Idem, indien meer kennis is ontstaan over een of meerdere aspecten die van belang kunnen zijn voor de keuze.

Samenvatting

In dit rapport is een multicriteria analyse beschreven die is toegepast ten behoeve van de bepaling van het assortiment en hoeveelheid wielvoertuigen dat de Koninklijke Landmacht (KL) in de toekomst nodig heeft om de operationele vervoerstaken te kunnen uitvoeren. Uitgangspunt was een viertal mogelijke alternatieven die door de KL zijn vastgesteld.

Met behulp van experts van de KL is een evaluatiemodel opgesteld, waarin de factoren opgenomen zijn die van invloed zijn op de uiteindelijke beslissing om te komen tot de keuze van het beste alternatief. In het model is dit weergegeven in een evaluatiehierarchy van hoofddoel, subdoelen, criteria, kenmerken en alternatieven, gegroepeerd in clusters en niveaus. De relatieve belangrijkheid of gewichten van de beoordelingsaspecten zijn vastgesteld, alsmede de scores van de alternatieven op criteria.

Hiermee is vervolgens een uiteindelijke beoordeling van elk alternatief berekend. Enkele gevoeligheidsanalyses zijn uitgevoerd om na te gaan in hoeverre de voorkeursvolgorde gevoelig is voor kleinere en grotere wijzigingen in de scores en gewichten.

De multicriteria analyse, welke is ondersteund met het softwaremodel TOPSYS, heeft geleid tot een helderder inzicht in de aspecten die een rol spelen in het uiteindelijke beslissingsproces, alsmede tot een duidelijk beeld van de zwakke en sterke punten van elk der alternatieven. Voorts is het beslissingsproces vastgelegd waardoor het ook traceerbaar is.

Inhoud

1.	Inleiding	8
2.	Multicriteria analyse met behulp van TOPSYS.....	9
2.1	Stappen in een besluitvormingsproces.	9
2.2	Model.....	9
2.3	Werkwijze.....	10
3.	Evaluatiemodel	13
3.1	Doelstelling	13
3.2	Alternatieven	14
3.3	Criteria.....	15
3.4	Beoordeling van de alternatieven	22
3.5	Bepaling van de gewichten van de criteria.....	24
3.6	Vergelijken van de alternatieven.....	26
4.	Conclusies en aanbevelingen	32
4.1	Inleiding.....	32
4.2	Conclusies	32
4.3	Aanbevelingen.....	33
5.	Literatuur	35
6.	Ondertekening.....	36
	Bijlagen	
A	Directe criteria: gewichten en scores	
B	Effectiviteit	

1. Inleiding

In de studie 'Beleidsvisie Wielvoertuigen' welke door het cluster 'Logistiek' van de afdeling 'Beleidsontwikkeling' van de Landmachtstaf, directie Beleid en Planning (LAS/BO/LOG) wordt uitgevoerd, is onderzocht met welk assortiment wielvoertuigen de operationele vervoerstaken van de Koninklijke Landmacht (KL) op effectieve en efficiënte wijze kunnen worden uitgevoerd. Daarbij dient een indicatie gegeven te worden van het aantal benodigde voertuigen per toekomstig voertuigtype en dient een voorstel te worden gedaan voor invoering [1].

In de genoemde studie is uiteindelijk een viertal mogelijke opties geïdentificeerd. De vraag is nu deze alternatieven tegen elkaar af te wegen en met elkaar te vergelijken op basis van al dan niet expliciet gestelde criteria, zodat een beoordeling van de vier alternatieven gegeven kan worden.

Bij een dergelijk beslissingsproces begeeft men zich, bewust of onbewust, op het terrein van de multicriteria analyse (MCA). Multicriteria analyse is een gestructureerde evaluatie van alternatieven. Deze benadering kan worden ondersteund door een bijbehorend MCA computer-rekenmodel, TOPSYS genaamd, dat door het Fysisch en Elektronisch Laboratorium van TNO (TNO-FEL) is ontwikkeld. Hiermee kunnen de alternatieven zowel in detail met elkaar worden vergeleken, als in groter verband, waarbij alle belangrijke aspecten in de evaluatie kunnen worden meegenomen. Tevens zijn met dit model (gevoeligheids)analyses mogelijk.

In opdracht van LAS/BO/LOG heeft TNO-FEL met behulp van de experts van LAS/BO/LOG de relevante beoordelingsaspecten geïdentificeerd, gestructureerd en vervolgens analyse verricht op de vier alternatieven van de genoemde vraagstelling en tevens vergeleken met de huidige situatie. In dit rapport zijn de werkwijze en de resultaten hiervan vastgelegd. Essentieel bij een multicriteria analyse is de 'gedwongen' structurering van de relevante aspecten die een rol spelen, waardoor automatisch een beter en helder inzicht ontstaat in het beslissingsproces dat leidt tot de voorkeur van een bepaald alternatief.

In hoofdstuk 2 wordt de multicriteria analyse kort toegelicht. In hoofdstuk 3 wordt allereerst het evaluatie model opgebouwd en ingevuld. Dit houdt in dat de criteria en hun onderlinge samenhang worden beschreven, de scores van de alternatieven op de verschillende criteria, en de 'gewichten' die aan de verschillende criteria zijn toegekend. Vervolgens worden de resultaten gepresenteerd, waarbij enkele gevoeligheidsanalyses zijn verricht. In hoofdstuk 4 worden tenslotte conclusies getrokken naar aanleiding van de multicriteria analyse en enkele aanbevelingen gedaan.

2. Multicriteria analyse met behulp van TOPSYS

Multicriteria analyse is een beslissingsondersteunende benadering bij de beoordeling en onderlinge afweging van alternatieve mogelijkheden in het algemeen en in het bijzonder voor inzet en samenstelling van middelen van een militaire organisatie. In dit hoofdstuk wordt kort de benadering nader beschreven zoals die gebruikt is bij de beleidsstudie 'wielvoertuigen'. Het bijbehorende softwarepakket TOPSYS dat in deze studie is gebruikt, is door TNO-FEL ontwikkeld. Voor verdere informatie van TOPSYS wordt verwezen naar de user manual [3]; voor meer informatie over multicriteria analyse kan [2] geraadpleegd worden.

2.1 Stappen in een besluitvormingsproces

In het algemeen kunnen de volgende stappen in een besluitvormingsproces worden onderkend:

1. Definitie probleemstelling (in feite voorafgaand aan het besluitvormingsproces).
2. Identificatie alternatieve keuzemogelijkheden.
3. Identificatie (beleids)doelen en daaruit afgeleide beoordelingscriteria.
4. Het beoordelen en waarderen van de alternatieven volgens elk der criteria waarop een directe beoordeling mogelijk is.
5. Het waarderen van de (relatieve) belangrijkheid van de criteria.
6. Het vergelijken van de alternatieven en het aldus komen tot een eindoordeel voor elk alternatief (al dan niet met behulp van een rekenmethode), en dus komend tot een advies.
7. Het nemen van de uiteindelijke beslissing.

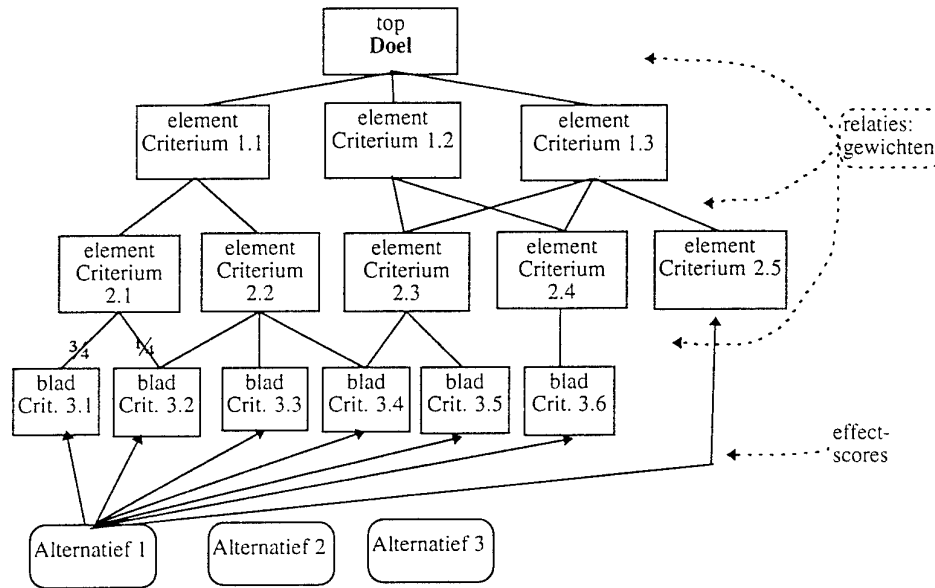
TOPSYS ondersteunt dit proces, waar met name het doel is stap 4, 5 en 6 te ondersteunen, alsmede een visualisering van de resultaten van stap 3. Daartoe dienen de genoemde stappen op een bepaalde gestructureerde wijze te worden doorlopen, wat leidt tot een evaluatiemodel zoals in de volgende paragraaf wordt beschreven.

2.2 Model

Een evaluatiemodel is in principe een hiërarchische structuur (een 'boom') bestaande uit de volgende elementen (zie ter illustratie figuur 2.2.1):

- top: het topelement: de algemene of hoofddoelstelling / eindoordeel;
elementen: de criteria in de afwegingshiërarchie en de alternatieven die worden vergeleken;
bladeren: de onderste elementen/criteria. De criteria waarop een alternatief feitelijk wordt beoordeeld, ook wel de 'directe criteria' genoemd;
relaties: geven het verband aan tussen de criteria (de gewichten);

effectscores: de waardering ('scores') van alternatieven op de verschillende 'bladeren' in de boom.



Figuur 2.2.1: Evaluatiemodel.

De verschillende alternatieven worden beoordeeld op de criteria die in de bladeren staan; van elk ander criterium wordt aangegeven hoe de onderliggende elementen en bladeren bijdragen tot de waarde van ervan. Bijvoorbeeld: criterium 2.1 in figuur 2.2.1 wordt bepaald of gewaardeerd door criterium 3.1 en 3.2, waarvan de eerste driemaal zo zwaar meeweegt als de laatste.

2.3 Werkwijze

Het in paragraaf 2.1 genoemde stappenplan is tijdens de studie gevolgd. In deze paragraaf worden de verschillende stappen toegelicht.

Raadplegen experts

Bij de studie zijn intensief de twee experts van LAS/BO/LOG betrokken die belast zijn met het opstellen van de beleidsvisie, te weten:

- Lkol. P.F. Lavies.
- Maj. A. v.d. Zwan.

Voorts is bij stap 3, het opstellen van de criteria, Maj. J.C. Elve, eveneens afkomstig van LAS/BO/LOG, betrokken geweest.

Gevolgte stappen:

1. Doelstelling en

2. Alternatieven

In de Beleidsvisie [1] is uitgebreid ingegaan op de doelstelling. Tevens zijn daar de alternatieven beschreven, alsmede de wijze waarop deze tot stand zijn gekomen. In het volgende hoofdstuk worden deze items slechts kort genoemd.

