

EEN BESLISSINGSMODEL VOOR BELEIDSMAATREGELEN

Bijdrage Congresverslag Intertraffic 74, Internationaal Congres over Verkeerstechniek "Beheerst Verkeer", Amsterdam, 15 en 16 mei 1974, blz. 57 t/m 88. RAI, Amsterdam, 1974.

R-74-16

Ir. F.C. Flury

Voorburg, 1974

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

## EEN BESLISSINGSMODEL VOOR BELEIDSMAATREGELEN

Ir. F.C. Flury, Stichting Wetenschappelijk Onderzoek  
Verkeersveiligheid SWOV

### INLEIDING

Beslissingen over activiteiten, zowel in het persoonlijke vlak als in het bedrijfsleven en bij de overheid, kunnen worden opgevat als de uitkomst van een keuzeproces met betrekking tot een verzameling mogelijkheden (activiteiten, projecten, maatregelen etc.). Voor zover konsekventies van de beschouwde mogelijkheden te overzien zijn, kunnen deze in het keuzeproces betrokken worden. Zowel noodzakelijke inspanningen als te verwachten resultaten kunnen daarbij een rol spelen. Soms zijn deze konsekventies objektief bepaald, gemeten, kwantitatief bekend. In andere gevallen zijn ze subjektief bepaald, geschat, kwalitatief gewaardeerd.

Het heeft de laatste decennia niet ontbroken aan pogingen tot explicitering van het beslissingsproces en tot de ontwikkeling van beslissingsmodellen.

Er bestaat een uitgebreide literatuur over toepassingen van dergelijke modellen in vele vakgebieden, ook met betrekking tot vervoer, verkeer en verkeersveiligheid. Met name is veel aandacht besteed aan kosten-baten analyses. In feite is dit een boekhoudkundige benadering waarbij de problemen vooral schuilen in het geldelijk waarderen van verschijnselen, die geen aanwijsbare vaste handelswaarde hebben, maar die zodanige invloed op het welzijn kunnen hebben, dat ze tot de primaire doelstellingen van het beleid behoren.

In het bijzonder is dit het geval wanneer leven, gezondheid, ontplooiingsmogelijkheden, levensvreugde en vergelijkbare menselijke waarden in het geding zijn.

Het is niet verwonderlijk dat juist in publikaties over kosten-baten analyse voor verkeersveiligheid dit probleem de nadruk krijgt. Een beslissingskriterium dat alleen de geldelijke konsekventies van verkeersongevallen in rekening brengt wordt moeilijk verteerbaar bij de overweging dat juist de moeilijk kwantificeerbare faktor van menselijk leed, veroorzaakt door fatale en letsel-ongevallen, aan de bestrijding van de verkeersonveiligheid zoveel gewicht heeft gegeven.

De behoefte aan een doelmatige beslissingstechniek, die kan bijdragen tot een optimale bepaling van prioriteiten, is er niet minder om.

De reacties op kosten-baten analysemethoden in de literatuur variëren dan ook van hooggespannen verwachtingen tot kwalificaties als "nonsens on stilts".

In het navolgende wordt een beslissingsmodel gepresenteerd, dat ontwikkeld is ten behoeve van beleidsproblemen waarbij behalve het welvaartaspect ook een of meer welzijnsaspecten een rol spelen. De bijdrage van een maatregel tot het algemeen welzijn wordt berekend als gewogen som van de effecten per welzijnscomponent. De verhouding van de toename van algemeen welzijn tot de kosten van realisering van de maatregel wordt als vergelijkingsgrootte gehanteerd.

Het kosten-batenmodel kan als bijzonder geval worden beschouwd waarbij andere dan financiële componenten een gewicht nul toegemeten krijgen.

Drie wezenlijk verschillende typen beslissingsproblemen kunnen worden onderscheiden:

1. Moet een maatregel al of niet gerealiseerd worden?
2. Welke van twee of meer mogelijke maatregelen verdient de voorkeur?
3. Welke prioriteiten moeten gesteld worden binnen een verzameling onderling verenigbare maatregelen of projecten?

Het model is ontwikkeld ten behoeve van het derde type beslissingsprobleem, maar kan ook van nut blijken voor de beide andere typen.

## 1. BESLISSINGSMODELLEN

### 1.1. Het baten-kosten model

Bij kosten- batenanalyses in de gebruikelijke vorm worden alle effecten van een maatregel, zowel die welke teweeggebracht worden om de maatregel in werking te stellen (input-effecten) als die welke door de maatregel worden veroorzaakt (output-effecten), gewaardeerd in geld. De som van deze geldelijke effecten wordt gehanteerd als criterium voor beslissingen. Het beslissingsmodel is te schrijven in mathematische vorm:

$$F = \sum_i F_i > 0 \quad (1)$$

Vergelijking (1) geeft de konditie voor positieve beslissingen. Het is gebruikelijk de financiële effecten van maatregelen te splitsen in twee categorieën, baten  $B_i$  en kosten  $K_i$ , waarbij het beslissingsmodel in een andere vorm wordt geschreven:

$$B = \sum_i B_i > \sum_i K_i = K \quad (2)$$

De derde vorm waarin dit beslissingsmodel wordt weergegeven is:

$$B/K = \frac{\sum_i B_i}{\sum_i K_i} > 1 \quad (3)$$

De ongelijkheden (2) en (3) zijn echter alleen gelijkwaardig indien

$$K > 0 \quad (3a)$$

Aan deze voorwaarde hoeft niet steeds voldaan te zijn. Er wordt gediskussieerd over de vraag of bepaalde effecten van maatregelen moeten worden opgevat als positieve baten of als negatieve kosten (respektievelijk als negatieve baten of positieve kosten). In een dergelijke discussie tijdens de 51 ste Annual Meeting van het Highway Research Board 1972, stelde Fleischer, dat dit niet relevant is omdat de konditie (2) niet wordt beïnvloed door vermeerdering of vermindering van baten en kosten met een gelijk bedrag. Dit argument is niet toepasbaar op konditie (3).

Indien

$$B > K_0 > K > 0 \quad (4)$$

dan is voldaan aan (2), (3) en (3a).

Ook is voldaan aan

$$B' = B - F_0 > K - F_0 = K' \quad (5)$$

Echter is nu

$$B' / K' = \frac{B - F_0}{K - F_0} < 0 \quad (6)$$

Ook indien niet aan konditie (2) is voldaan, is konditie (3) slechts gelijkwaardig onder de bijkomende voorwaarde (3a).

De discussie rond de vraag tot welke categorie bepaalde effecten gerekend moeten worden zowel als de voorkeur voor beslissingsmodel (2) of (3) zijn te herleiden tot een verschil in inzicht tussen de beleidsman en zijn boekhouder (zie figuur 1). Boekhoudkundig ligt het voor de hand, om de baten te identificeren met winst- of debetposten en de kosten met verlies- of kredietposten, en de voorkeur te geven aan model (2). Het verschil tussen positieve en negatieve effecten is overigens gelijk aan het verschil tussen output- en input-effecten (zie figuur 2).

$$P - N = O - I = F \quad (7)$$

Uit beleidsoogpunt ligt het meer in de lijn om het batenbegrip te verbinden met de doeleinden van het beleid en met de output-effecten van de maatregel, en de kosten met de middelen, de inputeffecten waarmee de maatregel in werking gesteld wordt. Daar de middelen zelden toereikend zijn om alle maatregelen die aan de konditie (2) of (3), (3a) voldoen te realiseren, dient verdere selectie toegepast te worden. Uit de beschikbare middelen worden zo groot mogelijke totaal baten verkregen indien de maatregelen worden gerealiseerd waarvoor  $B/K$  zo groot mogelijk is. Een voorkeur van beleidszijde voor model (3) ligt voor de hand.

Hoewel alle effecten van de beschouwde maatregelen in dezelfde grootheid (geld) uitgedrukt worden, hebben deze blijkbaar ten

aanzien van doelstellingen en van middelen toch niet dezelfde dimensie. Beide modellen geven maar een gedeeltelijke operationalisering van het derde type beslissingsproces. De relaties tussen beide modellen worden nog eens geïllustreerd in fig. 3.

Een ander probleemgebied van de kosten-batenanalyse betreft het onder één noemer brengen van de verschillende kosten-kategorieën. Gewoonlijk zijn er éénmalige en periodieke kosten: investeringen, bedrijfskosten, onderhoud, afschrijving. In principe kan men de éénmalige uitgaven vertalen naar jaarlijkse kosten in de vorm van renteverlies. Indien men de éénmalige uitgaven financiert door leningen zijn er werkelijke jaarlijkse uitgaven in de vorm van rente en aflossing, waarvan de grootte kan afhangen van de tijdsduur dat de maatregel effectief is.

Het is ook mogelijk alle kosten uit te drukken in éénmalige uitgaven, door de investeringen te vermeerderen met een reservering uit de rente waarvan de periodieke uitgaven bestreden kunnen worden. Deze procedures zijn niet steeds reëel. Het is niet mogelijk elk gewenst bedrag op de kapitaalmarkt op te nemen ook al is men bij machte rente en aflossing te garanderen. Dit betekent dat het verschil tussen éénmalige en periodieke kosten een wezenlijk onderscheid aangeeft. Ook in dit opzicht moet er blijkbaar in meer dimensies gerekend worden nl. kosten en kosten per tijdseenheid.

De middelen waarmee maatregelen gerealiseerd worden: mankracht, grondstoffen, energie, produktiekapaciteit en dergelijke, hebben gewoonlijk een betrekkelijk vaste kostprijs. Dit houdt echter niet in dat men naar believen over deze middelen kan beschikken zolang men bereid is de geldende prijs te betalen. In het baten-kostenmodel komt deze meerdimensionaliteit van de produktiemiddelen niet tot uitdrukking. Wanneer schaarste in een van de produktiemiddelen bepalend wordt voor de mogelijkheid tot realisering van maatregelen is het baten-kostenmodel ontoereikend.

