

# Functioneel specificeren: de weg naar economisch meest haalbare oplossing

H.L. ter Huerne & K.Th. Veenvliet  
*Universiteit Twente, faculteit Construerende Technische Wetenschappen*

F Tolman  
*KOAC•NPC*

## **Samenvatting**

Veranderende marktverhoudingen hebben geleid tot innovatieve geïntegreerde contractvormen. In deze contractvormen geeft de opdrachtgever aan “welke functies” hij/zij primair gerealiseerd wil zien en niet “welke oplossing”. Bij een dergelijke opdracht dient de aannemer naast uitvoering ook zorg te dragen voor het ontwerp. Dit biedt voor de opdrachtnemers de mogelijkheid om tot een innovatief integraal ontwerpproces te komen (ontwerpen terwijl rekening wordt gehouden met de uitvoeringsmogelijkheden).

Indien wordt gewerkt met functionele eisen dient de opdrachtnemer deze vraag specificaties te vertalen in een ontwerp. Het is dan belangrijk na te gaan welke principes, processen, methoden en technieken kunnen worden aangewend om te komen tot “*het economisch meest haalbare ontwerp- en productieproces*”. In andere industriële sectoren zijn hiertoe benaderings-wijzen ontwikkeld, te noemen valt Systems Engineering (SE), FA (Function Analysis) en VM (Value Management). In dit artikel wordt inzicht gegeven in de wijze waarop SE, VM en FA technieken de werkwijze binnen geïntegreerde contracten kunnen ondersteunen, opdat aan eerder genoemde doelstellingen rondom infrastructurele vraagstukken kan worden voldaan.

## **Trefwoorden**

Functionele eisen, vraag specificaties, Systems Engineering, innovatieve contracten, ontwerpproces

## **1. Inleiding**

Bouwend Nederland en hiermee ook de wegenbouw is in beweging. Waar werk eerder traditioneel werd aanbesteed vindt dit momenteel meer en meer plaats op basis van functionele specificaties. Het ontwerpen van een oplossing voor het probleem was doorgaans het domein van de opdrachtgever, in casu de overheid. Een aantal ontwikkelingen (zie onder) leidde ertoe dat in de projectcyclus van initiatief - ontwerp- uitvoering de knip tussen partijen op een ander niveau wordt gelegd. Stimulering van innovatie tijdens het bouwproces wordt als een *spin-off* gezien. Opdrachtnemers zijn positief over de ontwikkelingen. Meer vrijheid tijdens de uitvoering en mogelijkheden voor inbreng van specifieke expertise, maar ook meer risico's en een grotere verantwoordelijkheid voor het (blijvend) goed functioneren van het gebouwde product. Voor alle partijen in de markt verandert er veel. Opdrachtgevers dienen op een andere wijze de vragen te formuleren en hun controlemechanisme grondig te herzien. Voor opdrachtnemers geldt dat zij meer verantwoordelijk gemaakt worden voor het ontwerp. In feite betekenen deze veranderingen een heroverweging op de inrichting van het totale bouw- en ontwerpproces.

Het uitbesteden van werk binnen de civiele sector door gebruik te maken van “functionele eisen” is reeds enkele jaren in gebruik. Opdrachtnemers hebben hierdoor reeds ervaring opgedaan met deze manier werken en het blijkt dat op een heel andere beroep op hen wordt gedaan dan voorheen het geval was. Dit alles vraagt gewinning en een leerproces. Opnieuw dient te worden verkend welke methoden en technieken dienen te worden gehanteerd om zo goed mogelijk op de vraag te reageren.

## **2. Systems Engineering**

In andere sectoren (ruimtevaart, vliegtuigbouw e.a.) is o.a. ervaring opgedaan met Systems Engineering (SE), FA (Function Analysis) tools en VM (Value Management) technieken. Hier in deze bijdrage zal de inzet van de volgende methoden/technieken bij het ontwerpen van Civiel Technische werken worden besproken:

- a. de methode System Engineering (SE),
- b. Value Management (VM) technieken (als onderdeel van de SE), en,
- c. Functie Analysis technieken (FA, als onderdeel van VM).

### **Waarom SE toepassen?**

Tijdens de opstart van nieuwe projecten is de realiteit helaas vaak ondergeschikt aan enthousiasme en optimisme. Daarnaast is er de impliciete wens, ondanks de beperkingen van tijd geld en technische mogelijkheden, de gestelde doelen te bereiken. In feite zou tijdens het zoeken naar oplossingen continu gebalanceerd moeten worden tussen kosten en baten. Om dit te bereiken dient een integratieve en gestructureerde benadering geïmplementeerd te worden om het team te begeleiden en ondersteunen in haar taak een evenwichtige oplossing tegen een scherpe prijs te ontwikkelen.

Een hoofddoelstelling om SE toe te passen bij de ontwikkeling van projecten kan dan ook geformuleerd worden als:

*Het Waarborgen van een integratieve ontwikkeling en realisatie van producten in overeenstemming met de verwachtingen van de stakeholders, binnen de beperkingen ten aanzien van, techniek, kosten en tijd.*

Dit stelt de volgende voorwaarden aan de inrichting en besturing van het ontwerpproces:

- structuur in het proces van integratie en koppeling van eisen, planning, besluitvorming en verificatie. Het projectteam zou zich kunnen conformeren aan het SE proces,
- het projectteam dient te kunnen werken met een enkelvoudige en integratieve set van eisen,
- volledig integratie van suboplossingen door adequate afstemming (geen onnodige herontwerpcycli meer nodig),
- geordende wijze van omgang met de effecten van continue veranderingen (door projectteam).