3. Criteria

Daarna wordt het hiërarchische criteriamodel gepresenteerd. Dit model is ontstaan is door middel van een aantal bijeenkomsten met de experts. In een brainstormachtige sessie is 'ongeordend' een groot aantal aspecten naar boven gekomen die een rol spelen in de onderlinge afweging van de alternatieven. Hierbij is niet getracht volledig te zijn, maar juist alleen die criteria te vinden die **onderscheidend** zijn voor de alternatieven. Vervolgens is door TNO-FEL deze verzameling gestructureerd in een hiërarchisch model, welke vervolgens weer is besproken met en bijgesteld door LAS/BO/LOG. In het verdere verloop van het proces zijn door voortschrijdend inzicht nog enkele wijzigingen aangebracht, maar het grote raamwerk lag er na deze eerste fase van het projekt.

4. Beoordeling alternatieven

Hierna zijn de alternatieven beoordeeld op de criteria die de 'bladeren' vormen in de hiërarchische structuur. Dit is in een aantal stappen uitgevoerd. In eerste instantie hebben de twee eerstgenoemde experts onafhankelijk van elkaar een rangorde opgesteld per criterium. Dit is in een gezamenlijke sessie besproken welke uiteindelijk leidde tot een gezamenlijk oordeel. Deze procedure is nogmaals gevolgd om vervolgens een waarde-oordeel te geven per criterium. Hierbij is een schaal van 0 tot en met 10 gehanteerd, waarbij het beste alternatief op het betreffende criterium immer een waarde 10 kreeg.

5. Bepaling gewichten van de criteria

In een soortgelijke procedure zijn de gewichten van de criteria bepaald. Onafhankelijk van elkaar hebben de experts hun oordeel gegeven; vervolgens is dit besproken in een bijeenkomst waarna consensus daarover is bereikt.

6. Vergelijken van de alternatieven

Nadat het model is opgezet en ingevuld, zijn met het softwarepakket TOPSYS de resultaten gepresenteerd. Die bestaan primair uit de uiteindelijke voorkeursvolgorde van de alternatieven, op basis van de expertbeoordelingen. Van even groot belang is echter na te gaan in hoeverre dit resultaat gevoelig is voor kleinere en grotere wijzigingen. Ook experts zullen niet alle aspecten even nauwkeurig kunnen beoordelen, voorts kunnen er nog verschillen van mening zijn met anderen.

Door middel van (gevoeligheids)analyses wordt getracht de robuustheid en verschillen duidelijker te krijgen. Tevens is op deze wijze door de experts kennis gemaakt met de mogelijkheden van TOPSYS en de MCA-benadering; allerlei 'what-if' vragen die misschien in de toekomst spelen, kunnen hiermee immers ook worden beantwoord.

3. Evaluatiemodel

In dit hoofdstuk wordt het evaluatiemodel beschreven conform de in paragraaf 2.3 beschreven werkwijze.

3.1 Doelstelling

In de deelstudie 'Fysieke Distributie' [4] is de (her)bevoorrading van goederen naar operationeel ingezette eenheden voorzien van een nieuw fysiek distributieconcept, zodanig dat dit is afgestemd op 'nieuwe' KL-inzetoepies. In dat concept is aangegeven dat in de toekomst op grote schaal gebruik gemaakt gaat worden van containers, flatracks en de daarbij behorende wissellaadsystemen. Binnen enkele jaren zullen de huidige voertuigen worden vervangen door deze nieuwe typen.

In de 'Beleidsvisie Wielvoertuigen' [1] wordt voorts onderzocht in hoeverre het totale voertuigenpark op termijn dient te worden vervangen zodanig dat ook de andere operationele vervoerstaken bij het nieuwe concept aansluiten. Heel concreet luidt de probleemstelling van de Beleidsvisie:

Onderzoek met welk assortiment wielvoertuigen de vervoerstaken op effectieve en efficiënte wijze kunnen worden uitgevoerd. Geef een indicatie van het aantal benodigde voertuigen per toekomstig voertuigtype en doe een voorstel op welke wijze de 'soll-situatie' kan worden bereikt.

Uitgangspunten en randvoorwaarden voor de MCA-analyse.

Een groot deel van de vraagstelling is onderzocht en vastgelegd. Zo is een duidelijk beeld ontstaan omtrent het fysieke distributieconcept, waartoe ook de interne distributie van de operationele eenheden gerekend wordt. Er is uiteindelijk een viertal alternatieven overgebleven.

Doel MCA-analyse

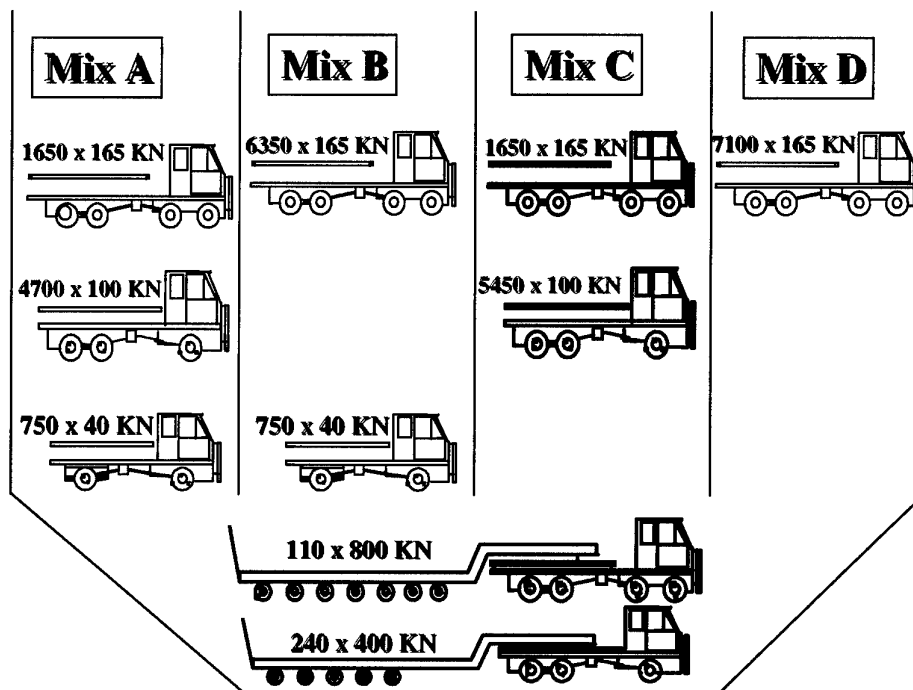
Het doel van de MCA-analyse is om deze vier alternatieven op een aantal aspecten te beoordelen en tot een eindoordeel te komen.

De belangrijkste uitgangspunten en randvoorwaarden (voor de MCA-analyse) zijn:

1. Het distributieconcept is bekend en ligt vast. Het voorstel dient echter nog wel goedgekeurd te worden. De afweging tussen de verschillende andere mogelijke concepten wordt echter niet met deze MCA-analyse gedaan.
2. Er is een viertal mogelijke alternatieven; uit het door Maj. vd Zwan geleide onderzoek is gebleken dat de aantallen voertuigen in deze alternatieven gelijk zijn; het verschil zit in het assortiment.
3. De multicriteria analyse hoeft niet te leiden tot een oordeel in absolute zin over de aantrekkelijkheid van de alternatieven. Een relatieve beoordeling van de alternatieven, d.w.z. ten opzichte van elkaar is voldoende.
4. Er wordt overgegaan op het onafhankelijk lastdrager concept.

5. Alle operationele logistieke vervoerstaken dienen volledig te kunnen worden uitgevoerd door het assortiment (er zijn geen andere middelen die deels / tijdelijk een taak kunnen overnemen).
6. De operationele vervoerstaken zijn:
 - fysieke distributie onder operationele omstandigheden;
 - verplaatsen van onderdeelpersoneel, - uitrusting en -voorraden;
 - vervoer van rupsvoertuigen;
 - berging en afvoer.
7. De situatie van de Algemene VerdedigingsTaak (AVT) wordt beschouwd. Aangenomen wordt dat met de hiervoor benodigde middelen ook de inzetopties peacekeeping, humanitaire hulpverlening en peace enforcing uitgevoerd kunnen worden.
8. Tot aan de aanvullingsplaats (APL) vindt de fysieke distributie plaats met civiel gevorderde voertuigen (in de AVT).

3.2 Alternatieven



Figuur 3.2.1: De mixen zoals in de Beleidsvisie is aangegeven.

In figuur 3.2.1 zijn de vier te beschouwen alternatieven aangegeven. In tabel 3.2.2 is voorts het assortiment, de laadcapaciteit van de verschillende typen en de gedachte benodigde aantallen volgens de globale schatting weergegeven. Verder is een 'huidige' situatie H weergegeven. Dit is de situatie waar de vastgestelde benodigde wissellaadsystemen voor fysieke distributie in worden meegenomen. Opgemerkt zij, dat in de afweging tussen de mixen de zware voertuigen 800KN en 400KN niet ter discussie staan. Deze voertuigen worden dan ook niet in de

multicriteria analyse meegenomen, aangezien een uitgangspunt is om de **verschillen** tussen de vier mixen zichtbaar te maken (zie paragraaf 2.3).

Tabel 3.2.2: *De alternatieven.*

Alternatief	Typen	Netto laadcapaciteit	Aantal benodigd
Mix A	A 165	14 ton	1650
	A 100	8 ton	4700
	A 40	4 ton	750
			Totaal: 7100
Mix B	A 165	14 ton	6350
	A 40	4 ton	750
			Totaal: 7100
Mix C	A 165	14 ton	1650
	A 100	8 ton	5450
			Totaal: 7100
Mix D	A 165	14 ton	7050
H (Huidig)	WLS	14 ton	850
	YAZ 2300	19 ton	
	YA 4442	4 ton	
	----- zie de beleidsvisie		

3.3 Criteria

Beperking criteria

De verzameling criteria waarop de alternatieven worden beoordeeld, dient zo 'volledig' mogelijk te zijn; alle relevante aspecten dienen te zijn afgedekt. Het is echter van belang om de structuur zo klein mogelijk en zo eenvoudig mogelijk te houden. De belangrijkste redenen daarvoor zijn:

- beperking van de noodzakelijke informatiebehoefte om de alternatieven te kunnen beoordelen op de criteria;
- verwijdering van overlap en afhankelijkheid;
- behoud van overzicht.

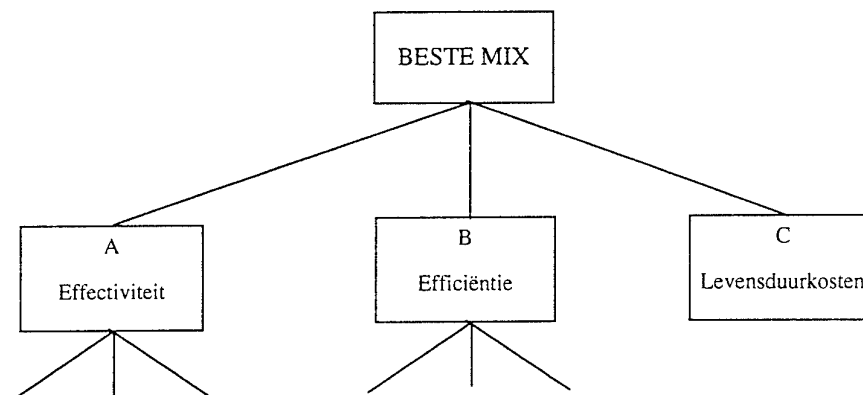
Daartoe is afgesproken te proberen om slechts die criteria te beschouwen die onderscheidend zijn ten aanzien van de genoemde alternatieven; criteria waarop alle alternatieven dezelfde prestatie leveren, geven geen onderscheid aan en zijn aldus voor de afweging niet relevant. Het gevolg is overigens dat in het eindoordeel de verschillen tussen de alternatieven worden benadrukt. Dit is vanwege het uitgangspunt 3 genoemd in paragraaf 3.1 acceptabele geacht.