### 1.2. Het welzijn -kosten model

Maatregelen en projekten van de overheid hebben in de meeste gevallen niet alleen invloed op de welvaart maar ook op het welzijn. Vaak vormen welzijnsaspecten de primaire doelstelling van het overheidsbeleid, bijvoorbeeld bevordering van de verkeersveiligheid, met name het reduceren van de fatale en letselongevallen. Er is geen bezwaar tegen in de beleidsbepaling de financiële konsekventies van deze ongevallen te betrekken, zoals medische kosten en produktieverlies. Er is wel bezwaar tegen indien met de financiële konsekventies volstaan

wordt, met verwaarlozing van het belang dat aan het voorkomen van menselijk leed dient te worden toegekend.

Beperken we ons in eerste instantie tot het geval, dat naast de financiële implicaties van de maatregel slechts één soort welzijnseffekt veroorzaakt wordt, dan kunnen de effecten van de maatregel eenvoudig grafisch worden weergegeven (zie fig. 4). Het input-effekt I is gelijk aan de kosten voor het realiseren van de maatregel. Het output-effekt O is samengesteld uit de baten B en de welzijnstoename W.

Het resulterende effect R van de maatregel is samengesteld uit W en F (= B - K).

Beslissingen met betrekking tot zulke maatregelen kunnen naar analogie van het baten- kosten model (2) gebaseerd worden op de konditie

$$W > - \varphi F \quad (8)$$

Het linker en rechterlid van (8) moeten dezelfde dimensie hebben, dus  $\varphi$  moet worden uitgedrukt in welzijn per geldeenheid. Het fundamentele probleem is de numerieke bepaling van  $\varphi$ . Het is nog niet duidelijk of voor de kwantificering van  $\varphi$  een rationele basis te vinden is.

Twee benaderingswijzen lijken in aanmerking te komen.

1. Men kan trachten de waardebepaling van  $\varphi$  te baseren op ethisch- levensbeschouwelijke normen.
2. Men kan langs empirische weg bepalen welke waarde in de praktijk gemiddeld aan  $\varphi$  toegekend wordt, en er vervolgens naar streven deze waarde consistent te hanteren.

Het is te verwachten, dat  $\varphi$  voor elke soort welzijnsbeïnvloeding een andere waarde zal hebben.

Aan W kan ook de betekenis van een algemeen welzijnsbegrip worden toegekend, dat is samengesteld uit een groot aantal welzijnscomponenten. In dat geval heeft  $\varphi$  de betekenis van een weegfactor tussen een maat voor het algemeen welzijn en een maat voor de welvaart. In het vervolg worden tenzij anders vermeld, met kosten de totale financiële konsekwenties van de maatregel bedoeld.

Dus

$$K = - F \quad (9)$$

Het is zinvol om naast de vraag wat de beste manier is om het welzijn geldelijk te waarderen, ook te onderzoeken of een dergelijke waardering nuttig is voor het beslissingsproces en voorts in hoeverre een numerieke bepaling van  $\varphi$  voor het beslissingsproces vereist is.

Aan de hand van grafische voorstellingen van de beschouwde maatregelen in termen van welzijn tegen financiële effecten kan worden nagegaan in welke gevallen numerieke bepaling van voorwaarde is om tot een beslissing te komen, en vervolgens of er in dat geval alternatieven zijn voor de zuiver financiële benadering. In fig. 5 stellen de punten  $M_j$  ( $j = 1, 2, 3, 4$ ) maatregelen of projekten voor. Het uit die maatregelen of projekten verkregen welzijn kan worden afgelezen op de  $W$ -as, de eraan verbonden kosten op de  $K$ -as.

De oorsprong  $O$  is op te vatten als representatie van de bestaande toestand. De vektor  $OM_j$  geeft de toestandsverandering weer, die door de maatregel of het projekt wordt veroorzaakt. De veronderstelling ligt voor de hand dat het merendeel van de maatregelen die worden overwogen gerepresenteerd zullen worden door een punt in kwadrant I m.a.w. de kosten zijn positief, de welzijnstoename eveneens.

Het komt echter voor dat een maatregel een onvoorziene reactie oproept, een mechanisme in werking stelt waardoor initiele welzijnstoenames worden teniet gedaan, soms in die mate dat de maatregel resulteert in afname van het welzijn, en dus gerepresenteerd wordt door een punt in kwadrant IV.

Maatregelen, die ten aanzien van primaire doelstellingen van het type  $M_1$  zijn, kunnen als neveneffekt zodanige kostenbesparingen opleveren, dat het totale effect van de maatregel gerepresenteerd wordt door een punt in kwadrant II.

Indien het afschaffen van een eenmaal genomen maatregel eveneens als maatregel opgevat wordt, kan ook de afschaffing van een  $M_4$  type maatregel een  $M_2$  type opleveren. Dit zal niet altijd het geval zijn, ook slopen kan kostbaar zijn.

Maatregelen die worden gerepresenteerd door een punt in kwadrant III kunnen zich voordoen indien bovengenoemde mechanismen en neveneffecten gelijktijdig optreden, ofwel bij afschaffing van maatregelen van het type  $M_1$ .

#### 1.2.1. Beslissingen over afzonderlijke maatregelen

Het zal zonder meer duidelijk zijn, dat maatregelen van het type  $M_4$ , te allen tijde vermeden moeten worden, terwijl maatregelen van het type  $M_2$  op de kortst mogelijke termijn doorgevoerd dienen te worden.

Bij zuiver in geld waardeerbare maatregelen zijn ook beslissingen betreffende maatregelen van het type  $M_1$  en van het type  $M_3$  eenvoudig te operationaliseren.

Het eerste en derde kwadrant worden gedeeld door de scheidslijn  $B = K$  (Fig. 3).



Voor maatregelen die worden gerepresenteerd door punten in het gebied rechts boven deze lijn geldt  $B > K$ , en is de beslissing dus positief. Links onder de scheidslijn is  $B < K$  en wordt dus negatief beslist.

Beslissingen ten aanzien van maatregelen met welzijnseffekten gerepresenteerd door punten in het eerste en derde kwadrant zouden op analoge wijze gebaseerd dienen te worden op hun ligging ten opzichte van een scheidslijn:  $W = -\mathcal{G}F$ . De positie van deze scheidslijn wordt bepaald door de numerieke waarde van  $\mathcal{G}$ . In Fig. 6 zijn voor twee waarden van  $\mathcal{G}$  de bijbehorende scheidslijnen getekend. Dan blijkt dat voor  $\mathcal{G} = \mathcal{G}_1$ , zowel als voor  $\mathcal{G} = \mathcal{G}_2$  de maatregelen  $M_{11}$  en  $M_{31}$  worden aanvaard. De maatregelen  $M_{13}$  en  $M_{33}$  worden voor beide waarden van  $\mathcal{G}$  verworpen. Voor  $\mathcal{G}_1$  wordt  $M_{12}$  aanvaard en  $M_{32}$  verworpen. Voor  $\mathcal{G}_2$  wordt  $M_{12}$  verworpen en  $M_{32}$  aanvaard.

Voor het nemen van rationele beslissingen betreffende maatregelen die gerepresenteerd worden door een punt in het eerste of derde kwadrant is blijkbaar vereist dat de numerieke waarde van  $\mathcal{G}$  wordt vastgesteld.

De behoefte aan zo'n numerieke waardebepaling mag geen rechtvaardiging zijn voor de toekenning van een willekeurige getalwaarde.

### 1.2.2. Keuze uit een aantal elkaar uitsluitende alternatieve maatregelen

Dit beslissingsprobleem kan als volgt geformuleerd worden:

Gegeven een verzameling alternatieve maatregelen  $M_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) met betrekking tot een probleemsituatie die verbeterd dient te worden, met de restrictie dat geen combinaties van maatregelen mogelijk zijn.

Gevraagd: welk alternatief verdient de voorkeur.

Indien van slechts twee alternatieven sprake is kan men de vraag of  $M_j$  al of niet te verkiezen is boven  $M_k$  vervangen door de vraag of de situatie, ontstaan na invoering van  $M_k$  nog verbetert, indien  $M_k$  door  $M_j$  vervangen wordt, waarmee weer een beslissingsprobleem type 1 ontstaan is. In het welzijn-kosten-diagram (Fig. 7) weergegeven door de vraag, hoe  $M_j$  ligt ten opzichte van het naar  $M_k$  verschoven assenstelsel.

Blijkbaar worden maatregelen van het type  $M_{j4}$  door  $M_k$  verworpen, terwijl  $M_k$  op zijn beurt weer door maatregelen van het type  $M_{j2}$  verworpen wordt.

Verkiezelijkheid van  $M_k$  ten opzichte van maatregelen van typen  $M_{j1}$  en  $M_{j3}$  is weer afhankelijk van de waarde van  $\mathcal{G}$ .

Indien de keuze een groter aantal alternatieven omvat, kan voor elk tweetal maatregelen uit de verzameling volgens bovengenoemd criterium worden nagegaan of een van beiden op grond van hun relatieve ligging in het welzijn-kosten diagram verworpen kan worden. In veel gevallen kan op deze manier het aantal alternatieve maatregelen belangrijk gereduceerd worden, onafhankelijk van de waarde van  $\mathcal{U}$ .

In de verzameling alternatieve maatregelen die overblijft komen slechts tweetallen voor, waarvan de maatregel die het meest kost ook het meest oplevert. Indien deze verzameling gerangschikt wordt naar opklimmende kosten respektievelijk naar opklimmende welzijns effecten ontstaan twee rangschikkingen met een perfecte rangkorrelatie.

In veel gevallen kan deze verzameling nog verder gereduceerd worden afhankelijk van de ligging van twee alternatieve maatregelen in het welzijn-kosten diagram. Er is n.l. nog een tweede criterium dat, onafhankelijk van  $\mathcal{U}$  tot verwerping van maatregelen kan leiden (Fig. 8).