Tijdens de uitvoering van het ontwerpproces zijn twee denkrichtingen van cruciaal belang:

- Een (gedisciplineerde) focus op het eindproduct, de benodigde hulpmiddelen om dit te realiseren en de interne en externe operationele omgeving ervan (oftewel een systeembenadering),
- Een (gedisciplineerde) visie van de verwachtingen van stakeholders onafhankelijk van dagelijkse project behoeften (ofwel een partijen benadering).

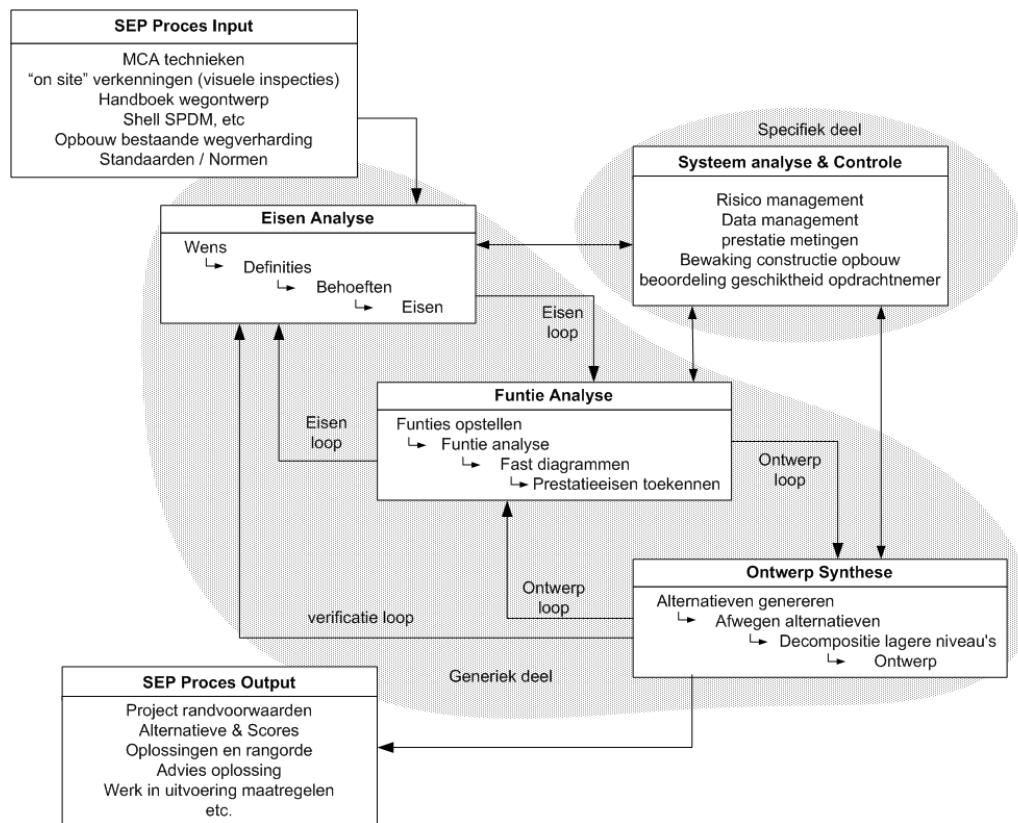
Het ontwerpen in de praktijk van de civiel techniek begint veelal met een vraag van een opdrachtgever die op zijn beurt weer voortvloeit uit een probleem. Tussen de gedachten rondom het probleem en de realisatie van een object zit het ontwerpproces; het bedenken, materialiseren en vormgeven van de oplossing. Binnen de realisatie van civiele objecten is ontwerpen als “*core business*” een steeds terugkerende activiteit waarmee aanzienlijke bedragen gemoeid zijn. Daarom is het zinvol binnen deze terugkerende activiteiten systematiek aan te brengen om zo goed mogelijk op gestelde vragen (verwachte functionaliteiten) te kunnen reageren. Aangezien het meest cruciale deel omvangrijke realisatiekosten al tijdens het ontwerpproces bepaald worden is het van belang de functie kosten verhouding tijdens het ontwerpen systematisch te bewaken.

## **Systems Engineering (SE)**

Om tegemoet te komen aan een belangrijk deel van bovengenoemde eisen (structuur en organisatie tijdens de ontwerpfase, continue afweging tussen te vervullen functies en kosten, etc) kan de methode Systems Engineering toegepast worden tijdens het ontwerpproces van civiel technische objecten. Systems Engineering Process (SEP), is een proces, dat op gestructureerde wijze een aanpak beschrijft voor het transformeren van input (vraag of probleem) naar gewenste output (ontwerp). Systems Engineering Fundamentals (1999) definieert het SEP als volgt:

Het Systems Engineering Process is een iteratief en cyclisch, probleemoplossend proces, dat wordt toegepast voor:

- het transformeren van (gevalideerde) klantwensen en eisen naar een groep systeem product- en procesontwerpen (gedurende de gehele levenscyclus van het product).
- het genereren van informatie voor beslismomenten voor besluitnemers (decision makers).
- het genereren van input voor volgende fase / niveau van project- en/of productontwikkeling.