Opgemerkt zij, dat een aantal criteria wordt genoemd waaraan minimale eisen worden gesteld (zoals bijvoorbeeld de geschiktheid voor de taakuitvoering, de terreinwaardigheid en de STANAG-norm voor interoperabiliteit). De alternatieven voldoen aan deze eisen. In de multicriteria afweging gaat het er vooral om in hoeverre er *beter wordt gescoord* op deze criteria, dan slechts de minimale eisen. Verder dient bij de *weging* van deze criteria rekening gehouden te worden hoe belangrijk het is wanneer een bepaald alternatief beter 'scoort' dan het minimaal

defensie) is besloten deze niet in de afweging mee te nemen. Het is evenwel mogelijk deze aspecten in een later stadium van de verwerving alsnog mee te nemen.

Hiërarchisch model en definities van de begrippen

Op het hoogste niveau in de hiërarchie wordt een onderscheid gemaakt tussen factoren die met effectiviteit en met efficiëntie te maken hebben. Daarnaast is als derde aspect de levensduurkosten (LCC) onderscheiden.



Figuur 3.3.1: Top van het hiërarchisch model van criteria.

A Effectiviteit

Effectiviteit is de mate waarin de operationele taken kunnen worden uitgevoerd. Een opsplitsing is gemaakt in prestatie in het operationeel gebruik, logistieke ondersteuning en 'overige operationele aspecten'. Zie ter illustratie figuur 3.3.2.

A.1 Prestatie

Onder prestatie worden die aspecten verstaan die direct een relatie hebben met de kwaliteit van het resultaat. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar de prestatie van de vier verschillende vervoerstaken afzonderlijk:

A.1.1 *Taakgeschiktheid fysieke distributie;*

A.1.2 *Taakgeschiktheid verplaatsen onderdeelpersoneel, -uitrusting en -voorraden;*

A.1.3 *Taakgeschiktheid vervoer van rupsvoertuigen;*

A.1.4 *Taakgeschiktheid berging en afvoer.*

Per vervoerstaak kan de taakgeschiktheid worden afgemeten aan de hand van de volgende vier kenmerken:

A.1.(1t/m4).1 Laadcapaciteit

De mate waarin de laadcapaciteit bijdraagt aan de taakgeschiktheid.

A.1.(1t/m4).2 Manoeuvrbaarheid

Hieronder wordt de mate van de beweeglijkheid, de bestuurbaarheid en de wendbaarheid van de voertuigen verstaan.

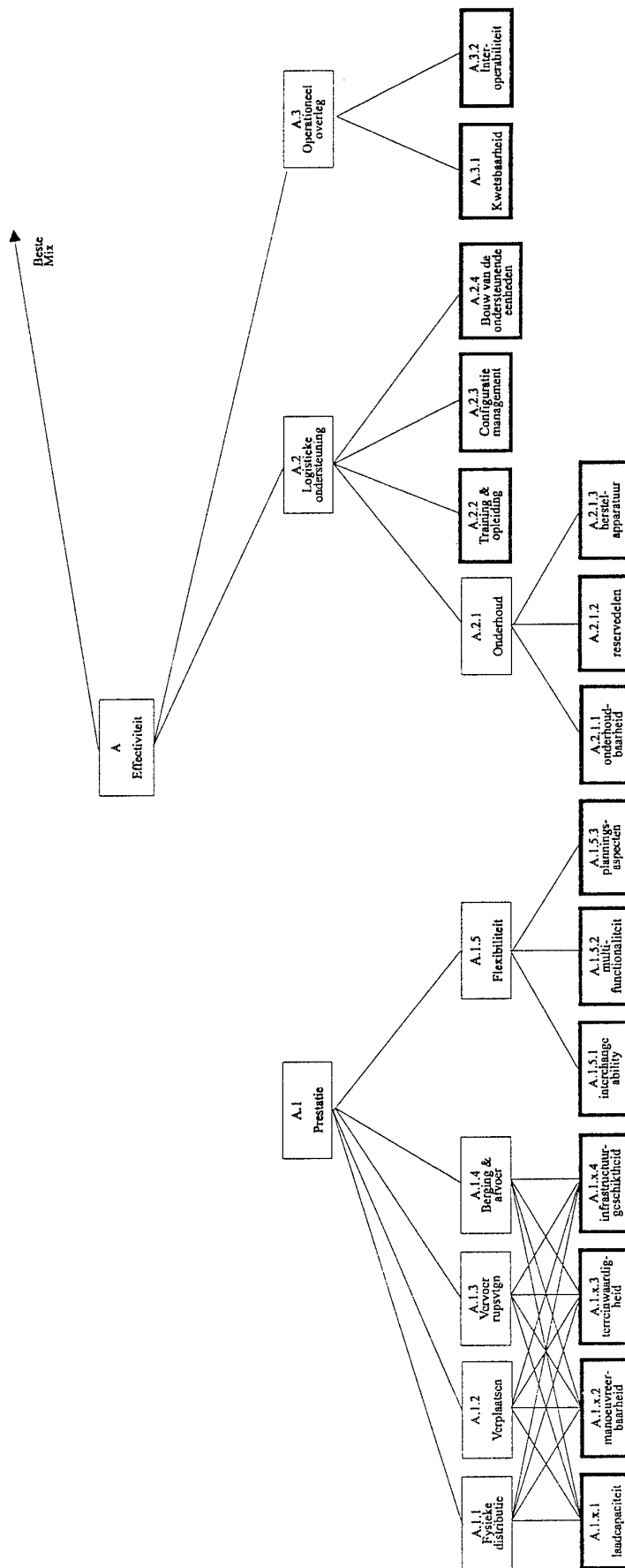
A.1.(1t/m4).3 Terreinwaardigheid

De mate waarin de voertuigen presteren onder verschillende, zware terreinomstandigheden. Aspecten die hierbij spelen zijn o.a. de trekkracht en het motorvermogen.

A.1.(1t/m4).4 Infrastructuur geschiktheid

De mate waarin de voertuigen gebruik kunnen/mogen maken van de in het inzetgebied bestaande infrastructuur. Van invloed hierop zijn o.a. de afmetingen en het gewicht (de Military Load Classification (MLC)), de snelheid, de actieradius en de robuustheid van de voertuigen.

Daarnaast wordt onderkend dat de behoefte aan de vier verschillende taken wisselend is gedurende een operatie, alsook bij verschillende typen operatiën, zonder dat deze afzonderlijk worden benoemd. Hieruit blijkt dat elk alternatief ook beoordeeld dient te worden naar de mate waarin deze flexibel is om het takenpakket als geheel te allen tijde te kunnen uitvoeren:



Figuur 3.3.2: Deel van het hiërarchisch model van criteria: de effectiviteitskenmerken.

A.1.5 Flexibiliteit

Onder flexibiliteit onderscheiden we:

A.1.5.1 Interchangeability

Uitwisselbaarheid van de voertuigen tussen de verschillende eenheden. Ook indien de mate van nationale samenwerking verschilt tussen de alternatieven, dient dit te worden meegenomen in de waardering van dit criterium.

A.1.5.2 Multifunctionaliteit

Uitwisselbaarheid van de voertuigen (binnen de mix en de verschillende laadeenheden) tussen de verschillende vervoerstaken. Het gebruik van verschillende subunits op een voertuig, alsmede de mogelijkheid meerdere ladingen mee te kunnen nemen, speelt hier ook een rol.

A.1.5.3 Planningsaspecten

De complexiteit van de capaciteitstoewijzing aan de verschillende vervoerstaken, alsmede aan de verschillende ladingen die getransporteerd dienen te worden. Bedacht moet worden dat bij één type voertuig de planning en toewijzing (voor zowel de voertuigen als het personeel) relatief eenvoudiger gaat dan bij verschillende typen voertuigen.

A.2 Logistieke ondersteuning

Alle aspecten die als ondersteuning noodzakelijk zijn om de voertuigen de operationele taken te kunnen laten uitvoeren. De inrichting en instandhouding van de onderhoudsorganisatie, alsmede de samenstelling en inrichting van de ondersteunende eenheden worden hieronder verstaan. Opgemerkt zijn dat hier niet het kostenaspect van de logistieke ondersteuning wordt bedoeld, maar de invloed op de prestatie. De kosten worden in de levensduurkosten meegenomen.

A.2.1 Onderhoud

Aspecten die direkt te maken hebben met het onderhoud van de voertuigen:

A.2.1.1 Onderhoudbaarheid

De complexiteit van het onderhoud (bij herstel), alsmede de frequentie waarin (preventief) onderhoud dient te worden uitgevoerd.

A.2.1.2 Reservedelen

De aantallen en het aantal verschillende soorten reservedelen die benodigd zijn.

A.2.1.3 Herstelapparatuur

De complexiteit, de omvang en de verschillende soorten van de noodzakelijke herstelapparatuur.

A.2.2 Training en Opleiding

De omvang en verscheidenheid van de training en opleiding van zowel chauffeurs, kader als onderhoudspersoneel

A.2.3 Configuratiemanagement

De invloed op de effectiviteit t.g.v. de complexiteit van de inspanning en beheersing voor het configuratiemanagement.

A.2.4 *Bouw van de ondersteunende eenheden*

De complexiteit van het samenstellen van (taylor-made) ondersteunende eenheden.

A.3 Overige operationele aspecten

Hieronder worden die aspecten verstaan die niet direct de prestatie bepalen, maar daarvoor voorwaardelijk zijn onder bepaalde, specifieke omstandigheden die zich bij een inzet kunnen voordoen.

A.3.1 *Kwetsbaarheid*

De mate waarin de voertuigen gevoelig zijn voor de (gevolgen van) vijandelijke acties en daardoor de taken niet (optimaal) kunnen uitvoeren. Belangrijke kenmerken bij vijandelijke dreiging zijn :

- Camouflage
Zowel het gemak waarmee en de mate waarin camouflage-maatregelen kunnen worden uitgevoerd, alsmede de signatuur, d.w.z. de herkenning van het voertuig door vijandelijke eenheden, wordt hieronder verstaan.
- Bescherming
De bescherming tegen uitwerking van mijnen, geweervuur en andere wapensystemen. De mogelijkheid om, afhankelijk van de dreiging, modulair 'lichte' of 'zwaardere' beschermingsfaciliteiten te kunnen aanbrengen speelt hierbij ook een grote rol.
Verder zij opgemerkt dat bescherming van met name personeel een hoge prioriteit heeft, en aldus de score op dit criterium 'zwaar' weegt.
Bescherming tegen weersinvloeden valt onder het criterium 'kwetsbaarheid'.