Indien de verzameling uit drie alternatieven bestaat, ( $M_1, M_2, M_3$ ) dan kan  $M_2$  noch door  $M_1$  noch door  $M_3$  verworpen worden indien de waarde van  $\mathcal{U}$  onbepaald is. Indien  $M_2$  gelimiteerd wordt door de voorwaarden

$$W_1 < W_2 < W_3 \quad (10)$$

$$K_1 < K_2 < K_3 \quad (11)$$

dan is gemakkelijk in te zien dat er altijd waarden van  $\mathcal{U}$  gekozen kunnen worden zodanig dat  $M_3$  verkozen wordt boven  $M_2$  en  $M_1$  respektievelijk zodanig dat  $M_1$  verkozen wordt boven  $M_2$  en  $M_3$ . Het blijkt ook mogelijk waarden van  $\mathcal{U}$  te kiezen zodanig dat  $M_2$  verkozen wordt boven  $M_1$  en  $M_3$ .

Er is echter geen enkele waarde van  $\mathcal{U}$  die  $M_2$  de voorkeur geeft boven  $M_1$  zowel als boven  $M_3$ .

$M_2$  kan verworpen worden op grond van de overweging dat voor iedere waarde van  $\mathcal{U}$  tenminste één gunstiger alternatief beschikbaar is.

Het is niet nodig het bovenbeschreven eliminatieproces naar de letter uit te voeren. Indien alle alternatieve maatregelen worden weergegeven door een punt in het welzijn-kosten diagram ontstaat een puntenwolk (Fig. 9). Het is nu eenvoudig in te zien, dat de maatregel met de grootste welzijnstoename  $M_{Wmax}$  alle duurere maatregelen ( $K > K_{Wmax}$ ) verwerpt op grond van het eerste criterium. Evenzo zal de goedkoopste maatregel  $M_{Kmin}$  op grond van het eerste criterium alle maatregelen met geringer welzijnseffekt ( $W < W_{Kmin}$ ) verwerpen.

Op grond van het tweede criterium wordt de keus beperkt tot maatregelen op het segment  $M_{Kmin} - M_{Wmax}$  van de gebroken contourlijn rond de puntenwolk.

Beperkende voorwaarden

Tot dusver is nog geen aandacht besteed aan beperkende voorwaarden die ten aanzien van beslissingen gesteld zouden kunnen worden, naast een nader te kwantificeren welzijn-kosten criterium. Voorbeelden van dergelijke beperkingen zijn:

A. Het beschikbare budget is begrensd, de kosten van de maatregel mogen daar niet bovenuit gaan.

$$K \leq K^+ \quad (12)$$

B. Ten aanzien van het verkregen welzijn wordt een ondergrens gesteld, die men tenminste wenst te bereiken

$$W \geq W^+ \quad (13)$$

Een bijzonder geval is, dat maatregelen met negatieve welzijns-effecten afgewezen worden, zelfs al staan daar aanzienlijke besparingen tegenover, dus

$$W \geq 0 \quad (14)$$

Het is bij beslissingsproblemen van het type 2 nuttig ook de "nulmaatregel" ( $M_0$ , dat is een handhaving van de bestaande toestand) aan de alternatieven toe te voegen.

In veel gevallen zal  $M_0$  de goedkoopste maatregel blijken te zijn, die dus niet verworpen kan worden door beide van  $\mathcal{G}$  onafhankelijke criteria.

Als konsekwentie van de beperkende voorwaarden kunnen beslissingen van het type 1 negatief uitvallen, omdat de beschouwde maatregel te veel kost of te weinig oplevert.

Bij beslissingen van het type 2 houden de beperkende voorwaarden een reductie in van het aantal alternatieve maatregelen. Daarna kan weer het onder 1.2.2. beschreven eliminatieproces worden toegepast.

Ook beperkende voorwaarden zijn het gevolg van een beslissing, die eveneens een rationele motivering behoeft. Voorlopig beschouwen we de beperkingen als gegevens waarmee in het beschouwde beslissingsproces rekening gehouden dient te worden.

### 1.2.3. Prioriteitstelling binnen een verzameling maatregelen

Een veel voorkomende situatie is, dat men voor de behandeling van een bepaald probleem de beschikking heeft over een verscheidenheid van maatregelen die in principe naast elkaar toegepast kunnen worden, maar die vanwege budgettaire beperkingen niet allemaal gerealiseerd kunnen worden.

Het beslissingsprobleem in een dergelijk geval is, uit de beschikbare verzameling maatregelen een optimale keus te maken. Daar onder verstaan we een zodanige keus, dat met het beschikbare budget de grootst mogelijke welzijnsinstroom verkregen wordt.

Het keuzeproces verdeelt de verzameling maatregelen in twee deelverzamelingen namelijk de uitverkoren maatregelen en de verworpen maatregelen. De deelverzameling uitverkoren maatregelen is optimaal, indien geen enkele vervanging van maatregelen uit deze deelverzameling door willekeurige verworpen maatregelen tot een vermeerdering van het welzijn leidt.

Er is een eenvoudige procedure om tot de selectie van een optimale deelverzameling te komen. Van alle beschikbare maatregelen wordt de verhouding tussen welzijnsvermeerdering en kosten bepaald. Vervolgens worden de maatregelen gerangschikt naar afnemende welzijn-kosten verhouding (Fig. 10). Voor elke maatregel wordt de welzijn-kosten verhouding weergegeven door de hoogte van de korresponderende kolom, de kosten door de breedte en de welzijnstoename door het oppervlak (Fig. 10a).

Indien de maatregelen worden gerealiseerd volgens afnemende welzijn-kosten verhouding, vertegenwoordigt de horizontale as de kumulatieve kosten, het oppervlak onder het histogram vertegenwoordigt de totale welzijnstoename. In Fig. 10b kan de totale welzijnstoename die uit het beschikbare budget is verkregen rechtstreeks worden afgelezen. Het beschikbare budget kan vanuit de oorsprong op de kumulatieve kosten-as  $K_{\text{kum}}$  uitgezet worden. Het budget is gewoonlijk niet toereikend om  $M_{k+1}$  te voltooien. Dan resteert een detailprobleem n.l.  $M_{k+1}$  te laten vervallen ten gunste van een of meer maatregelen  $M_{k+m}$  ofwel een of meer maatregelen  $M_{k-m}$  te laten vervallen ten gunste van  $M_{k+1}$ .

De boven beschreven procedure is alleen van toepassing op een verzameling maatregelen die geheel in het eerste kwadrant liggen.

Maatregelen van het type  $M_2$  (Fig. 5) worden met prioriteit gerealiseerd en beïnvloeden de procedure dus niet.

Maatregelen van het type  $M_4$  evenmin, want die worden onmiddellijk verworpen.

Maatregelen van het type  $M_j$  veroorzaken slechts dan komplikaties in de procedure indien de besparingen die zij opleveren rechtstreeks aan het budget worden toegevoegd.

De procedure leidt tot een optimale besteding van het beschikbare budget, maar verschaft geen oordeel over de optimale grootte van het budget. Wel kan berekend worden met welke welzijn-kosten-verhouding het budget besteed is.

### 1.3. Het gegeneraliseerde welzijn-kosten model

Totdusver zijn alleen maatregelen beschouwd, die welzijnseffekten van één enkele soort opleveren. Veel maatregelen zijn niet specifiek, ze beïnvloeden meerdere verschijnselen en beïnvloeden het welzijn in een aantal dimensies.

Beslissen met betrekking tot zulke maatregelen op grond van vergelijkingen van de kosten en van die ene vorm van welzijn waarin men toevallig iets meer geïnteresseerd is, doet tekort aan het belang van de overige effecten door zulke maatregelen veroorzaakt. Indien men bij de keus tussen of de prioriteitstelling ten aanzien van maatregelen het effect van die maatregelen met betrekking tot welzijn van verschillende categorieën in rekening wil brengen, dan kan het voorkomen dat een maatregel, die meer effectief is ten aanzien van de ene welzijnsvorm minder effectief is ten aanzien van een andere categorie.

Effecten op verschillende welzijnsvormen zullen dus tegen elkaar afgewogen moeten worden. De onderscheiden soorten welzijn zouden moeten worden vertaald in algemeen welzijn met behulp van weegfactoren, die in feite zouden moeten uitdrukken het belang van de betreffende welzijnsvormen voor het algemeen welzijn. De relatie tussen algemeen welzijn en specifieke welzijnsvormen kan worden weergegeven door de vergelijking

$$W_j = \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot W_{ji} \quad (15)$$

waarin

$W_j$  : De integrale welzijnstoename die maatregel  $M_j$  oplevert

$W_{ji}$  : De specifieke welzijnstoename die maatregel  $M_j$  in de dimensie  $i$  oplevert

$\omega_i$  : Weegfactor voor specifieke welzijnstoename in dimensie  $i$

Het effect dat een maatregel  $M_j$  heeft met betrekking tot  $W_{ji}$  kan door onderzoek bepaald worden.

Voor maatregelen die veelvuldig toegepast worden zal men het effect uit ervaring kennen.

De waarde van de weegfactoren wordt bepaald door degene die de beslissing neemt. Over de juistheid van deze waarden kan geen wetenschappelijk oordeel gegeven worden, dit is weer een levensbeschouwelijk of politiek oordeel.

De wetenschap kan wel oordelen over de juiste hantering en de consistente toepassing van de gekozen weegfactoren, of deze door empirisch onderzoek bepalen.

Op analoge wijze als beslissingen in een aantal gevallen onafhankelijk bleken te zijn van de waarde van  $\mathcal{G}$ , zijn ook in het geval van maatregelen met welzijnseffekten in meer dan één dimensie beslissingen in een aantal gevallen mogelijk, onafhankelijk van de waarde van de weegfactoren  $\omega_i$ . Voor het geval van maatregelen met welzijnseffekten in twee dimensies is dit geïllustreerd in Fig. 11.