Figuur 1: Het Systems Engineering Process (SEP) model

Het SEP (zie figuur 1) is in de praktijk ontwikkeld om de veelal inefficiënte werkwijze tijdens de ontwikkeling van producten, met name uit de industrie, te heroverwegen. Inefficiëntie ontstaat vanwege fragmentatie van de projectorganisatie, specialisaties van disciplines en complexiteit van het ontwerpprobleem en de ontwerpoplossing (Conklin). In de praktijk zijn projectorganisaties vaak opgesplijst in een groot aantal deelorganisaties, zoals adviserend, ontwerpend, uitvoerend, toeleverend, etc. Elk van die deelorganisaties onderscheiden één of meerdere disciplines. Elke discipline kent zijn eigen taal en paradigma's bij het uitvoeren van activiteiten. Elke discipline is gericht op eigen doelstelling(en) en heeft niet het vermogen de overall doelstelling(en) van het te ontwikkelen product integraal te beschouwen. Vanuit haar professie zal elke discipline haar deelproduct te optimaliseren. Gezien vanuit de doelstellingen van het totale product is het echter in veel gevallen niet noodzakelijk alle deelproducten optimaal te ontwikkelen. Hier kan dus een belangrijke (kosten, tijd) besparing optreden door af te spreken

tot welk niveau (eisen, functionaliteiten) de verschillende deelproducten dienen te worden ontwikkeld. Bovendien kunnen er, indien dit niet wordt geregeld, verschillen in optimalisatie van de uitwerkingen over de disciplines ontstaan.

Als vanuit de doelstelling van het totale project wordt aangegeven dat minimalisatie van productiekosten en –tijd belangrijk is dan is het voor een construerende partij relevant deze doelstelling te vertalen in doelstellingen op “onderdelen”. Deze doelstelling kan strijdig zijn met een discipline georiënteerde doelstelling welke bijvoorbeeld zou kunnen zijn het streven naar minimale afmetingen van constructieonderdelen. Het is dan zaak tijdens de ontwikkeling van het onderdeel toch de doelstelling die voortkomt uit het totale project te handhaven. Ook kunnen het ambitieniveau van doelstellingen op element niveau hoger zijn dan noodzakelijk vanuit de overall doelstelling nodig c.q. hoger dan strikt noodzakelijk voor een afdoende functioneren van het totale object. Toepassing van SE voorkomt in dit geval “*overontwerp*” op onderdelen en zorgt daarmee voor een kosten besparing zonder dat er sprake is van aantasting van de functionaliteit en dus de waarde van het totale product.

Het overbruggen van taal- en paradigmaverschillen tussen disciplines om niet noodzakelijke optimalisatie op onderdelen (elementen) te voorkomen vormt de basis voor de ontwikkeling van het SEP. Binnen het SEP model kan onderscheid gemaakt worden tussen een generiek deel en een specifiek deel. Het generieke deel is opgebouwd uit de opvolgende processtappen eisenanalyse, functieanalyse en ontwerpsynthese welke met elkaar zijn verbonden via de eisen-, ontwerp- en verificatieloop. Het generieke deel geeft een cyclisch proces van ontwerpen weer.

Gedurende de *eisen analyse* wordt de behoefte van de opdrachtgever (wat is het probleem?) geformuleerd. In de tweede stap worden de behoeften van de opdrachtgever vertaald in oplossingsvrije functies (*functieanalyse*; wat moet de oplossing kunnen?). Vervolgens worden de functies in de derde stap; de *ontwerpsynthese*, vertaald in functiedragers (oplossingen). Verder is het nu binnen het ontwerpproces belangrijk om na te gaan hoe aan deze drie stappen inclusief de bijbehorende terugkoppelingen, invulling wordt gegeven en hoe deze worden uitgevoerd. Omdat per fase (initiatief, voorontwerp etc.) de aard en de omvang van het werk binnen het ontwikkelproces verschilt (van abstract naar meer concreet, van grof naar fijn, etc.) zal de specifieke invulling per fase verschillen (de inrichting, besturing etc.). Het ontwerpproces wordt op systeem niveau vanuit andere doelen, met andere betrokkenen en in een andere context uitgevoerd dan op component en element niveau. Voorbeelden van specifieke besturingsmechanismen (en terminologie) binnen de SE benadering zijn: workbreakdown structuren, productbreakdown structuren, baselinedocumenten, configuratie- en risicomanagement, etc. De niveau's ( hier kunnen ook fasen aan gekoppeld worden) die in de SE benadering worden onderscheiden zijn systeem, subsysteem en component. In sommige gevallen kan het van belang zijn fasen toe te voegen.

In elke fase (initiatief, voorontwerp, detailontwerp, engineering) wordt het SEP model geheel doorlopen waarbij het generieke deel steeds aangevuld wordt met een specifiek beheers- en besturingsdeel. In elke opvolgende fase verandert immers aard en omvang van de werkzaamheden met als gevolg de organisatie en samenstelling van het team en dus de wijze van beheersing en besturing van het proces.