A.3.2 *Interoperabiliteit*

Eisen die gesteld worden vanwege de noodzaak en eis tot internationale samenwerking te kunnen komen bij operatiën. Voor de transporteenheid (container, flatrack, e.d.) is bijvoorbeeld geëist dat deze aan de STANAG-norm dient te voldoen. Van belang is te onderkennen dat vervoerstaken, dan wel delen van vervoerstaken overgenomen moeten kunnen worden voor en door buitenlandse eenheden. Daartoe dienen de voertuigen zodanig te zijn dat zo goed mogelijk aangesloten moet kunnen worden op de systemen van andere NATO- (en VN-) partners.

B Efficiëntie

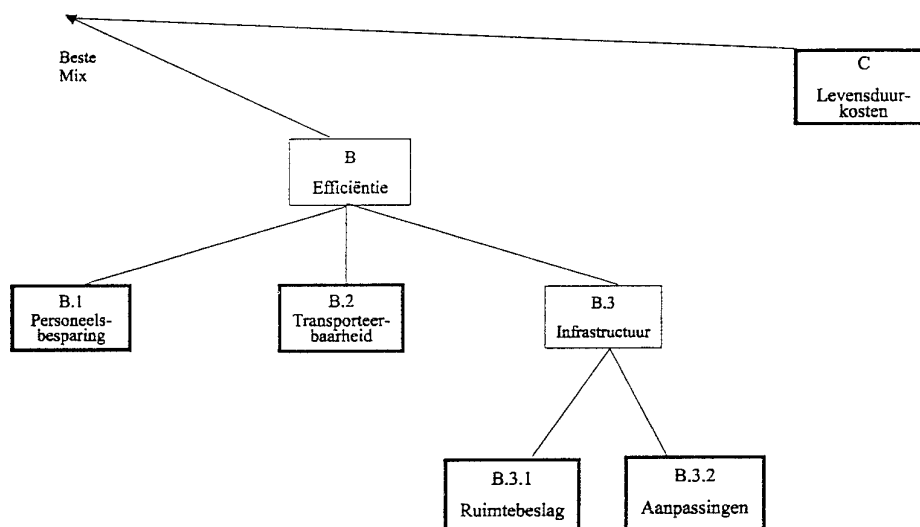
Aspecten die op het gebied van efficiëntie van belang zijn, worden opgedeeld in een drietal factoren die hieronder worden toegelicht. Zie ook figuur 3.3.3.

Nogmaals zij benadrukt dat alleen relevante aspecten die tevens onderscheidend zijn, hier worden benoemd. Het aspect "milieu" (geluids-, lucht-, bodem-, infrastructurale en visuele belasting van het milieu, alsmede de te treffen maatregelen ten gevolge van het ontlasten van het milieu onder niet-operationele omstandigheden zoals in de wegenverkeerswetgeving voor transport en opslag van munitie, chemische middelen en brandstof, zijn vastgelegd) bijvoorbeeld is wel

relevant, maar wordt niet als onderscheidend gezien tussen de alternatieven. Voorts zij benadrukt dat de aspecten die alleen als kosten dienen te worden meegenomen in de beslissing en onder de 'levensduurkosten' vallen, niet hier vernoemd dienen te worden. Andere zwaarwegende redenen, alsmede kosten die niet in de levensduurkosten worden meegenomen dienen onder 'Efficiëntie' te worden benoemd.

B.1 Personeelsbesparing

De besparing t.o.v. de huidige situatie van de omvang van het benodigd personeel, zowel chauffeurs, kader als onderhoudspersoneel. Dit aspect is van groot belang, aangezien er 'schaarste' aan personeel is en dientengevolge personeelsarme alternatieven zeer welkom zijn.



Figuur 3.3.3: Deel van het hiërarchisch model van criteria: de niet-effectiviteitskenmerken.

B.2 Transportkosten

De kosten van het transport van de voertuigen naar het inzetgebied.

B.3 Infrastructuur

De infrastructurele voorzieningen en de inspanningen voor (mob-)opslag van de voertuigen. Onderkend kan worden:

B.3.1 Ruimtebeslag

Het ruimtebeslag dat benodigd is.

B.3.2 Aanpassingen

De inspanning om de noodzakelijke aanpassingen te verrichten in de infrastructurele voorzieningen.

C Levensduurkosten (LCC)

Hieronder worden de levensduurkosten verstaan, zoals die berekend worden met behulp van de FEL-SALDO methodiek en geschat worden door DMKL, afdeling Beproevingen. Dit criterium wordt daardoor niet verder uitgesplitst en uitgewerkt in deze multicriteria analyse. Er is besloten een eindoordeel per alternatief op het criterium 'levensduurkosten' mee te nemen in het evaluatiemodel.

Een volledig overzicht van de hiërarchie in één tabel is in bijlage A, Tabel A.1 gegeven.

3.4 Beoordeling van de alternatieven

Het hiërarchische model van criteria biedt de mogelijkheid om het complexe proces van beoordeling van de alternatieven te structureren en te vereenvoudigen. Per criterium kan voor elk alternatief een uitspraak gedaan worden, vooral voor de criteria die niet meer verder zijn opgesplitst. In deze paragraaf worden de beoordelingen van de experts gegeven op de criteria die niet meer verder uitgesplitst zijn.

Elk alternatief heeft een beoordeling gekregen op de 'directe' criteria die onderaan in de hiërarchie staan en niet verder zijn uitgesplitst (de zg. bladeren). Afsproken is om een beoordeling te maken op een schaal van 0 tot en met 10, waarbij het alternatief dat het beste scoort op het criterium, een beoordeling '10' krijgt. Opgemerkt zij, dat de beoordeling dus geen 'rapportcijfer'-beoordeling is. Elk alternatief voldoet in principe aan de gestelde criteria en kan geen 'onvoldoende' krijgen. De schaal van 0 - 10 moet in die zin dan ook anders geïnterpreteerd worden: een relatieve beoordeling per criterium op een schaal van 0 t/m 10. De resultaten van de scores op de directe criteria zijn in tabel 3.4.1 gegeven. Voor de werkwijze volgens welke de beoordelingen tot stand zijn gekomen, wordt verwezen naar paragraaf 2.3.

Tabel 3.4.1 Scores (relatief t.o.v. elkaar op schaal van 0-10) van de alternatieven op de directe criteria.

'Ouder' criterium	Direct criterium		Mix-A A 165, A 100, A 40	Mix-B A 165 A 40	Mix-C A 165 A 100	Mix-D A 165	Huidig-H WLS YAZ 2300 YA 4442
Operationele vervoerstaken	A.1.x.1	laadcapaciteit	5	8	6,5	10	3
Operationele vervoerstaken	A.1.x.2	manoeuvreeerbaarheid	10	9	8,5	7,5	6
Operationele vervoerstaken	A.1.x.3	terreinwaardigheid	6,5	7,5	9	10	3
Operationele vervoerstaken	A.1.x.4	infrastructuur geschiktheid	10	8	8	6	7
Flexibiliteit	A.1.5.1	interchangeability	5,5	8,5	7,5	10	3,5
Flexibiliteit	A.1.5.2	multi-functionaliteit	5,5	8,5	7	10	3,5
Flexibiliteit	A.1.5.3	planningsaspecten	6,5	9	8	10	5
Onderhoud	A.2.1.1	onderhoudbaarheid	6,5	8,5	9	10	4,5
Onderhoud	A.2.1.2	reservedelen	6	7,5	8,5	10	3,5
Onderhoud	A.2.1.3	herstelapparatuur	5,5	7,5	8	10	4
Logistieke ondersteuning	A.2.2	Training & Opleiding	6	7,5	8	10	4,5
Logistieke ondersteuning	A.2.3	configuratie-management	5,5	7,5	8	10	4
Logistieke ondersteuning	A.2.4	bouw onderst. eenheden	5,5	7	8	10	4,5
Operationeel overig	A.3.1	kwetsbaarheid	8,5	6,5	7,5	5	10
Operationeel overig	A.3.2	inter-operabiliteit	6	9	7,5	10	4
Efficiëntie	B.1	personeelsbesparing	6	7,5	8,5	10	2,5
Efficiëntie	B.2	transportkosten	10	6,5	8	5,5	3,5
Infrastructuur	B.3.1	ruimtebeslag	10	7,5	8	6	4,5
Infrastructuur	B.3.2	aanpassingen	8,5	7	6	5	10
Beste mix	C	levensduurkosten	9,5	6	10	4	5

3.5 Bepaling van de gewichten van de criteria

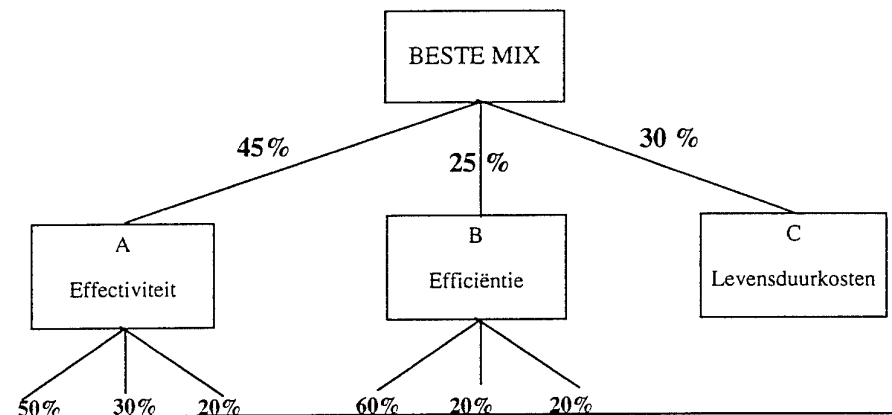
De volgende stap is om de mate te bepalen waarin de criteria bijdragen aan de uiteindelijke waardering 'beste mix'. Hiervoor is telkens in de boom voor elk criterium dat opgesplitst is in takken, aangegeven in welke mate een tak bijdraagt tot het betreffende criterium. Gekozen is voor het aangeven van een percentage waarin een bepaalde tak bijdraagt tot het criterium. Het totaal dient dan 100% procent te zijn.

Voorbeeld (zie ook figuur 3.5.1):

Het 'top'-criterium 'beste mix' is samengesteld uit een drietal takken. deze dragen als volgt bij tot de waardering van het criterium 'beste mix':

A. effectiviteit	45 %
B. efficiëntie	25 %
C. levensduurkosten	30%

Vervolgens zijn effectiviteit en efficiëntie weer verder opgesplitst, waarvoor op dezelfde wijze de gewichten van de takken zijn weergegeven.



Figuur 3.5.1: Voorbeeld toekenning van de gewichten aan de criteria

De vervoerstaken "Berging en afvoer" en "Vervoer van rupsvoertuigen" hebben uiteindelijk een gewicht van 0,0 % toegewezen gekregen. Dit heeft te maken met het feit dat in de alternatieven geen verschil is in de mix van de 'zware' voertuigen (zie paragraaf 3.2). Formeel kunnen deze aspecten dan ook uit het evaluatiemodel gehaald worden; voor de duidelijkheid is gekozen deze aspecten toch zichtbaar te houden.