Op de assen zijn niet de welzijnstoename maar de welzijnstoe-name per kosten-eenheid uitgezet.

$$w_{ji} = W_{ji} / K_j \quad (16)$$

De kosten zijn positief verondersteld zodat  $w_{ji}$  en  $W_{ji}$  hetzelfde teken hebben. De numerieke waarden van  $\omega_1$ ,  $\omega_2$  en  $\mathcal{G}$  bepalen gezamenlijk een grenslijn  $g$ , zodanig dat maatregelen weergegeven door een punt links onder deze grenslijn verworpen dienen te worden. De integrale welzijnseffekten  $w_j$  worden "gemeten" in een richting loodrecht op deze grenslijn. Het is gemakkelijk in te zien, dat  $M_{j1}$  onafhankelijk van de waarden van  $\omega_1$  en  $\omega_2$  steeds hogere integrale waarden oplevert dan  $M_k$  en dus de voorkeur verdient, terwijl  $M_k$  op zijn beurt weer de voorkeur verdient boven  $M_{j3}$ . Dit criterium geeft geen uitsluitel ten aanzien van de relatieve verkieslijkheid van  $M_k$  ten opzichte van  $M_{j2}$  en  $M_{j4}$ . De optimale besteding van een gegeven budget is niet langer een in principe eenvoudige opgave, zonder een nadere definitie van het begrip optimaal waarbij aan de weegfactoren kwantitatieve begrenzingen opgelegd worden.

## 2. TOEPASSING VAN HET GEGENERALISEERDE WELZIJN-KOSTEN MODEL

Bij de bespreking van het gegeneraliseerde welzijn kosten model is gesteld, dat de prioriteitbepaling op basis van het model binnen een verzameling maatregelen, die behalve financiële konsekwenties, ook invloed hebben op het welzijn in twee of meer wezenlijk verschillende vormen, slechts mogelijk is indien de weegfactoren voor die onderscheiden welzijnscomponenten bepaald zijn. Terwijl er van kwantitatieve bepaling van deze weegfactoren tot dusver geen sprake kon zijn, werden wel degelijk prioriteiten vastgesteld indien bovengeschetst probleem zich voordeed. Men kan nu de probleemstelling omkeren, namelijk op basis van de gestelde prioriteitenreeks over de beschouwde verzameling maatregelen en de met elke maatregel verbandhoudende financiële konsekwenties en effecten op de diverse welzijnscomponenten, te komen tot een bepaling van de weegfactoren. Een speciale moeilijkheid daarbij is dat prioriteitstelling van de ene maatregel boven de andere slechts voortvloeit uit het feit, dat er verschil in effectiviteit is, maar de grootte van dat verschil komt in de prioriteit niet tot uitdrukking. Omgekeerd is uit de prioriteitstelling dan ook geen gelijkheid, maar slechts een ongelijkheid af te leiden.

De prioriteitstelling van maatregel  $M_j$  boven  $M_k$  is te herleiden tot de ongelijkheid

$$W_j/K_j = w_j > w_k = W_k/K_k \quad (17)$$

waarin  $K_j > 0, K_k > 0$  terwijl  $W_j$  en  $W_k$  voldoen aan (15), zodat uit (16)<sup>j</sup> volgt

$$\sum_{i=1}^n \omega_i (W_{ji} - W_{ki}) > 0 \quad (18)$$

De  $n$  onbekende  $\omega_i$  waarden zouden oplosbaar zijn uit  $n$  vergelijkingen. Daar (17) echter een ongelijkheid is, zullen in het algemeen een beduidend groter aantal van deze uitdrukkingen vereist zijn om de weegfactoren te benaderen.

De mogelijkheid om op deze wijze tot een bepaling van weegfactoren te komen, is voor een concreet geval onderzocht. Het kernprobleem van de beschouwde onderzoekregio was een relatief hoge verkeersonveiligheid. De primaire beleidsdoelstelling was om het aantal verkeersongevallen drastisch te verminderen, echter met de beperking dat andere kwaliteitsaspecten van het verkeer en de infrastructuur daarvan geen (of hoogstens een marginale)

nadelige invloed mochten ondervinden.

Onder de meest voor de hand liggende veiligheidsmaatregelen zijn er echter die een nadelig effect hebben op de doorstroming van het verkeer of op de ekologische aspecten van het gebied.

Deze effecten dienen in het beslissingsmodel volgens een nader te bepalen onderlinge waardering tegen elkaar afgewogen te worden.

## 2.1 Konkretisering van het model

Aangezien zowel preventieve maatregelen als maatregelen om gevolgen van ongevallen te verminderen overwogen worden, dient voor wat betreft de veiligheid een vergelijking gemaakt te worden tussen maatregelen die overwegend van invloed zijn op de ernst van ongevallen en die overwegend van invloed zijn op het aantal ongevallen. Onder de overwogen maatregelen zijn er, die invloed hebben op het rijcomfort en op de reistijden in het betrokken gebied of langs bepaalde routes. Het effect van maatregelen op de afwikkelingskwaliteit moet dus tenminste over deze twee grootheden beoordeeld worden.

Tenslotte wordt door bepaalde maatregelen schade toegebracht aan het milieu, met name door het kappen van bomen. Er is een verscheidenheid van grootheden denkbaar waarin milieuaspekten kunnen worden uitgedrukt.

Het was echter niet bij voorbaat duidelijk of deze in de onderzoekregio een rol zouden spelen. Daarom is volstaan met het opvoeren van de milieuaspekten onder de aanduiding ekologische waarde, waarbij in principe de mogelijkheid werd opengehouden deze waarde in een later stadium nader te specificeren, eventueel in meer dimensies.

Uitgangspunt vormde de beleidsdoelstelling om het beschikbare budget optimaal te besteden, d.i. overeenkomstig een prioriteitstelling volgens (18) voor het geval  $n = 5$ . Voor de onderzoekregio hebben de respektievelijke symbolen de volgende betekenis:

- $W_j$  : de door maatregel  $M_j$  verkregen integrale welzijnstoename
- $W_{jk}$  : de door maatregel  $M_j$  verkregen specifieke welzijnstoename van categorie  $k$
- $\omega_k$  : weegfactor voor specifiek welzijn van categorie  $k$
- $K_j$  : voor de realisering van maatregel  $M_j$  benodigde kosten
- $\phi_j$  : criterium voor effectiviteit van maatregelen
- $W_{j1}$  : reductie van het aantal ongevallen
- $W_{j2}$  : reductie van de ongevalsernst
- $W_{j3}$  : reductie van de reistijd
- $W_{j4}$  : toename van het rij-komfort
- $W_{j5}$  : toename van de ekologische waarde



De specifieke welzijnscomponenten zijn zo gedefinieerd dat met positieve weegfactoren gewerkt kan worden. Er moet rekening gehouden worden met de mogelijkheid dat bepaalde verkeersveiligheidsmaatregelen tot negatieve waarden van  $W_{j3}$ ,  $W_{j4}$ , of  $W_{j5}$  zullen leiden. De bepaling van de weegfactoren  $\omega_k$  is primair een beleidsverantwoordelijkheid, de bepaling van de specifieke welzijnscomponenten  $W_{jk}$  en de kosten  $K_j$  is in eerste instantie een onderzoektaak.

De bepaling van prioriteiten met betrekking tot mogelijke maatregelen kan niet gebaseerd worden op meting van de specifieke welzijnseffekten in de plaatselijke situatie, maar op een prognose daarvan.

Het effect van maatregelen zal berekend moeten worden, uit de samenhang tussen kenmerken van infrastructuur, wegennet, verkeersgedrag en de specifieke kwaliteitskarakteristieken, en uit de verandering die de beschouwde maatregel veroorzaakt in die kenmerken. Met name ten aanzien van maatregelen die gericht zijn op verandering van het verkeersgedrag is het effect vaak moeilijk voorspelbaar in het bijzonder wanneer het gaat om maatregelen, gericht op verandering van factoren die de gedragskeuze plegen te beïnvloeden maar niet dwingend zijn.

Aannemende, dat bij praktische beslissingsprocessen een hoeveelheid op ervaring gebaseerd inzicht in de verkeersveiligheidsproblematiek impliciet aanwezig is, kan het expliciet maken daarvan ook van direkt nut zijn voor het veiligheidsbeleid.

## 2.2. Opzet van het toetsingsonderzoek

Voor de verifiëring van het model is de medewerking gevraagd van een aantal beleidsmensen met praktische ervaring op de beschouwde gebieden. Door de diverse deelnemers is in een rangordeschaal lopend van 1 tot 10 een prioriteitenstelling gegeven over een verzameling van 143 verkeersmaatregelen.

De specifieke effecten van deze maatregelen met betrekking tot het vijftal in 2.1. genoemde maatschappelijk relevante variabelen zijn geschat in rangordeschalen lopend van -2 tot +2. Voor een deelverzameling van 77 maatregelen zijn door enkele deelnemers kostenopgaven verstrekt, in geldeenheden (metrische schaal).

Op het moment dat aan de deelnemers werd verzocht hun oordeel over de diverse maatregelen op de boven aangegeven schalen kwantitatief te waarderen, was er op het betrokken gebied geen ervaring beschikbaar met deze wijze van kwantificeren van een oordeel.

Bij de maatregelenstaat die ter beoordeling aan de deelnemers werd voorgelegd werd een instructie voor het invullen toegevoegd om al te grote ongelijkvormigheid in de interpretatie en het gebruik van de beoordelingsschalen door de deelnemers te vermijden. Meer dan dat was voorhands niet te verwachten omdat ook op dit punt ervaring ontbrak. Aannemelijk is dat de ontwikkeling van een optimaal consistent beoordelingsinstrument pas na een aantal ontwikkelingsfasen ontstaat.