Uitgangspunt voor de SE-benadering is de open systeem gedachte. In de processtappen beheersing en besturing ligt de nadruk op de raakvlakken tussen systemen, deelsystemen en onderdelen. De functie van een systeem, bijvoorbeeld draagkracht van een weg, wordt bepaald door het gedrag van de verschillende componenten en hun onderlinge relaties met elkaar en de relaties tussen het systeem en de omgeving. In termen van een wegverkeerssysteem komt dit neer op het gedrag van de constructie op invloeden zoals het verkeer en meteorologische omstandigheden de interactie van verschillende constructieonderdelen ten opzichte van elkaar zoals de deklaag, tussenlaag, fundering en ondergrond. De raakvlakanalyse maakt dan ook een belangrijk onderdeel uit van de eisenanalyse, functieanalyse en ontwerpsynthese. Juist op de raakvlakken van systemen, deelsystemen en componenten ontmoeten disciplines elkaar (bijvoorbeeld; verkeerskundige, grondmechanica- verhardings- en bitumen specialist). Voor de beheersing en besturing van de ontwerpresultaten is het voor de System Engineer van belang de raakvlakken zorgvuldig te herkennen en vervolgens de eisen aan deze raakvlakken te beschrijven en op kritieke momenten toetsen. Een effectieve raakvlak analyse voorkomt suboptimale door de afzonderlijke disciplines.

Ook als er sprake is van een door- of verdere ontwikkeling van civiel technische systemen, zoals uitbreiding of aanpassing van wegvak of spoorbaan, zou het bij uitstek de voorkeur verdienen om de open systeem benadering toe te passen. Het gaat hier dan om de relatie tussen een nieuwe component en het reeds bestaande systeem. Waar het in een dergelijk geval om gaat is inzicht in de aanpasbaarheid van de functies van de bestaande systemen in relatie tot de functies van het nieuw te ontwikkelen systeem. De functionele beschrijving van deze systemen, nieuw en bestaand, en hun onderlinge relaties levert inzicht in de voorwaarden die bestaande systemen opleggen aan het nieuwe (deel)systeem en omgekeerd.

De functionele beschrijving levert een oplossingsvrije notatie, waardoor ontwerpers uit verschillende disciplines en opdrachtgevers elkaar beter zullen begrijpen.

### **3. De Functionele analyse en Value Management**

De kern van het SE procesmodel (figuur 1) vormt de functionele analyse een analytisch-systematische methode voor het bedenken van oplossingen. Systematisch vanwege het combineren of variëren van deeloplossingen voor een probleem. Analytisch vanwege het vooraf structureren van het probleem. De structuur ontstaat door aspecten of deelproblemen te onderscheiden, of door te zoeken naar de gemeenschappelijke kenmerken van oplossingen voor gelijksoortige problemen, (Roozenburg en Eekels, 1991).

Functie-analyse is een methode voor het analyseren, ontwikkelen en beschrijven van een functiestructuur. De functiestructuur is een model van het te ontwerpen product, geabstraheerd naar materiele kenmerken<sup>1</sup> en opgebouwd uit de functies van het gehele product, zijn onderdelen en zijn relaties daartussen. De functiestructuur wordt gezien als een belangrijke eerste stap in het proces van het bedenken van nieuwe principeoplossingen. Van een bestaand product kan de werking – het functioneren – worden ‘verklaard’ vanuit de effecten die de onderdelen ten

---

<sup>1</sup> Omdat het denken volstrekt anders is dan tijdens een traditioneel ontwerpproces is bij het komen tot functies voor betrokkenen vaak “handig” om als tussenstap even de materiele kenmerken erbij te denken.

opzichte van elkaar uitoefenen. Een wegverharding opgebouwd uit een aantal verschillende lagen met ieder hun eigen kenmerken kan de functie “dragen voertuigen” of “overbrengen van aslasten naar de ondergrond” verzorgen. Het principe van functieanalyse is dus gericht op het specificeren van “wat” een product moet doen en “waarom”.

Het doel van de functie-analyse is de ontwerper oplossingsvrij na te laten denken over de wat vraag voor dat overgegaan wordt naar de beantwoording van de hoe vraag. Beantwoording van een hoe vraag levert een beschrijving op een lager abstractieniveau op dichterbij de gematerialiseerde oplossing. Om dit te voorkomen wordt de waarom vraag gesteld. De beantwoording van deze vraag levert een beschrijving op een hoger abstractie niveau op verder weg van de gematerialiseerde oplossing. Deze hoe-waarom cyclus wordt wel de intuïtieve logica genoemd van de functieanalyse. Het hanteren van deze cyclus zorgt ervoor dat de wat vraag op het meest relevante abstractieniveau wordt beantwoordt.

In samenspraak tussen ontwerpers en opdrachtgever(s) helpt de methode om de kern van het ontwerpprobleem zichtbaar te maken. Verdere kenmerken zijn dat “de natuurlijke taal” wordt gebruikt en het denken in conventionele oplossingen wordt los gelaten. Door de essentiële kenmerken van het product abstract weer te geven wordt de mogelijkheid geboden een zo groot mogelijke oplossingsruimte aan te boren. Als deze weergave op systematische en begrijpbare wijze uitgewerkt is kan in overleg met de opdrachtgever een dialoog ontstaan over de waardering van de functies. Door aan de functies financiële consequenties te koppelen ontstaat voor de betrokken partijen inzicht in haalbare oplossing en hun financiële consequenties. Koppeling van kosten aan functies ofwel prijs aan prestaties levert sturingsmogelijkheden voor de ontwerpers en toetsingsmogelijkheden voor de opdrachtgever gedurende alle fasen van het ontwikkelproces.