Een volledig overzicht van de gewichttoekenning is in onderstaande tabel weergegeven. De wijze waarop deze gewichttoekenning tot stand is gekomen is beschreven in paragraaf 2.3. Een volledig overzicht in één tabel van zowel de gewichten als de scores is in bijlage A gegeven.

Tabel 3.5.2: Toekenning van de gewichten aan de criteria

Beste Mix	
45,0 %	Effectiviteit
50,0 %	Prestatie
36,5 %	Fysieke distributie
52,5 %	Laadcapaciteit
15,0 %	Manoeuvreeerbaarheid
20,0 %	Terreinwaardigheid
12,5 %	Infra geschiktheid
27,0 %	Verplaatsen
52,5 %	Laadcapaciteit
15,0 %	Manoeuvreeerbaarheid
20,0 %	Terreinwaardigheid
12,5 %	Infra geschiktheid
0,0 %	Vervoer rupsvoertuigen
50,0 %	Laadcapaciteit
20,0 %	Manoeuvreeerbaarheid
5,0 %	Terreinwaardigheid
25,0 %	Infra geschiktheid
0,0 %	Berging & afvoer
45,0 %	Laadcapaciteit
25,0 %	Manoeuvreeerbaarheid
10,0 %	Terreinwaardigheid
20,0 %	Infra geschiktheid
36,5 %	Flexibiliteit
35,0 %	Interchangeability
30,0 %	Multi-functionaliteit
35,0 %	Planningsaspecten
30,0 %	Logistieke ondersteuning
45,0 %	Onderhoud
40,0 %	Onderhoudbaarheid
40,0 %	Reservedelen
20,0 %	Herstelapparatuur
20,0 %	Training & opleiding
25,0 %	Configuratiemanagement
10,0 %	Bouw onderst. eenheden
20,0 %	Overige operationele aspecten
15,0 %	Kwetsbaarheid
85,0 %	Interoperabiliteit
25,0 %	Efficiëntie
60,0 %	Personeelsbesparing
20,0 %	Transportkosten
20,0 %	Infrastructuur
50,0 %	Ruimtebeslag
50,0 %	Aanpassingen
30,0 %	Levensduurkosten

3.6 Vergelijken van de alternatieven

In de vorige paragrafen is het model ingevuld. In deze paragraaf wordt vervolgens ingegaan op de resultaten die nu berekend kunnen worden met behulp van het softwaremodel TOPSYS.

3.6.1 Aggregatie

Primair is het doel een beoordeling van de alternatieven te geven op het criterium 'beste mix' welke een aggregatie is van alle criteria en scores die daarop zijn gegeven. Er zijn verschillende aggregatiemethoden om te komen tot een oordeel voor elk alternatief op een criterium. In dit rapport wordt hier niet verder op ingegaan. Vanwege de wijze waarop de scores zijn gedaan, alsmede de gewichten, is gekozen voor de methode van:

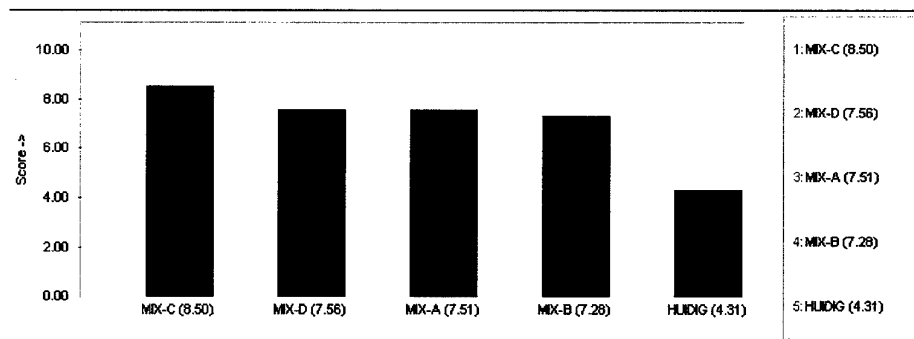
gewogen som.

Dat wil zeggen dat de scores van elk alternatief afzonderlijk op de directe criteria gewogen worden gesommeerd, volgens de gewichten zoals die in de vorige paragraaf zijn vermeld.

Naast de evaluatie van het criterium 'beste mix' kan vervolgens elk willekeurig criterium in het model beschouwd worden. De belangrijkste daarvan worden in deze paragraaf gepresenteerd; met behulp van het model TOPSYS kan naar wens naar meer detail naar andere criteria gekeken worden.

3.6.2 Evaluatie 'Beste Mix'

- o Volgens de gewogen-som methode levert dit de volgende scores op:



Figuur 3.6.1 Scores van de alternatieven.

Enige toelichting op de interpretatie van de scores is op zijn plaats. De eindscore van een alternatief kan het best uitgelegd worden door de afwijking van het cijfer '10' te beschouwen: het verschil tussen de eindscore met '10' is de gewogen som van de verschillen met de beste score op elk der aspecten. De score van een alternatief is een maat voor de hoever in het geheel het alternatief van het allerbeste verwijderd is. Indien een alternatief een score van 10 zou hebben, dan zou dat betekenen dat het alternatief op alle criteria als beste was aangemerkt. Dat betekent overigens niet dat in dat geval het alternatief in alle criteria 'optimaal' zou zijn,

maar dat het bij alle criteria dan als beste van de beschouwde mogelijkheden zou zijn beoordeeld.

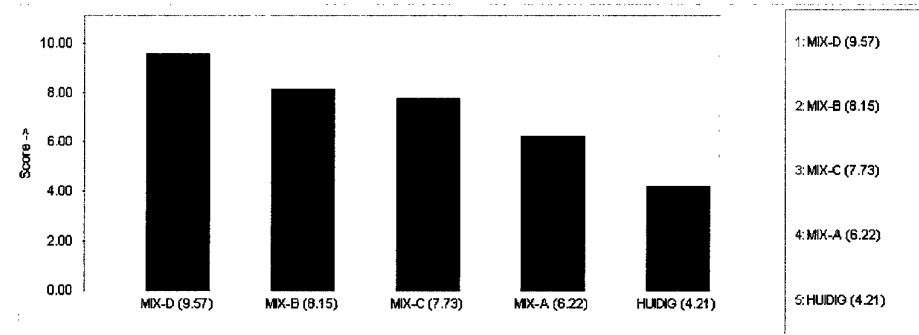
Optie C lijkt een duidelijke voorkeur te genieten; optie ' huidig' (zie ook paragraaf 3.2) lijkt het minst aantrekkelijke alternatief. De andere drie opties liggen erg dicht bij elkaar. In onderstaande wordt verder onderzocht hoe groot de verschillen tussen de vijf alternatieven werkelijk zijn en waar de grootste verschillen ontstaan zijn.

3.6.3 Nadere beschouwingen van de evaluatie.

In deze paragraaf worden enkele analyses gepresenteerd die meer inzicht verschaffen in het resultaat zoals dat in de vorige paragraaf is gegeven.

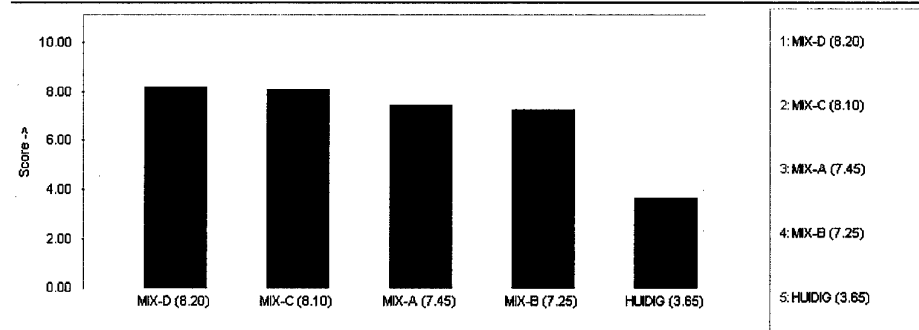
Daartoe worden allereerst de scores van de alternatieven gepresenteerd waaruit de totaalscore van de 'beste mix' is afgeleid:

Evaluatie Effectiviteit:



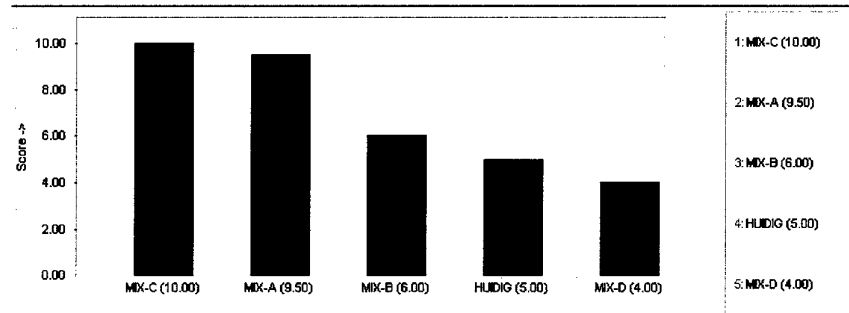
Figuur 3.6.2: Scores van de alternatieven op het criterium 'Effectiviteit'.

Evaluatie Efficiëntie



Figuur 3.6.3: Scores van de alternatieven op het criterium 'Efficiëntie'.

Evaluatie Levensduurkosten



Figuur 3.6.4: Scores van de alternatieven op het criterium 'Levensduurkosten'.

Uit deze nadere beschouwing blijkt dat Mix-D, waarin slechts één type (groot) voertuig wordt aangeschaft, erg hoog scoort op het gebied van effectiviteit. Qua efficiëntie verdient Mix-D eveneens de voorkeur, hoewel de vier alternatieven (op 'Huidig' na) minder van elkaar verschillen dan op het gebied van effectiviteit. Blijkbaar is het dankzij het feit dat de verwachte levensduurkosten van Mix-C het geringst zijn, de kosten van mix-D daarentegen erg hoog, dat uiteindelijk de optie Mix-C de voorkeur geniet bij aggregatie van deze drie criteria.

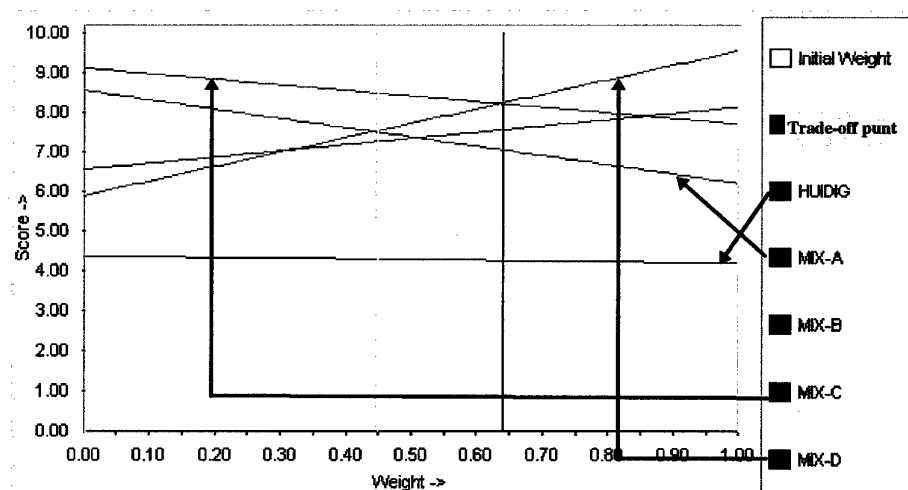
Gevoeligheidsanalyse op het criterium 'Effectiviteit'

Een gevoeligheidsanalyse kan verder inzicht verschaffen. In onderstaande grafiek is aangegeven in hoeverre het criterium 'effectiviteit' invloed heeft op de eindbeoordeling van de alternatieven. Hierbij is de bijdrage 'effectiviteit' gevarieerd van 0 tot 100%. De andere twee hoofdcriteria 'efficiëntie' en 'levensduurkosten' zijn in verhouding (25 staat tot 30) ten opzicht van elkaar gelijk gebleven.