Doel van het onderzoek was een kwantitatief inzicht te krijgen in de wijze waarop in de praktijk ongelijksoortige belangen tegen elkaar worden afgewogen bij beslissingen over maatregelen die deze onderscheiden belangen simultaan beïnvloeden.

#### 2.2.1. Overzicht van de verkregen data

Van zes deelnemers werden beoordelingsstaten over de verzameling van 143 maatregelen ontvangen.

Een vergelijkend onderzoek leverde de volgende resultaten:

- a. Door sommige deelnemers werden niet alle maatregelen beoordeeld; in de meeste gevallen omdat de betreffende maatregel voor de onderzoekregio niet van toepassing werd geacht.
- b. Eén deelnemer had zich overwegend onthouden van een oordeel over effecten op reistijd  $W_3$ , rijkomfort  $W_4$  en ekologische waarde  $W_5$ .
- c. Eén deelnemer had slechts voor een relatief klein aantal maatregelen een prioriteitsoordeel gegeven.
- d. Twee deelnemers hadden voor een aantal maatregelen kostengegevens verstrekt.

Een globaal overzicht van de beoordelingsstaten is gegeven in tabel 1.

Vervolgens werden de beoordelingsstaten van de deelnemers meer in detail met elkaar vergeleken, zowel per maatregel en per soort effect (kategorie specifiek welzijn) als per categorie maatregelen in bepaalde prioriteitsklassen.

Uit deze vergelijking kwam naar voren:

- e. Een gelijkloidend oordeel van alle deelnemers over de grootte-klasse van een bepaalde categorie specifiek welzijn bij een bepaalde maatregel was uitzondering. Ook grote spreidingen in het oordeel kwamen echter slechts bij uitzondering voor.

f. Er bestaan duidelijke verschillen tussen de deelnemers in het gebruik van de welzijnsschalen. Hoewel extreme schaalwaarden +2 en -2 naar verhouding weinig gebruikt worden is er een duidelijk verschil in de frekwentie waarmee de verschillende diensten extreme waarden toekennen.

g. Er bestaan duidelijke overeenkomsten tussen de deelnemers voor wat betreft hun oordeel over de binnen de beschouwde verzameling maatregelen overheersende effecten. Een gunstige invloed overweegt bij  $W_1$  en  $W_2$  (aantal en ernst van de ongevallen) voor alle deelnemers en met 1 uitzondering bij  $W_4$  (rijkomfort). Een verwaarloosbare invloed overweegt bij  $W_3$  (reistijd) en  $W_5$  (ekologische waarde). Ten aanzien van  $W_3$  worden de resterende maatregelen nogal wisselend beoordeeld. Bij  $W_5$  overweegt voor de resterende maatregelen een ongunstig oordeel.

h. Er bestaan duidelijke verschillen tussen de deelnemers in de toepassing van de prioriteitenschaal. Sommigen gebruiken overwegend de extreme schaalwaarden, anderen gebruiken overwegend het middengedeelte van de schaal.

i. Er is bij alle deelnemers een samenhang te ontdekken tussen de beoordeling van welzijnseffecten en prioriteitstelling. Deze samenhang is niet perfect.

j. De prioriteitsschalen blijken een nul niveau te omvatten, zodanig dat maatregelen met een lagere prioriteit als schadelijk worden beschouwd, met andere woorden afgewezen zouden worden, ook indien voldoende middelen ter realisering beschikbaar zouden zijn. Dit nulniveau wordt door de diverse deelnemers bij verschillende schaalwaarden geplaatst.

k. De deelverzameling maatregelen waarvoor kostenopgaven verstrekt zijn en de deelverzameling waarvoor dat niet het geval was vertonen overwegend hetzelfde beeld zowel ten aanzien van de beoordelingen van de welzijnsbeïnvloeding als voor de prioriteitstelling. Er zijn wel wat kwantitatieve verschillen zodat verschillende uitkomsten voor beide deelverzamelingen niet zonder nader onderzoek uitsluitend aan het kosteneffect toegeschreven mogen worden.

De bedoeling van de tot hiertoe met de hand uitgevoerde analyses van de beoordelingsstaten was, om aanwijzingen te krijgen voor de uitvoering van meer gedetailleerde analyses per komputer.

### 3. KOMMENTAAR

1. Het in sektie 1 beschreven gegeneraliseerde welzijn, kosten model is primair ontwikkeld ten behoeve van de optimale selectie van een set maatregelen met implicaties voor diverse aspecten van het algemeen welzijn, uit een grotere verzameling. Sektie 2 bevat de opzet voor een empirisch onderzoek naar de bruikbaarheid van het beslissingsmodel en naar de konsekwenties bij een toepassing in een concreet geval. Hoewel het onderzoek nog niet ver genoeg gevorderd is om definitieve konklusies te trekken, zijn wel reeds enige aanwijzingen verkregen.

2. Het gegeneraliseerde welzijn - kosten model (G.W.K.) is zo ontworpen, dat het enkelvoudige welzijn - kosten model (E.W.K.) kan worden opgevat als bijzonder geval daarvan. Het baten - kosten model (B.K.) kan worden opgevat als bijzonder geval, zowel van het (E.W.K.) als van het (G.W.K.) model. Deze beslissingsmodellen voldoen dus qua konsept aan de essentiële voorwaarden, dat ze het baten - kosten model dat op ruime schaal zijn bruikbaarheid heeft bewezen, niet verwerpen maar de toepasbaarheid ervan beperken tot maatregelen met verwaarloosbare welzijns - implicaties.

3. De welzijn - kosten modellen zijn zo gekoncipieerd, dat objectief kwantificeerbare (meetbare of telbare) effecten van maatregelen en subjektieve waarde - oordelen betreffende die effecten van elkaar gescheiden worden. Een dergelijke scheiding van grootheden is een noodzakelijke voorwaarde voor nader onderzoek met betrekking tot de genoemde subjektieve waardeoordelen (weegfactoren) en hun verdeling over een populatie. Indien van een voldoende grote verzameling maatregelen de objectieve effecten en de onderlinge prioriteit - stellingen kwantitatief gegeven zijn, kunnen de weegfactoren door middel van het model berekend worden.

4. De welzijn - kosten modellen bieden de mogelijkheid tot het ontdekken van inkonsistenties, zowel binnen een bepaalde beleidsopvatting als tussen beleidsopvattingen. De modellen kunnen dus in principe ook gehanteerd worden om dergelijke inkonsistenties te vermijden.

5. Het empirisch onderzoek naar de bruikbaarheid van het (G.W.K.) model heeft een vrij grote, hoewel niet perfecte consistentie binnen beleidsopvattingen zowel als tussen beleidsopvattingen opgeleverd, die een sterke aanwijzing vormt voor een reële samenhang tussen model en werkelijkheid.

6. Gekonstateerde inkonsistenties in de prioriteitstelling in vergelijking met prioriteiten die op basis voor de gehanteerde weegfactoren berekend konden worden, kunnen veroorzaakt zijn door:

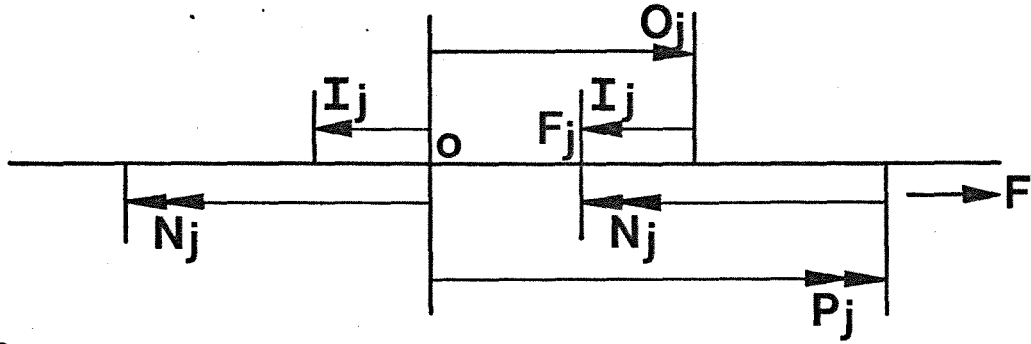
- a. imperfectie van het beslissingsmodel
- b. imperfectie van gebruikte schalen
- c. imperfectie van beoordelingen

Gericht onderzoek zal moeten uitwijzen welk aandeel elk van deze mogelijke imperfecties heeft op de inkonsistentie in de prioriteitstelling.

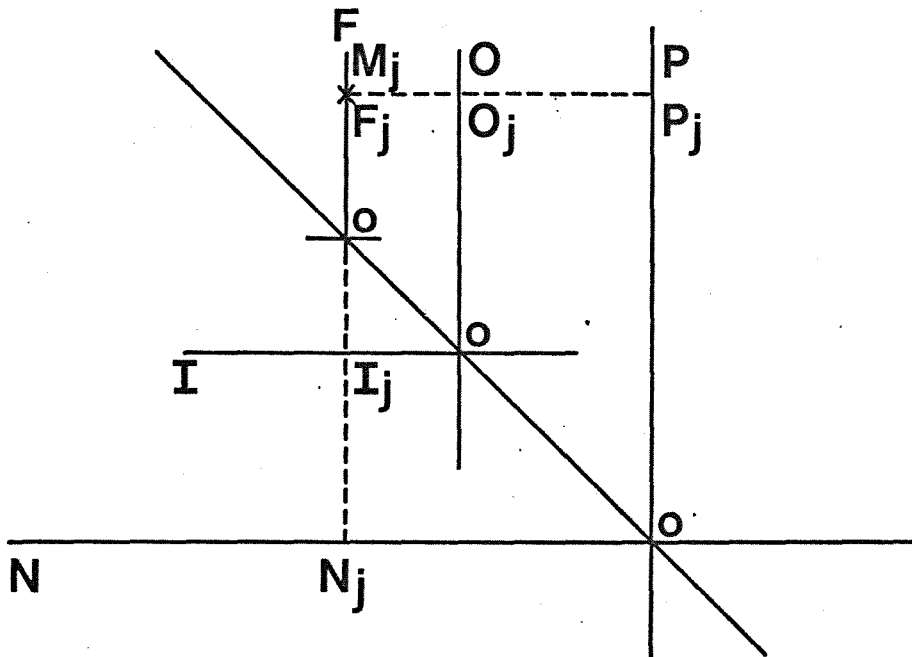
Ten aanzien van het beslissingsmodel zijn er aanwijzingen, dat de tijd waarin maatregelen gerealiseerd kunnen worden mede van invloed zijn geweest op de prioriteitstelling, zodat het model in dat opzicht aanvulling behoeft.