## **De procedure functie-analyse**

Om het vermogen van de functieanalyse te kunnen ontsluiten is een organisatorische inbedding ervan binnen een projectorganisatie van belang. Het gaat er dan om een pro-actieve, creatieve, probleemoplossende en probleemzoekende werkwijze te ontwikkelen, gericht op het maximaliseren van de functionele waarde van het te ontwikkelen object. Dit maakt een gestructureerde en teamgeoriënteerde werkomgeving noodzakelijk.

Value Management (VM) levert zo’n werkomgeving. Een internationale vergelijking van Value Management benaderingen heeft een VM-raamwerk voor de bouw opgeleverd waarin de functionele analyse centraal staat (Kelly en Male, 1993). Het raamwerk is zowel bruikbaar voor opdrachtgevers als opdrachtnemers om project- en bedrijfsspecifieke VM-procedures te ontwikkelen. Evenals in de SE benadering gaat de VM benadering uit van het werken in multidisciplinaire teams. De stappen uit het SE-proces zijn te herkennen in het VM proces (zie figuur 2).

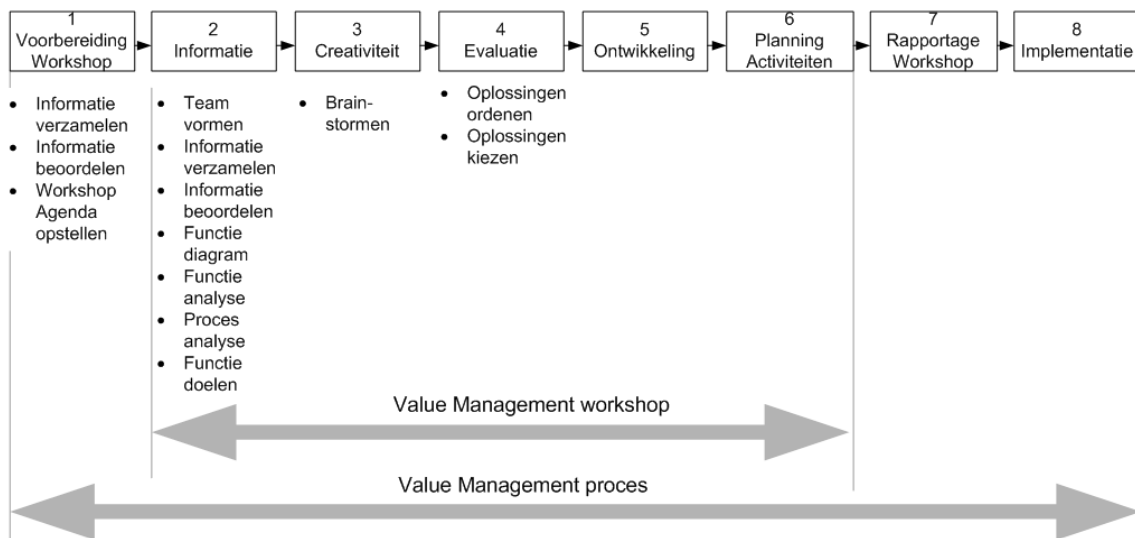
Ervaringen met het VM-proces laten zien dat ze waardevolle aanvulling vormen in verschillende fasen van het ontwikkelproces. De volgende situaties kunnen dan aan de orde zijn:

- de problemen zijn ongestructureerd,
- er is overeenstemming op strategisch niveau nodig tussen stakeholders,
- er is samenvoeging van ontwerpresultaten van verschillende partijen nodig, of,
- er sprake is van projectonzekerheid,

- waarin partijen aan het ontwikkelproces toegevoegd moeten worden,
- indien overeenstemming over technische aspecten en budget/kosten nodig is.

Het betreft hier situaties waarin eveneens toepassing van de SE-benadering waardevol zou kunnen zijn. Het generieke deel van het VM-proces is vergelijkbaar met het generieke deel van het SE-proces. Echter, het specifieke deel en de theoretische onderbouwing verschillen. De open systeem benadering het beheersing- en besturingdeel uit de SE-benadering leveren een waardevolle bijdrage aan het VM-proces.

In de literatuur staat het VM-proces bekend als het zogenaamde job-plan en is door Kelly en Male opgebouwd uit 8 stappen (figuur 2). Binnen het job-plan wordt het generieke deel, de zgn. Value Engineering workshop, onderscheiden. De workshop wordt voorafgegaan door een voorbereidende stap en vervolgd met toewijzing van de resultaten uit de workshop. Beide stappen zijn specifiek voor de fase waarin de workshop wordt gehouden en zijn dan ook essentieel voor het behalen van het beoogde resultaat.