Voorbeeld: als de bijdrage effectiviteit 80% is, dan is:

'efficiëntie' $20\% \cdot (25/55) = 9,1\%$ en

'levensduurkosten' $20\% \cdot (30/55) = 10,9\%$.



Figuur 3.6.5: Invloed van 'effectiviteit' op de eindscores van de alternatieven.

Uit de grafiek blijkt dat pas een 'trade-off' plaatsvindt wanneer het gewicht van het criterium 'effectiviteit' 64% wordt. Bij een nog groter gewicht krijgt optie D de voorkeur boven optie C. Een overweging bij de uiteindelijke beslissing zal dan ook zijn hoe zwaar dit criterium zal moeten meewegen. Uit de grafiek blijkt voorts dat alternatief D slecht scoort op de andere twee hoofdcriteria (als bijdrage van effectiviteit 0 is).

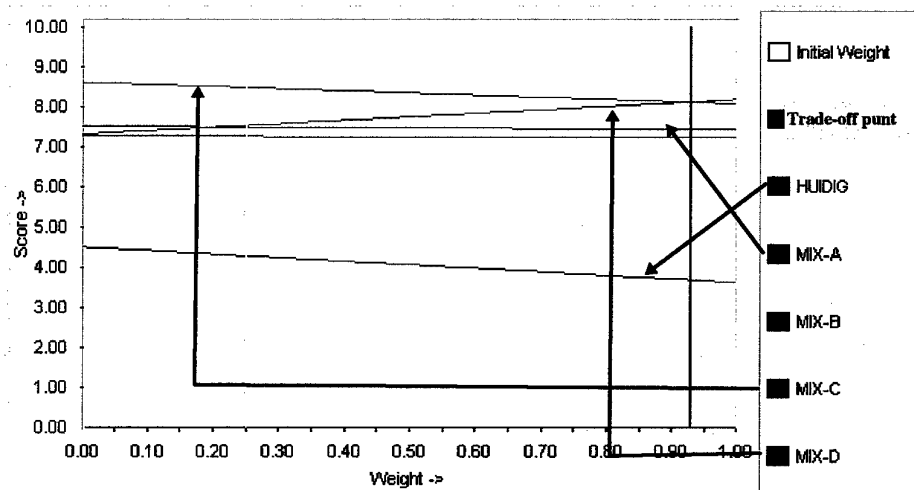
Tevens blijkt bij nadere analyse dat op de 'effectiviteits' aspecten de rangorde van de alternatieven vaak dezelfde is:

- 1 : Mix D
- 2 en 3 : Mix B en Mix C
- 4 : Mix A
- 5 : Huidig.

Mix B en Mix C wisselen wel regelmatig van 'stuivertje'. Hiervoor wordt verwezen naar Bijlage B.

Gevoeligheidsanalyse op het criterium 'Efficiëntie'

Een analoge analyse kan gedaan worden voor het criterium 'efficiëntie':



Figuur 3.6.6 Invloed van 'efficiëntie' op de eindbeoordeling van de alternatieven

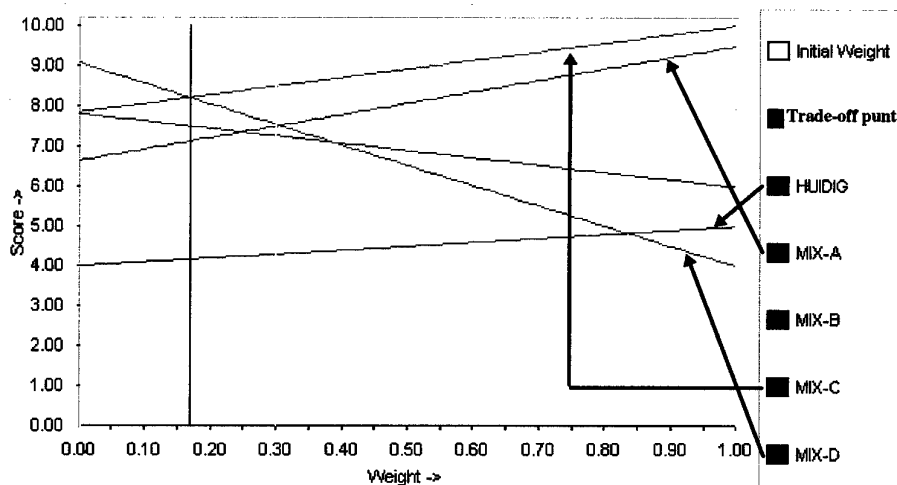
De scores van de alternatieven Mix-B, en Mix-A op efficiëntie (bij gewicht 1.00 in de grafiek) zijn ongeveer gelijk aan hun gewogen waarden op de twee andere hoofdaspecten (gewicht 0.00 in de grafiek). De alternatieven Mix-B en Mix-A blijken daardoor ongevoelig te zijn voor de invloed van efficiëntie op hun eindbeoordeling op 'beste mix'; de andere twee alternatieven (Mix-C en Mix-D) zijn wel enigszins gevoelig. Alternatief Mix-D scoort het best voor wat betreft efficiëntie (rechts in de grafiek wanneer de bijdrage 1.00 is). Echter, het trade-off punt ligt hier rond 93%, zodat alternatief C daarvòòr de voorkeur blijft genieten.

Gevoeligheidsanalyse op het criterium 'levensduurkosten'

In het model is het criterium levensduurkosten niet verder uitgesplitst. Hiervoor is door de experts rechtstreeks een beoordeling gegeven. Er kan echter wel nagegaan worden in hoeverre de levensduurkosten de uiteindelijke beoordeling beïnvloeden.

Zo blijkt uit onderstaande grafiek (figuur 3.6.7) dat wanneer de kosten niet mee in beschouwing zouden worden genomen (geheel links in de grafiek, $\text{weight}=0.00$), alternatief Mix-D de voorkeur geniet. De alternatieven Mix-C en Mix-B geven elkaar niets toe. Zodra echter de kosten enigszins worden meegenomen (d.w.z. bij reeds gering positief gewicht), geniet alternatief Mix-C de voorkeur boven B. Het trade-off punt vanaf wanneer alternatief C beter scoort dan D op 'beste mix' ligt op ongeveer 17%.

Voorts blijkt aan de steile lijn van D dat dit alternatief erg gevoelig is in negatieve zin voor het criterium 'levensduurkosten', d.w.z.: duur. Alternatief C is dat in positieve zin, wat wil zeggen dat dit alternatief relatief minder duur is.



Figuur 3.6.7 Invloed van de 'levensduurkosten' op de eindbeoordeling van de alternatieven

Verder is in de grafiek te zien dat de omslagpunten voor het tweede beste alternatief t/m het op 1 na slechtste alternatief (Mix-B, Mix-A en Mix-D) dicht bij het gekozen gewicht liggen. Bij een kleine verandering van het gewicht 'levensduurkosten' zullen deze alternatieven van rangorde veranderen.

Verdere mogelijke analyses

In bovenstaande zijn gevoeligheidsanalyse gepresenteerd op de gewichten van de verschillende hoofdcriteria. Hierbij is telkens het gewicht van een hoofdaspect beschouwd, terwijl de gewichten van de andere twee aspecten relatief ten opzichte van elkaar gelijk bleven. Er kunnen natuurlijk ook analyses verricht worden door meerdere gewichten tegelijkertijd te veranderen. Voorts kunnen dergelijke analyses voor 'subcriteria' van de hoofdcriteria uitgevoerd worden.

Een andere mogelijkheid is gevoeligheidsanalyses uit te voeren op de directe criteria; hierbij kan de invloed op de eindscore van een alternatief beschouwd worden indien de beoordeling van een direct criterium wijzigt.

Zo kan bijvoorbeeld indien van enkele directe criteria door de experts een bandbreedte kan worden aangegeven per alternatief, d.w.z. een ondergrens en een bovengrens, er tevens een bandbreedte gepresenteerd kan worden van de eindscore (op 'beste mix') van de alternatieven.

4. Conclusies en aanbevelingen

4.1 Inleiding

In de multicriteria analyse zijn een viertal mogelijke opties beschouwd. Daarnaast is de situatie mee in beschouwing genomen die uitgaat van het huidige wielvoertuigenpark, waarin de reeds vastgestelde benodigde wissellaadsystemen voor fysieke distributie zijn meegenomen.

De alternatieven worden als volgt aangeduid:

- Mix-A Een drietal typen voertuigen met netto laadcapaciteiten 14, 8 en 4 ton respectievelijk;
 - Mix-B Een tweetal typen voertuigen met netto laadcapaciteiten van 14 en 4 ton respectievelijk;
 - Mix-C Een tweetal typen voertuigen met netto laadcapaciteiten van 14 en 8 ton respectievelijk;
 - Mix-D Eén type voertuig met netto laadcapaciteit van 14 ton.
- Huidig H Het huidige wielvoertuigenpark, met de aanpassing van de aanschaf van wissellaadsystemen zoals dat met de deelstudie 'Fysieke distributie' is bepaald.

De analyse is uitgevoerd met behulp van een tweetal experts van LAS / BO / LB, die uiteindelijk de criteria, de beoordelingen en wegingsfactoren hebben vastgesteld.

4.2 Conclusies

De volgende conclusies ten aanzien van het keuzeprocés kunnen worden getrokken naar aanleiding van de multicriteria analyse:

- i) De genoemde 'huidige situatie' scoort in zijn algemeenheid het slechtst, zodat gesteld kan worden dat een keuze voor één van de vier alternatieven een verbetering is ten opzichte van de huidige situatie.
- ii) In de eindevaluatie geniet een assortiment van een tweetal typen voertuigen met netto laadcapaciteiten van 14 en 8 ton de voorkeur (alternatief Mix-C). De andere drie alternatieven verschillen weinig in de eindbeoordeling.
- iii) De genoemde voorkeur is behoorlijk 'robuust' ten aanzien van de gewichten van de hoofdcriteria waarop 'de beste mix' wordt bepaald, nl.:
 - effectiviteit;
 - efficiëntie;
 - levensduurkosten.

Hiermee wordt bedoeld dat indien de belangrijkheid van een van deze criteria over- of onderschat zou zijn door de experts, een ander alternatief niet 'gauw' hoger scoort dan Mix-C.