	Boekhoudkundige indeling		
Bestuurlijke Indeling	Baten	Schaden	Output
	Besparingen	Kosten	Input
	Positief	Negatief	Effekt

Fig.1 Onderverdeling van financiële effecten van maatregelen.



2a



2b

Fig.2 Grafische voorstelling van financieel totaal-effekt en deeleffekten van maatregel  $M_j$  op één as (2a) en op twee assen (2b).

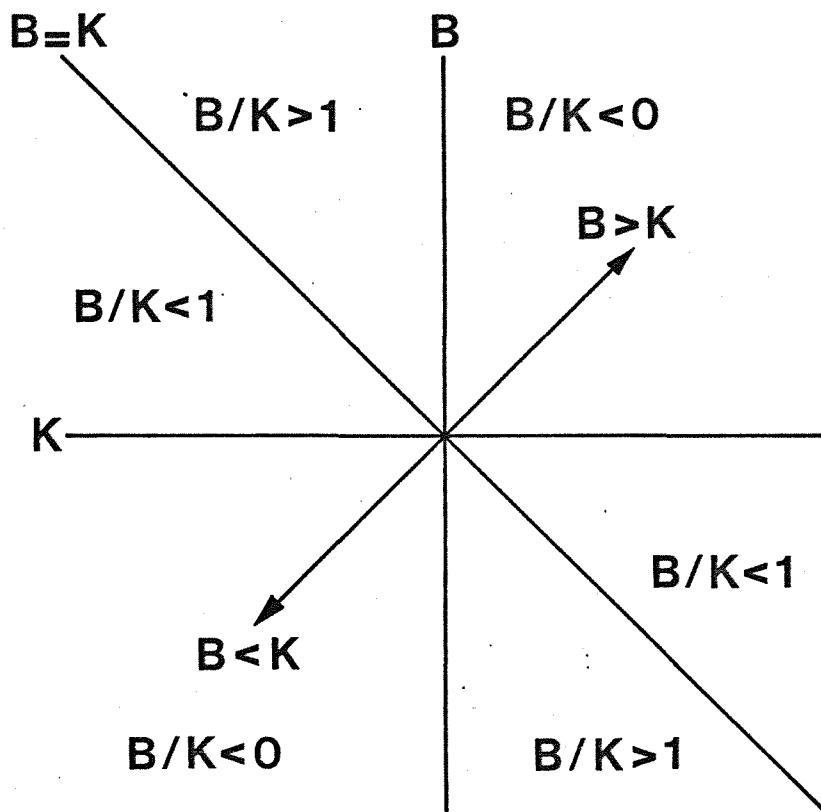


Fig.3 Relaties tussen baten-kosten model en baten/kosten model voor diverse waarden van K en B.



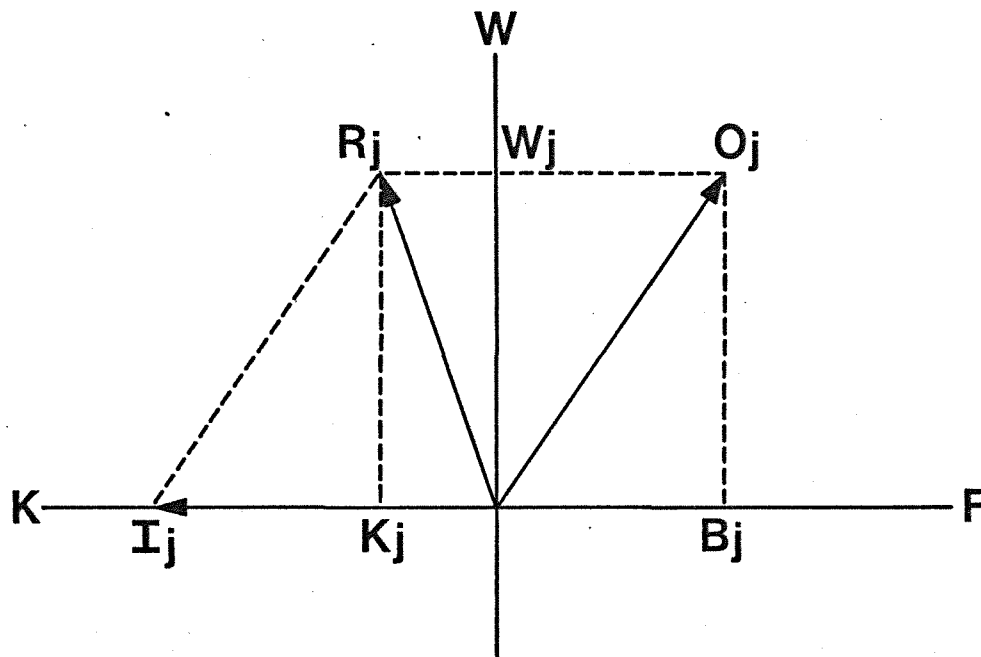


Fig.4 Grafische voorstelling van welzijns en financiële effecten van een maatregel  $M_j$ .

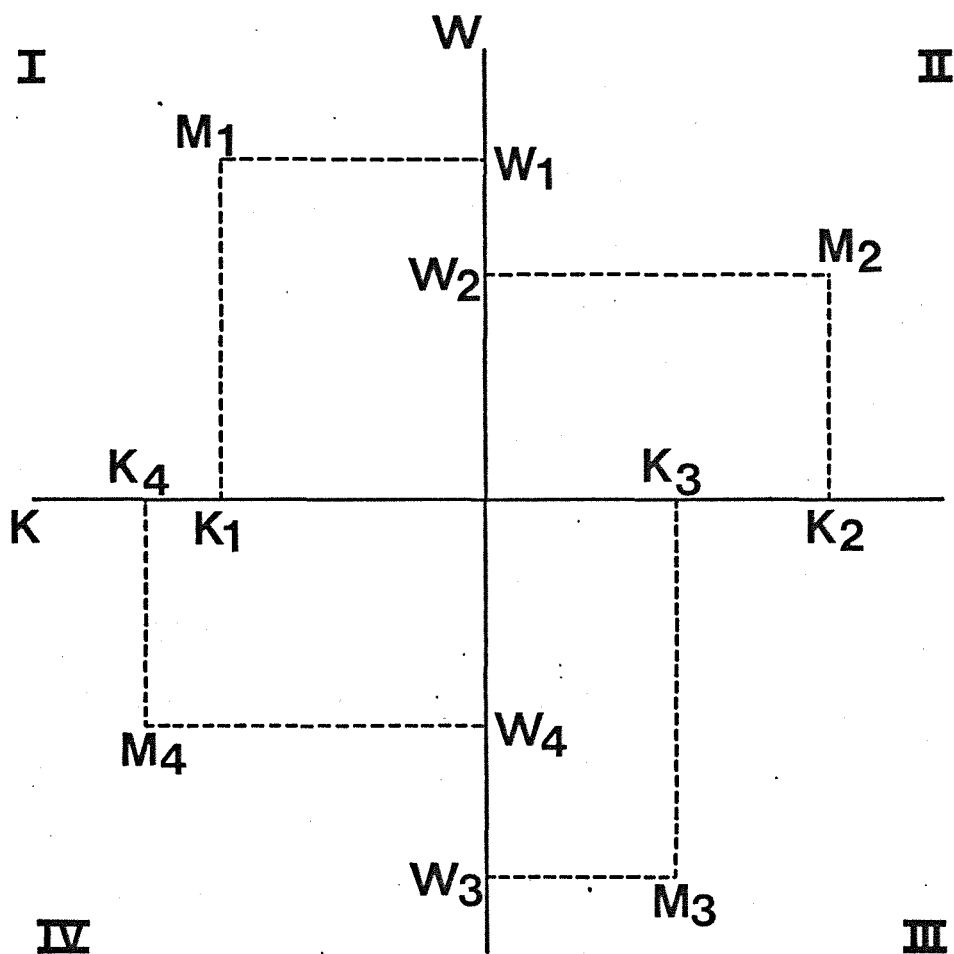


Fig.5 Weergave van maatregelen in de verschillende kwadranten van het welzijn-kosten diagram.