Figuur 2: Het value management proces (Kelly and Male 1998)

Het VM-proces zal voor elk project opnieuw op maat vorm en inhoud moeten krijgen. Dit kan alleen als aan een aantal voorwaarden wordt voldaan, zoals:

- overeenkomst tussen alle participanten over de werkwijze;
- geschikte mix van team leden met voldoende inhoudelijke kennis en kennis van het Value Management proces;
- afgeschermd omgeving waarbinnen de workshop plaatsvindt;

In stap 2 van het VM-proces wordt de functie analyse uitgevoerd. Het gaat dan om het opstellen van het functiediagram, dat de basis vormt voor de communicatie tussen de opdrachtgever en opdrachtnemer. Het diagram geeft aan wat zij belangrijk vinden en is bedoeld om de communicatie over waardebeoordeling te sturen. Door waarde (w) te definiëren als de verhouding tussen functie (f) en kosten (k) kan sturing van waarde op verschillende manieren verzorgd worden; men kan bijvoorbeeld bij gelijkblijvende functionaliteit de kosten verlagen of bij gelijkblijvende kosten de functionaliteit verhogen. In totaal zijn meerdere zinvolle combinaties (in totaal vijf) denkbaar.



## Opbouw functie diagram

In de VM-workshop werken teamleden gezamenlijk aan het functie diagram; het zogenaamde FAST-diagram. FAST staat voor Functional Analysis Systems Technique. Elk teamlid levert zijn bijdrage aan het diagram opdat consensus bereikt wordt over de te honoreren functies voordat tot verdere stappen in het ontwerpproces wordt overgegaan. Het is van belang de behoeften en wensen van de opdrachtgever (en gebruikers) te vervullen. De opdrachtgever speelt dan ook sleutelrol bij het bepalen van welke zaken (functies) van belang zijn en dus een hoge waarde hebben. Het FAST diagram moet deze zaken weerspiegelen als een samenstel van een groot aantal aan elkaar gerelateerde functies waarmee het belang van de opdrachtgever weergegeven wordt.

Thomas Snodgrass en Theodore Fowler, ontwikkelden een structuur voor een dergelijk FAST diagram (Figuur 3). Hierin zijn vier delen te onderscheiden:

1. Scope grens;
2. Taak;
3. Basis functies;
4. Ondersteunende functies;

**TAAK** (de belangrijkste hoofdfunctie); De taakfunctie is een beschrijving van de behoefte van de gebruiker of de klant. **Basis functies**; essentiële functies om de betreffende taak uit te kunnen voeren.

**Primaire basis functies** zijn die functies die direct verbonden zijn met de taakfunctie aan de rechterzijde van de scope grens.

**Secundaire basis functies**; vertakkingen vanuit de primaire basis functies en dus van een lagere orde.

**Ondersteunende functies**, hoewel niet essentieel om de betreffende taak uit te voeren, zijn bijzonder belangrijk om de mate van acceptatie van de klant of opdrachtgever op te bouwen.

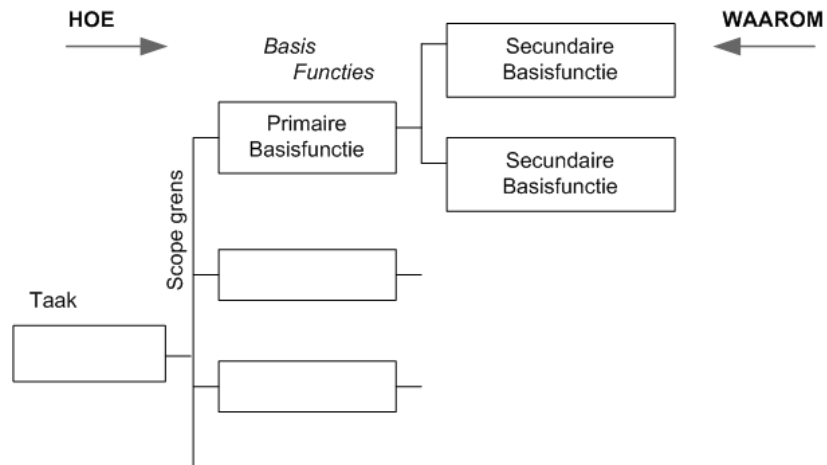
Snodgrass onderscheid een viertal ondersteunende functies:

Waarborgen Gemak, Waarborgen Betrouwbaarheid, Tevredenstellen Gebruiker/Klant, en Boeien Gebruiker/Klant. Men is echter vrij andere type ondersteunende functies te benoemen, zoals functies uit aspecten als, R(eliability), A(vailability), M(aintainability), en/of S(afety).

Functies uit het primaire niveau ontstaan door de hoe vraag te koppelen aan de taakfunctie.

Functies op het secundaire niveau ontstaan door de hoe vraag te koppelen aan de primaire functies, enzovoorts. Op deze wijze ontstaat de functiestructuur zoals in figuur 3 weergegeven.

Een vertakking heeft alleen zin als uit een (primaire) functie tenminste twee (secundaire) functies ontstaan. Door de waarom vraag te koppelen aan de functies kan consistentie en correctheid van de functies op het hogere niveau bepaald worden. Bij het doorlopen van het diagram van links naar rechts dient men steeds de Hoe vraag te kunnen stellen, terwijl bij het doorlopen van het diagram van rechts naar links men zich steeds de Waarom vraag correct dient te kunnen stellen.



*Figuur 3: Taak/Klant FAST Diagram – Basis functies*

#### **4. Voorbeeld opstellen FAST diagram**

Ter illustratie wordt hieronder een voorbeeld van het opstellen van een FAST besproken. Om de reconstructie van een snelweg mogelijk te maken wordt gedurende de werkzaamheden het verkeer omgeleid over een (tijdelijke) weg langs de bestaande snelweg. De aannemer, gebruiker en ontwerper vinden het wenselijk om de doorstroming van het verkeer gedurende de werkzaamheden op een geschikt niveau te . Om tot een evenwichtige afweging tussen functies en kosten te komen voor deze tijdelijke voorziening wordt een VM workshop gehouden. In dit voorbeeld wordt aangegeven op welke wijze een functiediagram opgesteld kan worden. Hiervoor worden vier stappen doorlopen:

- 1) Inventariseren behoeften;
- 2) Beschrijven functies;
- 3) Bepalen Taak functie;
- 4) Ordenen Basis functies en Ondersteunende functies.