- iv) Op het gebied van effectiviteit is er een duidelijke voorkeur voor alternatief Mix-D waarin slechts voertuigen met één netto laadcapaciteit (14 ton) worden aangeschaft.
- v) Ten aanzien van effectiviteit is er een voorkeursvolgorde van de alternatieven die bijna overal in deelaspecten van effectiviteit terugkeert:
 - 1 alternatief Mix-D;
 - 2 alternatief Mix-B of alternatief Mix-C;
 - 3 alternatief Mix-C of alternatief Mix-B;
 - 4 alternatief Mix-A;
 - 5 alternatief Huidig H.
- vi) Het eindresultaat is niet erg gevoelig voor de bijdrage (of gewicht) van het aspect efficiëntie.
- vii) Indien de levensduurkosten buiten dit keuzeprocés gehouden zouden worden, zou het resultaat zijn dat alternatief Mix-D de voorkeur geniet, vervolgens Mix-B en Mix-C ongeveer gelijkwaardig zijn en alternatief Mix-A de vierde plaats inneemt in de voorkeursvolgorde. De 'huidige situatie' blijft duidelijk de minst beste mogelijkheid.
- viii) Voor zover op dit moment duidelijkheid is omtrent de verwachte levensduurkosten, kan gesteld worden dat Mix-D en Mix-B relatief dure alternatieven zijn en aldus in negatieve zin erg gevoelig zijn naarmate het kostenaspect een belangrijkere rol gaat spelen in het uiteindelijke keuzeprocés. Alternatief Mix-C daarentegen is erg gevoelig in positieve zin en is naar verwachting de goedkoopste mogelijkheid.

Voorts zij opgemerkt dat:

- de uitvoering van multicriteria analyse geleid heeft tot een helderder inzicht bij het projectteam van LAS/BO/LOG in de aspecten die een rol dienen te spelen in het keuzeprocés; zowel de modelbouw als de (gevoeligheids)analyses hebben daar toe bijgedragen;
- het evaluatiemodel een verantwoording geeft van de keuzes of adviezen die gedaan worden, alsmede dat het proces waartoe men tot een bepaalde keuze is gekomen met het model immer traceerbaar is;
- het model een basis kan zijn voor discussie omtrent eventuele verschillen van mening, aangezien de discussie toegespitst kan worden op de punten waarop verschil van mening bestaat en vervolgens nagegaan kan worden in hoeverre een en ander van invloed is op de uiteindelijke eindbeoordeling van de alternatieven;
- het softwaremodel TOPSYS, waarmee de analyses en berekeningen gedaan zijn, erg nuttig kan zijn bij dergelijke discussies en voor snelle aanvullende analyses.

4.3 Aanbevelingen

- i) Kennis nemen van de resultaten van de multicriteria analyse bij het uiteindelijk opstellen van het advies en bij het maken van de uiteindelijke

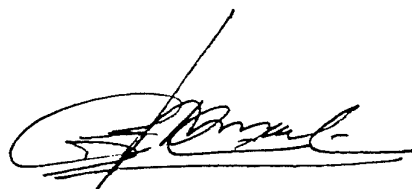
keuze.

- ii) Indien verschillen van mening zijn, nadere analyses met het huidige model uitvoeren om na te gaan in hoeverre dit de scores van de alternatieven aantast. Idem, indien meer kennis is ontstaan over een of meerdere aspecten die van belang kunnen zijn voor de keuze.
- iii) Bij (materieel)keuzeprocessen in het algemeen bij Defensie een multicriteria analyse uitvoeren (eventueel ondersteund door TOPSYS). De voordelen hiervan zijn: inzichtelijkheid in de aspecten die een rol spelen in het keuzeproces; een verantwoording van de keuze vastgelegd en immer later te traceren; een mogelijkheid om verschillen en wijzigingen van inzicht snel te vertalen naar het keuzeproces.

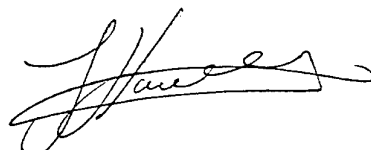
5. Literatuur

- [1] Maj. A. vd Zwan,
Beleidsvisie Wielvoertuigen,
Koninklijke Landmacht, LAS / BO / LB, versie augustus 1997.
- [2] Drs. D.J.D. Wijnmalen,
Multicriteria analyse met TOPSYS,
TNO-FEL rapport, FEL-92-B219, augustus 1992.
- [3] *User manual TOPSYS 3.0*,
TNO-FEL rapport, te verschijnen in 1997.
- [4] *Deelstudie 'Fysieke distributie'*,
Directie Materieel Koninklijke Landmacht, Ressort Beleid en
Bedrijfsvoering, Afdeling Logistiek Beleid, versie 07 mei 1996.

6. Ondertekening



G.D. Klein Baltink
Groepsleider



Ir. J.A.M. Hontelez
Projectleider/Auteur

Bijlage A Directe criteria: gewichten en scores

In tabel A.1 is een totaal overzicht gegeven van de beoordelingen en gewichten zoals die door de experts zijn aangeleverd.

Tabel A.1: Volledig overzicht van de gewichten en scores aangereikt door de experts; een samenvoeging van tabel 3.4.1. en tabel 3.5.2.

Criteria met de relatieve gewichten	Scores van de alternatieven op de directe criteria				
	Mix-A	Mix-B	Mix-C	Mix-D	Huidig-H
Beste Mix					
45 % Effectiviteit					
50 % Prestatie					
36,5 % Fysieke distributie					
52,5 % Laadcapaciteit	5	8	6,5	10	3
15,0 % Manoeuvrbaarheid	10	9	8,5	7,5	6
20,0 % Terreinwaardigheid	6,5	7,5	9	10	3
12,5 % Infra geschiktheid	10	8	8	6	7
27,0 % Verplaatsen					
52,5 % Laadcapaciteit	5	8	6,5	10	3
15,0 % Manoeuvrbaarheid	10	9	8,5	7,5	6
20,0 % Terreinwaardigheid	6,5	7,5	9	10	3
12,5 % Infra geschiktheid	10	8	8	6	7
0,0 % Vervoer rupsvoertuigen					
50 % Laadcapaciteit	5	8	6,5	10	3
20 % Manoeuvrbaarheid	10	9	8,5	7,5	6
5 % Terreinwaardigheid	6,5	7,5	9	10	3
25 % Infra geschiktheid	10	8	8	6	7
0,0 % Berging & afvoer					
45 % Laadcapaciteit	5	8	6,5	10	3
25 % Manoeuvrbaarheid	10	9	8,5	7,5	6
10 % Terreinwaardigheid	6,5	7,5	9	10	3
20 % Infra geschiktheid	10	8	8	6	7
36,5 % Flexibiliteit					
35,0 % Interchange-ability	5,5	8,5	7,5	10	3,5
30,0 % Multi-functionaliteit	5,5	8,5	7	10	3,5
35,0 % Planningsaspecten	6,5	9	8	10	5
30 % Logistieke ondersteuning					
45,0 % Onderhoud					
40,0 % Onderhoudbaarheid	6,5	8,5	9	10	4,5
40,0 % Reservedelen	6	7,5	8,5	10	3,5
20,0 % Herstelapparatuur	5,5	7,5	8	10	4
20,0 % Training & opleiding	6	7,5	8	10	4,5
25,0 % Configuratiemanagement	5,5	7,5	8	10	4
10,0 % Bouw onderst. eenheden	5,5	7	8	10	4,5
20 % Overige operationele aspecten					
15,0 % Kwetsbaarheid	8,5	6,5	7,5	5	10
85,0 % Interoperabiliteit	6	9	7,5	10	4
25 % Efficiëntie					
60 % Personeelsbesparing	6	7,5	8,5	10	2,5
20 % Transportkosten	10	6,5	8	5,5	3,5
20 % Infrastructuur					
50,0 % Ruimtebeslag	10	7,5	8	6	4,5
50,0 % Aanpassingen	8,5	7	6	5	10
30 % Levensduurkosten	9,5	6	10	4	5

In onderstaande tabel A.2 zijn de bijdragen weergegeven van de directe criteria (de 'bladeren') aan de uiteindelijke score op het criterium 'Beste mix' (kolom 'Global weight'). Voorts zijn vermeld de scores van de vijf alternatieven op de directe criteria, zoals die door de experts zijn aangegeven. Daarbij zijn per criterium de alternatieven in rangorde vermeld. Hierbij geven de cijfers de verschillende alternatieven weer:

1 = Huidig; 2 = Mix A; 3 = Mix B; 4 = Mix C; 5 = Mix D.

Voorbeeld:

Bij 'laadcapaciteit' geniet optie D de voorkeur boven de andere alternatieven (beoordeling 10). Mix B scoort hierop een 8; optie C 6,5; optie A krijgt 5 en het alternatief 'Huidig' heeft een score van 3.

De bijdrage van dit criterium aan de uiteindelijke totaalevaluatie ('beste mix') is iets meer dan 8%: fractie 0,081141.

Tabel A.2: Directe criteria met hun scores en gewichten. De criteria zijn geordend naar hun gewicht in de eindevaluatie 'beste mix'.

Reference criterion: Beste Mix							
Direct criterion	Scale info	Global weight	HUIDIG (1)	MIX-A (2)	MIX-B (3)	MIX-C (4)	MIX-D (5)
Levensduurkoste	[0..10]	0.300000	10 (4)	9.5 (2)	6 (3)	5 (1)	4 (5)
Personeelsbesp.	[0..10]	0.150000	10 (5)	8.5 (4)	7.5 (3)	6 (2)	2.5 (1)
Interoperabil.	[0..10]	0.076500	10 (5)	9 (3)	7.5 (4)	6 (2)	4 (1)
Laadcapaciteit	[0..10]	0.075600	10 (5)	8 (3)	6.5 (4)	5 (2)	3 (1)
Transportkosten	[0..10]	0.050000	10 (2)	8 (4)	6.5 (3)	5.5 (5)	3.5 (1)
Configuratieman	[0..10]	0.033750	10 (5)	8 (4)	7.5 (3)	5.5 (2)	4 (1)
Terreinwaardigh	[0..10]	0.028800	10 (5)	9 (4)	7.5 (3)	6.5 (2)	3 (1)
Planningsaspect	[0..10]	0.028350	10 (5)	9 (3)	8 (4)	6.5 (2)	5 (1)
Interchange-ab.	[0..10]	0.028350	10 (5)	8.5 (3)	7.5 (4)	5.5 (2)	3.5 (1)
Training&Opleid	[0..10]	0.027000	10 (5)	8 (4)	7.5 (3)	6 (2)	4.5 (1)
Aanpassingen	[0..10]	0.025000	10 (1)	8.5 (2)	7 (3)	6 (4)	5 (5)
Ruimtebeslag	[0..10]	0.025000	10 (2)	8 (4)	7.5 (3)	6 (5)	4.5 (1)
Onderhoudbaarhd	[0..10]	0.024300	10 (5)	9 (4)	8.5 (3)	6.5 (2)	4.5 (1)
Multi-function.	[0..10]	0.024300	10 (5)	8.5 (3)	7 (4)	5.5 (2)	3.5 (1)
Reservdelen	[0..10]	0.024300	10 (5)	8.5 (4)	7.5 (3)	6 (2)	3.5 (1)
Manoeuvrereerbhd.	[0..10]	0.021600	10 (2)	9 (3)	8.5 (4)	7.5 (5)	6 (1)
Infra geschikth	[0..10]	0.018000	10 (2)	8 (3)	8 (4)	7 (1)	6 (5)
Kwetsbaarheid	[0..10]	0.013500	10 (1)	8.5 (2)	7.5 (4)	6.5 (3)	5 (5)
Bouw Ond. Ehdn	[0..10]	0.013500	10 (5)	8 (4)	7 (3)	5.5 (2)	4.5 (1)
Herstelapp.	[0..10]	0.012150	10 (5)	8 (4)	7.5 (3)	5.5 (2)	4 (1)

Bijlage B Effectiviteit

In deze bijlage worden de scores van criteria die de effectiviteit betreffen, nader beschouwd.