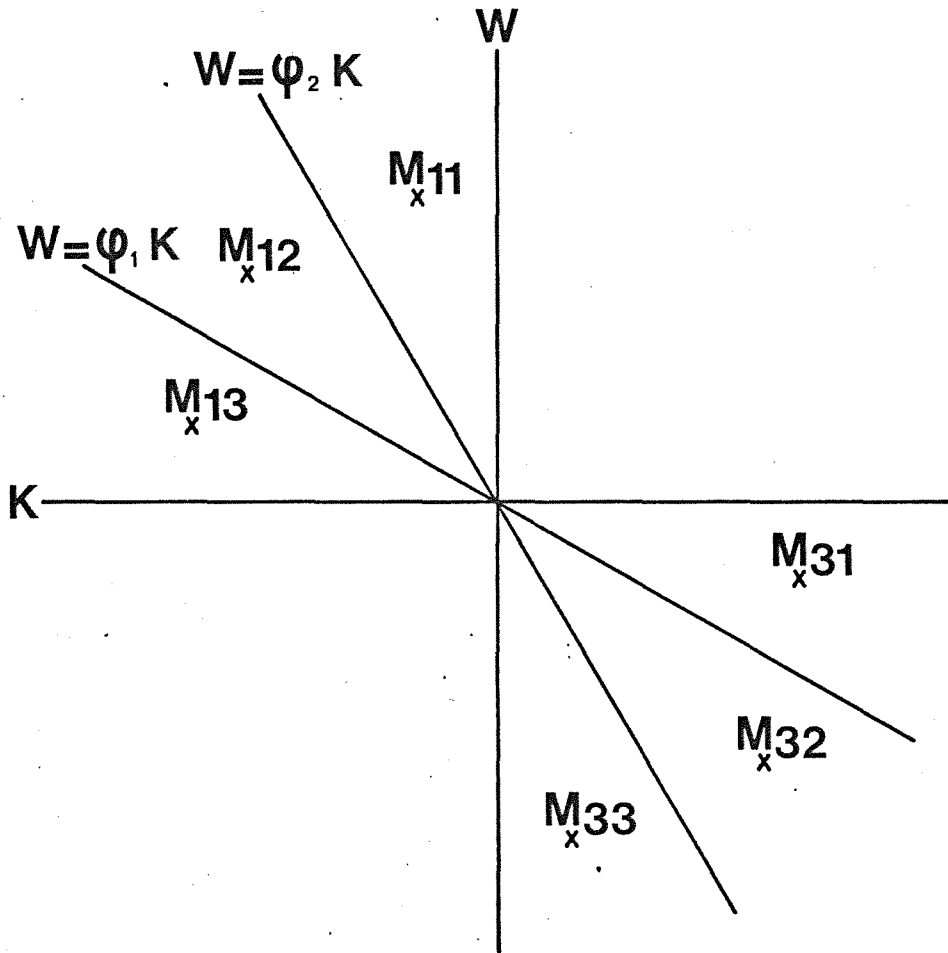


Fig.6 Beoordeling van welzijnbepalende maatregelen volgens verschillende beleidlijnen.

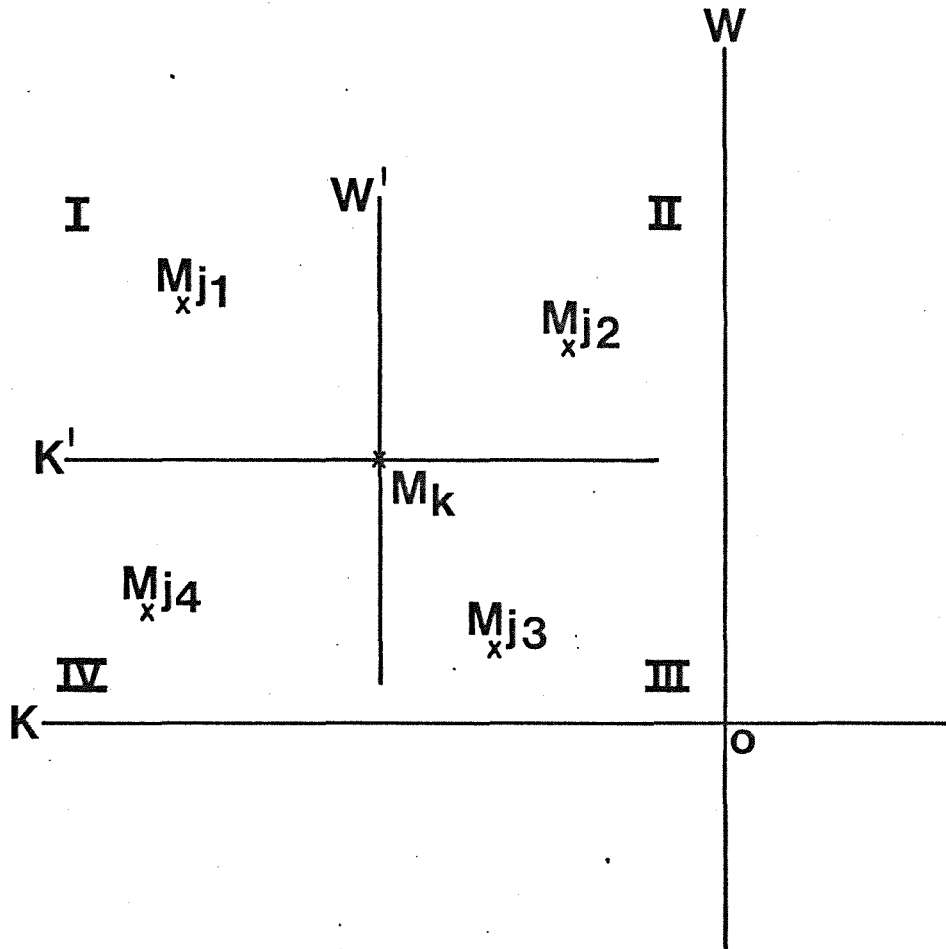


Fig.7 Waarderingsvrij vergelijkingskriterium voor tweetallen  
elkaar uitsluitende mogelijke maatregelen.

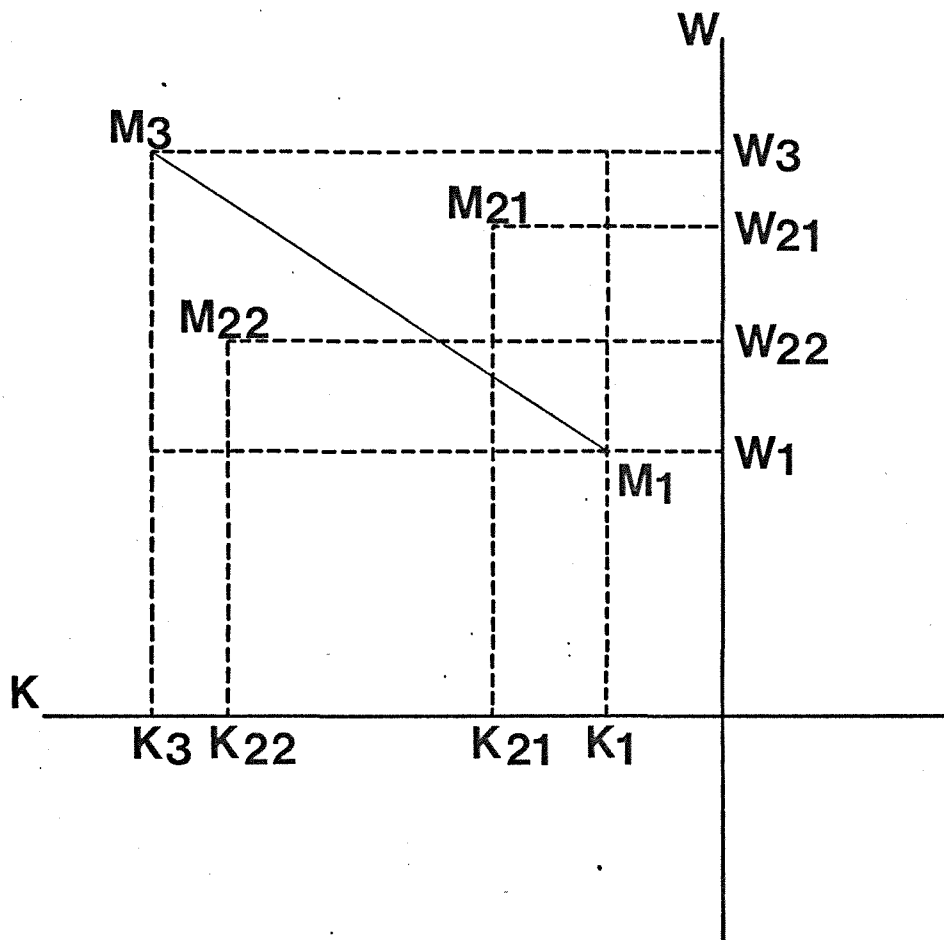


Fig.8 Waarderingsvrij vergelijkingskriterium voor drie elkaar uitsluitende mogelijke maatregelen.

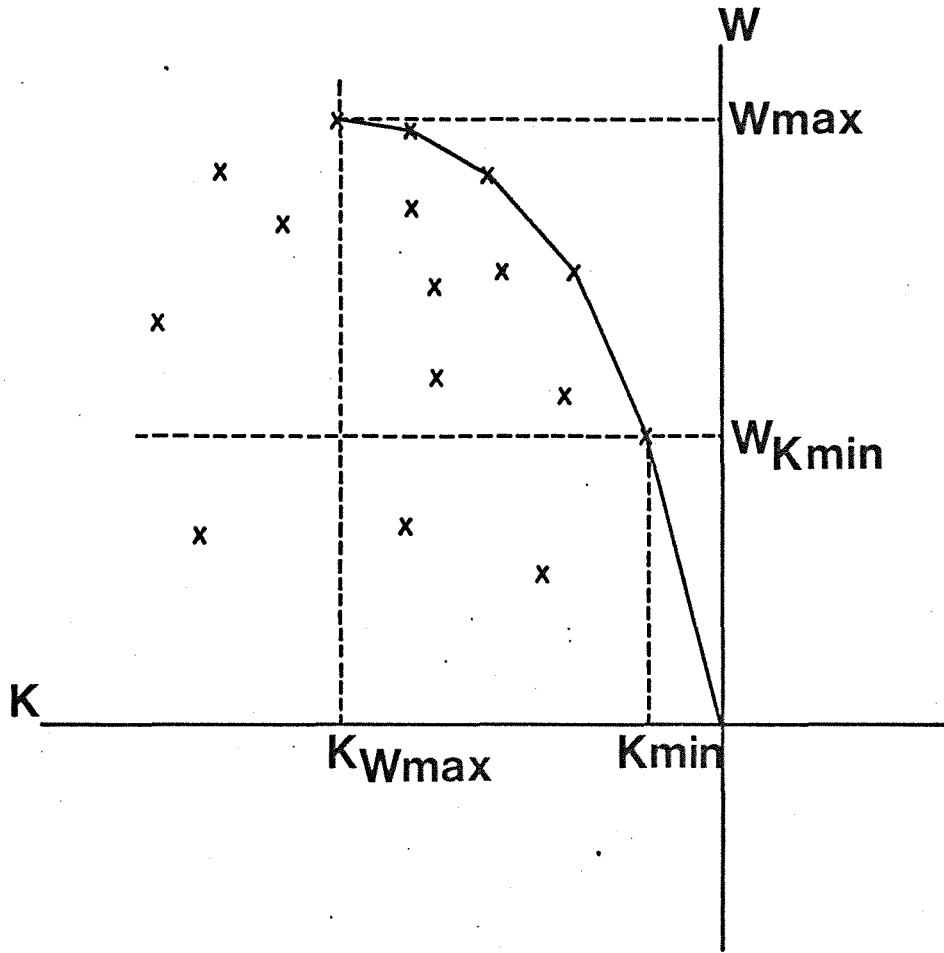


Fig.9 Effekt van waarderingsvrije selectie op een verzameling elkaar uitsluitende mogelijke maatregelen.