##### **Stap 1 Inventariseren behoeften:**

Alle betrokkenen, in dit geval, het stads-, provinciaal- en landelijk-bestuur, omwonenden en de aannemer, geven aan wat zij belangrijk vinden met betrekking tot het project. Een VM-facilitator vat de behoeften als volgt samen:

1. Stadsbestuur wenst handhaving verkeersstroom tijdens werkzaamheden;
2. Provinciale overheid stelt voor het verkeer te laten rijden over één rijstrook in elke richting gedurende werkzaamheden;
3. Verkeer omleiden via lokale wegen en straten wordt niet gewenst;
4. Snelheid dient op alle omleidingen beperkt te worden tot 50 km/uur.
5. Veelvuldige verandering in de verkeerspatronen gedurende de reconstructie periode is niet wenselijk;
6. Vele scherpe bogen in een omleiding zijn niet wenselijk;

7. Vrachtverkeer omleiden door lokale straten verbieden;
8. Een tijdelijke route langs het betreffende gebied verdient de voorkeur;
9. De aanleg van een tijdelijke weg verlengt de uitvoeringstijd;
10. Zijn de omwonenden bereid gedurende lange tijd weinig ongemak te tolereren en gedurende korte tijd veel ongemak?
11. Toenemende verkeersdruk in de omliggende straten leidt tot grotere onveiligheid;
12. De reisafstand en daardoor reistijd voor de automobilist niet vergroten;
13. Ongunstige verkeerspatronen vermijden, zoals gebruik verkeerslichtinstallaties;
14. Dit is een publiek project. De uitvoeringskosten minimaliseren. Dit mag best leiden tot wat ongemak.
15. Om de automobilisten te waarschuwen installaties opstellen om de nodige verkeersinformatie te verstrekken. Voldoende personeel beschikbaar om het verkeer veilig te begeleiden.
16. Sluit de snelweg gedurende een paar weken, versnel de werkzaamheden (dag/nacht ritme en 7 dagen per week).
17. Aangezien er een beperkt budget beschikbaar is, is het van belang de uitvoeringskosten voor de omleiding te minimaliseren.

## Stap 2 Beschrijven functies:

In stap 2 dient de informatie uit de lijst van behoeften te worden vertaald naar functies. Ter illustratie onderstaande tabel een deel (omwille van ruimte) van de functiebeschrijvingen weergegeven welke zijn gekoppeld aan de eerder beschreven behoeften (zie stap 1).

Functies	Behoeften betrokkenen
Handhaven Verkeer	1. Stadsbestuur wenst handhaving verkeersstroom tijdens werkzaamheden;
Minimaliseren Hinder (Omwonenden)	2. Verkeer omleiden via lokale wegen en straten wordt niet gewenst;
Minimaliseren (Bouw) Tijd	3. De aanleg van een tijdelijke weg verlengt kan de uitvoeringstijd;
Minimaliseren (Bouw)Tijd, Minimaliseren Ongemak	4. Zijn de omwonenden bereid gedurende lange tijd weinig ongemak te tolereren en gedurende korte tijd veel ongemak?
Minimaliseren (Reis) Afstand + Tijd Besparen Energie Minimaliseren Files	5. De reisafstand en daardoor reistijd voor de automobilist niet vergroten;
Vermijden (Ongustige) Verkeerssituaties Minimaliseren Omwegen Minimaliseren Stopmomenten Beschermen Automobilist	6. Ongunstige verkeerspatronen vermijden, zoals gebruik verkeerslichtinstallaties;
Minimaliseren (Bouw) Kosten	7. Dit is een publiek project. De uitvoeringskosten minimaliseren. Dit mag best leiden tot wat ongemak.
Beperken Geluid	
Afsluiten Verkeer Versnellen Uitvoering	<i>etc.</i>
<i>etc.</i>	

### Stap 3 Bepalen Taak functie en Basis functies

Op basis van vragen zoals: “Wat doet een tijdelijke weg?” of “Waarvoor dient een tijdelijke weg?” kan inzicht gekregen worden in de Taak functie. De functie die op het hoogste niveau aan de behoefte van de opdrachtgever voldoet wordt als Taak beschouwd. Functies zoals *Doorstromen Verkeer, Doorstromen, Voorkomen verkeershinder* en *Voorkomen verkeersopstopping* voldoen hieraan. In overleg moet uit deze beschrijvingen de best passende worden geselecteerd. Bij de aanvang van het project bestond al verregaande overeenstemming over het handhaven van de verkeersdoorstroming tijdens de werkzaamheden. *Doorstromen Verkeer* werd dan ook als Taak functie gehonoreerd en de overige functiebeschrijvingen zijn als Taak functie verworpen. Het gaat in deze stap naast het ordenen, doorspreken en beargumenteren van de Taakfunctie, tevens om de communicatie tussen teamleden over mogelijke opties en het bereiken van consensus.