Het criterium 'effectiviteit' is opgesplitst in een drietal criteria:

- prestatie;
- logistieke ondersteuning;
- overige operationele aspecten.

In de grafieken B.1 t/m B.3 is de gevoeligheid van deze drie subcriteria weer-gegeven op de scores van de alternatieven. Hieruit blijkt dat de alternatieven niet van rangorde veranderen indien een van deze subcriteria een ander gewicht toebedeeld zou krijgen. Een uitzondering is hierop: indien 'logistieke ondersteuning' een gewicht van ongeveer 58 % of meer zou krijgen, dan wisselen de alternatieven C en B stuivertje. Hieruit blijkt tevens aldus dat alternatief D op alle drie sub-criteria die de effectiviteit bepalen, als beste scoort.

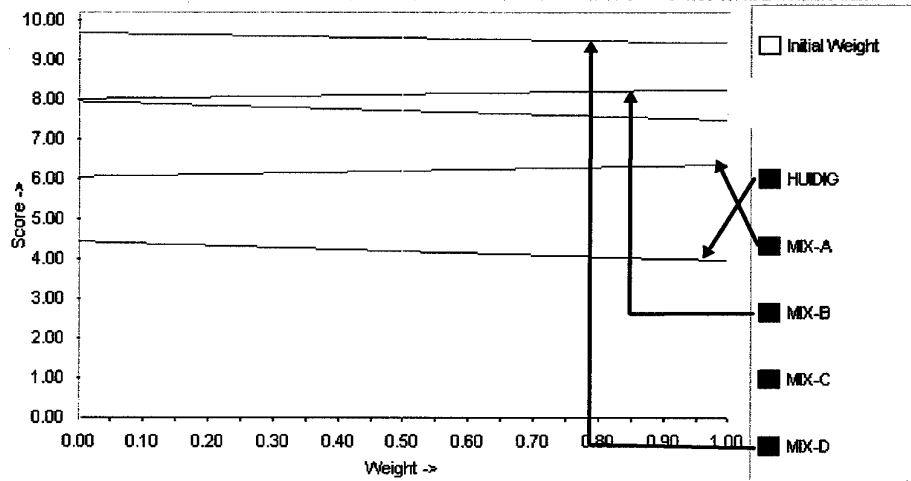
Nadere beschouwing van tabel A.1 van Bijlage A leert ons dat op de meeste directe criteria die de effectiviteit betreffen de rangorde van de alternatieven ongeveer dezelfde is, nl.:

- 1: Mix-D
- 2: Mix-B of Mix-C
- 3: Mix-C of Mix-B
- 4: Mix-A
- 5: Huidig.

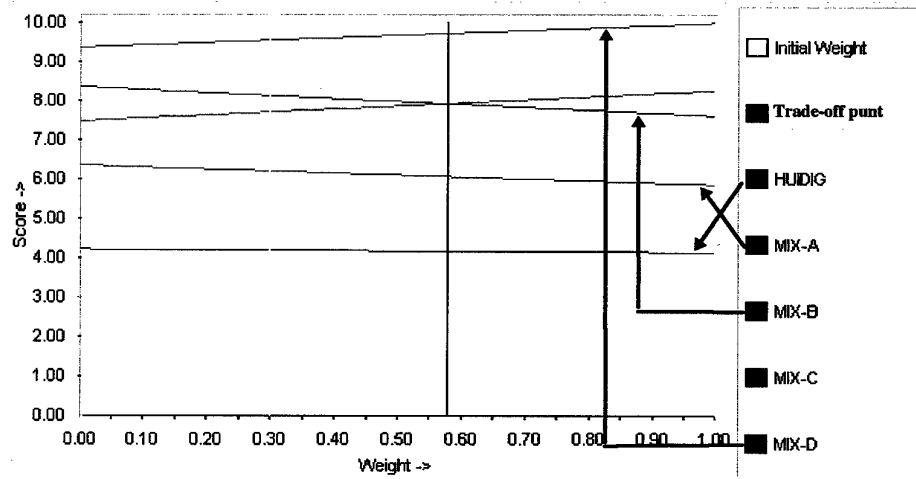
Slechts een drietal directe criteria geven hierop een uitzondering:

- manoeuvreerbaarheid;
- infrastructuur geschiktheid;
- kwetsbaarheid.

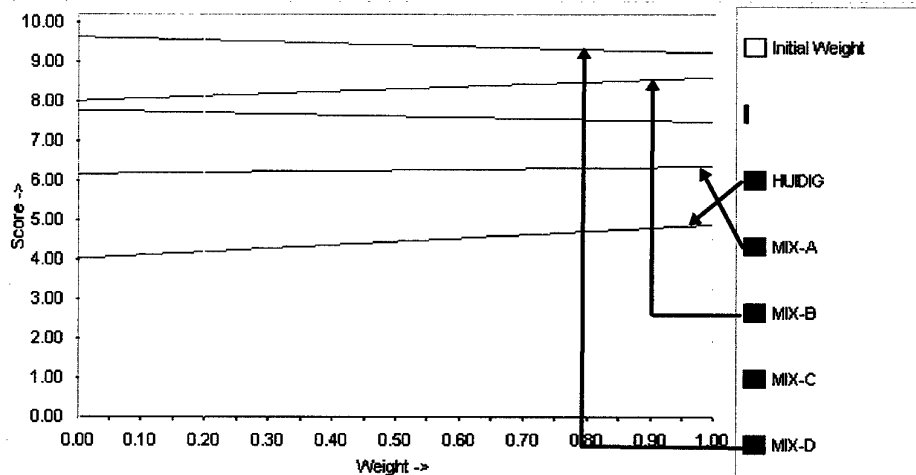
Hierop scoort alternatief D weer relatief laag.



Figuur B.1: Invloed 'prestatie' op het criterium 'effectiviteit'.



Figuur B.2: Invloed 'logistieke ondersteuning' op het criterium 'effectiviteit'.



Figuur B.3: Invloed 'Overige operationele aspecten' op het criterium 'effectiviteit'.

ONGERUBRICEERD
REPORT DOCUMENTATION PAGE
(MOD-NL)

1. DEFENCE REPORT NO (MOD-NL) TD97-0148	2. RECIPIENT'S ACCESSION NO A97KL609	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO FEL-97-A126
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO 6026575	5. CONTRACT NO A97KL609	6. REPORT DATE August 1997
7. NUMBER OF PAGES 40 (incl 2 appendices, excl RDP & distribution list)	8. NUMBER OF REFERENCES 4	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED
10. TITLE AND SUBTITLE Multicriteria Analyse van alternatieve voertuigenmixen ten behoeve van de Beleidsvisie Wielvoertuigen Koninklijke Landmacht (Multicriteria analysis of alternative mixes of wheeled vehicles for the Policy Document 'Future Wheeled Vehicles Royal Netherlands Army')		
11. AUTHOR(S) J.A.M. Hontelez CPIM, D.J.D. Wijnmalen		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Physics and Electronics Laboratory, PO Box 96864, 2509 JG The Hague, The Netherlands Oude Waalsdorperweg 63, The Hague, The Netherlands		
13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) Royal Netherlands Army LAS/BO, Thérèse Schwartzestraat 15, The Hague, The Netherlands		
14. SUPPLEMENTARY NOTES The classification designation Ongerubricenseerd is equivalent to Unclassified, Stg. Confidencieel is equivalent to Confidential and Stg. Geheim is equivalent to Secret.		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE)) This report gives the description of a multicriteria analysis (MCA) which is carried out for the determination of the best assortment of wheeled vehicles needed in the future for the operational transport needs of the Royal Netherlands Army (RNLA). With the aid of experts of the RNLA a hierarchy of criteria has been set up. This hierarchy or model offers a framework for evaluation. In this model the alternatives can be judged and compared on several criteria. The alternatives are means to achieve an overall objective: to accomplish the transportation tasks of the RNLA. To measure how well that objective will be achieved, sub-objectives and criteria characterizing alternatives are used. All these elements are arranged in a hierarchical format with the overall objective on top and the attributes which can be used to measure the attraction or performance of the alternatives as the bottom-nodes (the so-called direct criteria). The in-between-nodes are criteria which are breakdowns of criterion-nodes at higher hierarchy levels and may themselves be broken down. The experts made judgements ("scores") about the alternatives on the direct criteria, and determined the relative importance of criteria with respect to any higher levelled criterion (weight factors). With the help of a MCA software model, TOPSYS, for each alternative, all scores and weights are synthesised to come to an aggregate judgement. Further the results are analysed and their sensitivity is examined for changes in some scores and weights.		
16. DESCRIPTORS Operations research Military vehicles Military requirements Military transportation	IDENTIFIERS TOPSYS Multicriteria analysis Expert sessions	
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) Ongerubricenseerd	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) Ongerubricenseerd	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) Ongerubricenseerd
18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT Unlimited Distribution		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) Ongerubricenseerd

Distributielijst

1. Bureau TNO Defensieonderzoek
2. Directeur Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling^{*)}
3. HWO-KL
4. HWO-KLu^{*)}
5. HWO-KM^{*)}
6. HWO-CO^{*)}
- 7 t/m 9. KMA, Bibliotheek
- 10 t/m 59. Landmachtstaf, directie Beleidsontwikkeling, Cluster Logistiek Beleid (LAS / BO / LB)
60. Directie TNO-FEL, t.a.v. Dr. J.W. Maas
61. Directie TNO-FEL, t.a.v. Ir. J.A. Vogel, daarna reserve
62. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan M&P^{*)}
63. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. R.F.W.M. Willems
64. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan G.D. Klein Baltink
65. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. J.A.M. Hontelez CPIM
66. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Drs. D.J.D. Wijnmalen
67. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Mevr. H.A. Mol
68. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. C. Bouman
69. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Mevr. Ir. A. Kwaijtaal
70. Documentatie TNO-FEL
- 71 t/m 80. Reserve

TNO-PML, Bibliotheek^{**)}

TNO-TM, Bibliotheek^{**)}

TNO-FEL, Bibliotheek^{**)}

Indien binnen de krijgsmacht extra exemplaren van dit rapport worden gewenst door personen of instanties die niet op de verzendlijst voorkomen, dan dienen deze aangevraagd te worden bij het betreffende Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek of, indien het een K-opdracht betreft, bij de Directeur Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling.

^{*)} Beperkt rapport (titelblad, managementuittreksel, RDP en distributielijst).

^{**)} RDP.