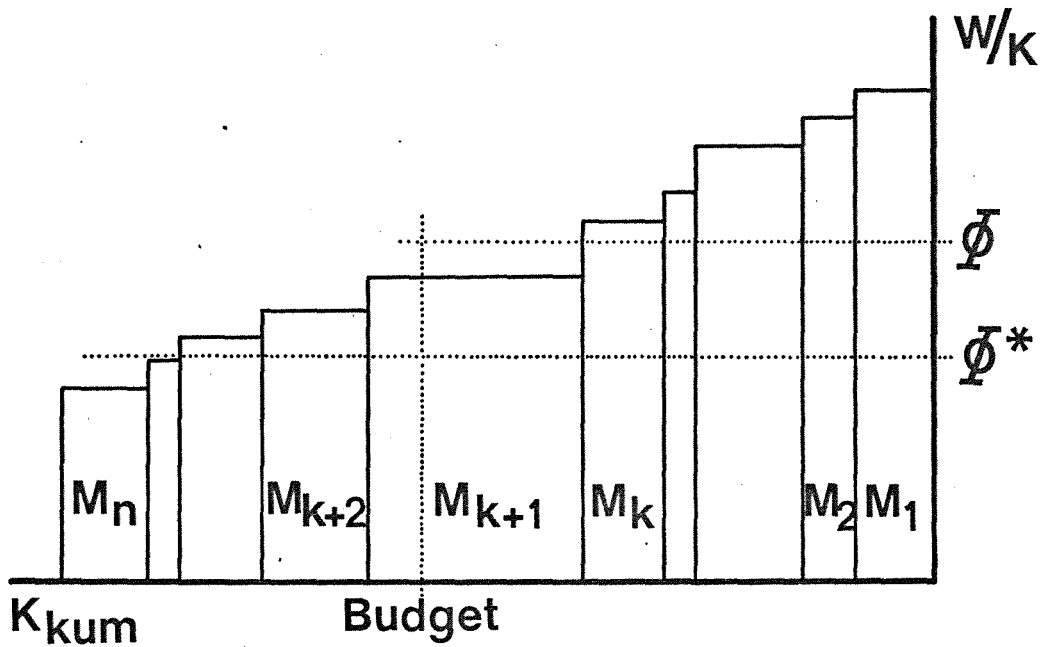


Fig.10a Naar welzijn/kosteneenheid geordende verzameling maatregelen  $M_j$ .

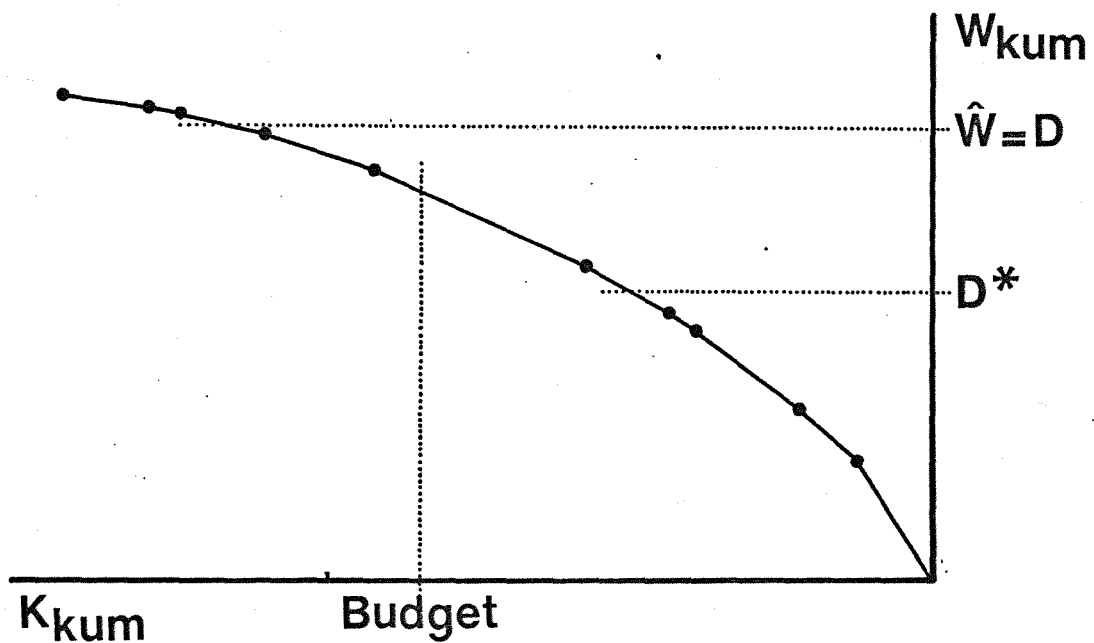


Fig.10b Kumulatieve welzijnstoename tegen kumulatieve kosten.

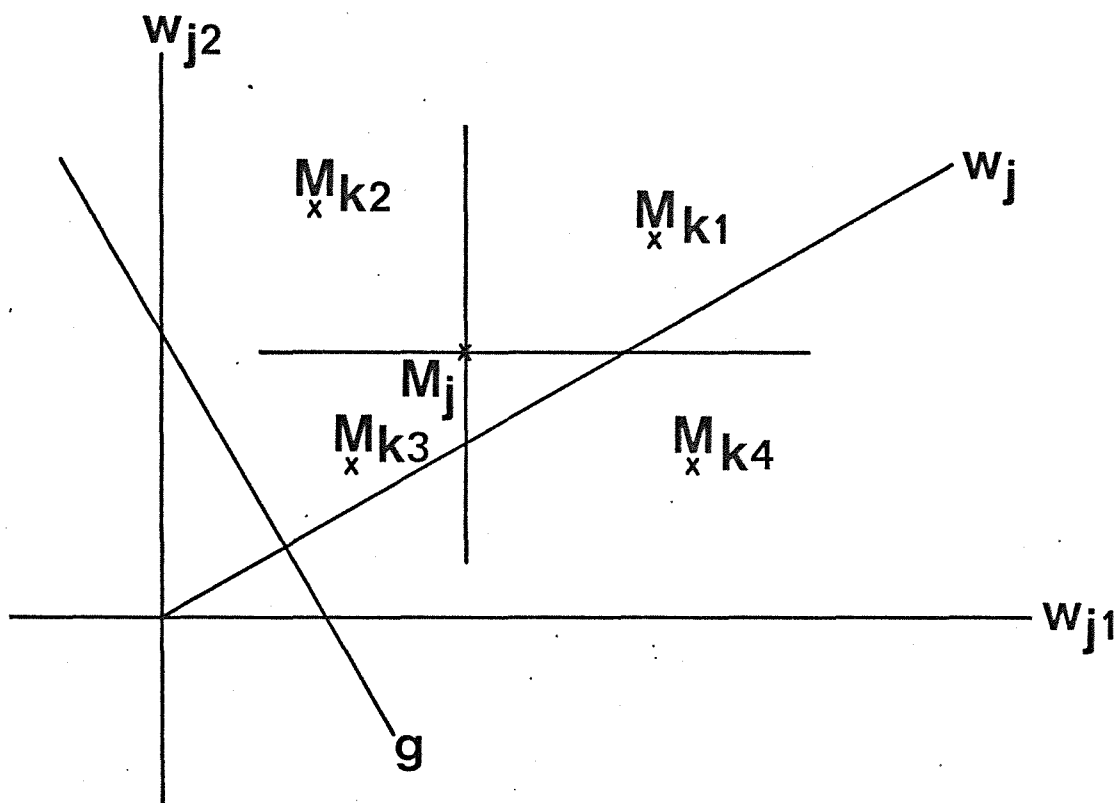


Fig.11 Verwerpingskriteria voor het geval van meerdimensionele welzijnseffekten.



	1	2	3	4	5	6
$W_1$	+	+	+	+	+	+
$W_2$	+	+	+	+	+	+
$W_3$	+	+	+	+	+	
$W_4$	+	+	+	+	+	
$W_5$	+	+	+	+	+	
K		+	+			
$N_d(P_s)$	130	125	130	118	42	140
$N_d(W)$	140	126	133	117	143	141
$N_d(K)$	-	40	43	-	-	1

$N_d ( )$ : Aantal door deelnemer d beoordeelde maatregelen  
 $N_d (P_s)$ : Aantal maatregelen met prioriteitsbeoordeling  
 $N_d (W)$ : Aantal maatregelen met beoordeling van welzijnseffekt  
 $N_d (K)$ : Aantal maatregelen met kostenbeoordeling

Tabel 1. Globaal overzicht van door de deelnemers verstrekte data