Nadat de taakfunctie is bepaald kunnen de basisfuncties worden vastgesteld door te vragen:

Hoe *Handhaven Verkeer*?

Waardoor? door *Omleiden Verkeer*.

Hoe *Omleiden Verkeer*? door *Afbuigen Verkeer*, *Geleiden Verkeer* en *Invoegen Verkeer* (Zie figuur 4).

Door de *Waarom* vraag te koppelen aan *Afbuigen verkeer*, *Geleiden verkeer* en *Invoegen verkeer* kunnen we nagaan of aan de basis functie *Omleiden verkeer* wordt voldaan.

### Stap 4 Ordenen Ondersteunende functies

Nadat overeenstemming is ontstaan over de Taak functie en Basisfuncties kunnen de Ondersteunende functies geordend worden. De overblijvende functies worden in het team besproken en gegroepeerd tot relevante algemene (secondaire) en specifieke (tertiaire) functies. Hieronder worden de ondersteunende functies behorende bij het voorbeeld “omleiding snelweg” opgesomd en geordend. Er valt onderscheid te maken tussen functies op een hoger meer algemeen niveau en functies op een meer specifiek niveau. Door wederom de hoe vraag en de waarom vragen te stellen kan men relaties aanbrengen tussen de beide soorten functies. Door de Hoe vraag te stellen raakt men dieper in de functie structuur. Bij het stellen van de waarom vraag beweegt men zich richting de Taak. Al doende dient een logische samenhang tussen primaire, secondaire en tertiaire functies te ontstaan.

#### *Algemeen*

Minimaliseren Hinder (Omwonenden)  
Beschermen Inwoners  
Beschermen Automobilist  
Vermijden (Ongunstige) Verkeerssituaties  
Beperken (Ongunstige) Reislengte  
Minimaliseren (Bouw) Kosten  
Besparen Energie

#### *Specifiek*

Beperken Geluid  
Beperken Snelheid  
Minimaliseren Verandering (Verkeer)  
Bepalen (Tijdelijke) Route  
Minimaliseren (Reis) Tijd  
Minimaliseren Stopmomenten  
Minimaliseren Files

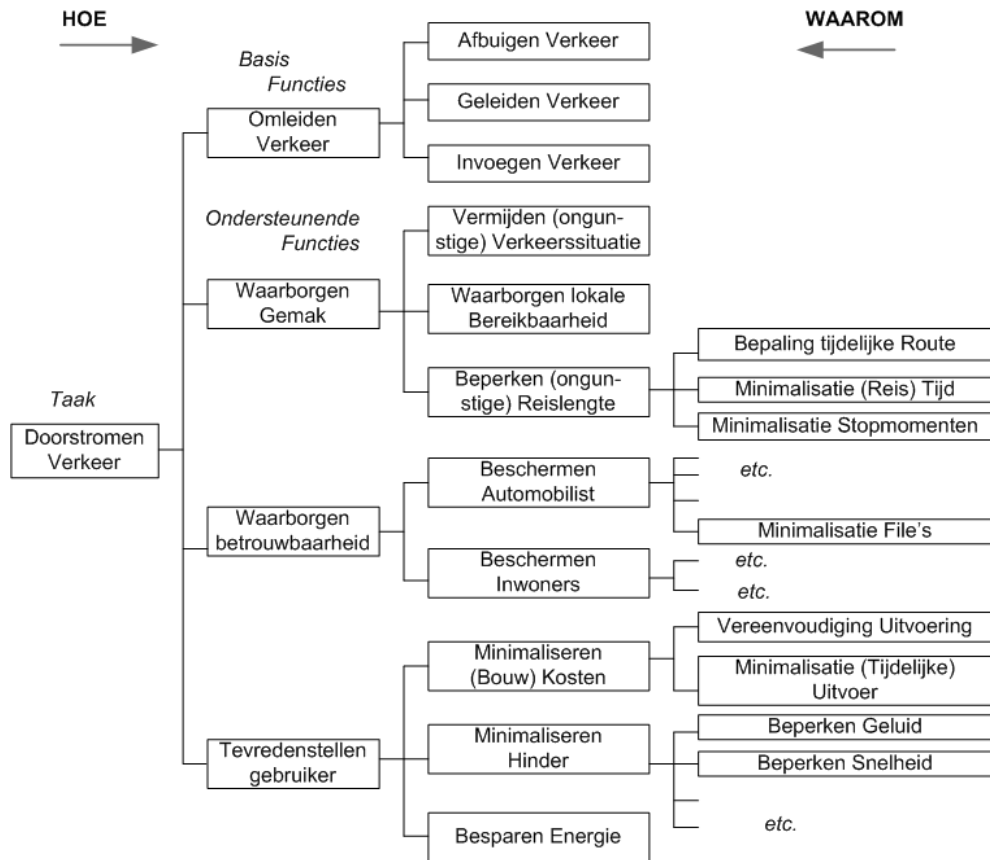
Waarborgen (Lokale) Bereikbaarheid

Waarschuwen Automobilisten  
Regelen Verkeer  
Minimaliseren (Tijdelijke) Uitvoer  
Vereenvoudigen Uitvoering  
Minimaliseren Verkeer

In het besproken voorbeeld waren de opdrachtgever en inwoners bezorgd over de hinder in de directe omgeving van de werkzaamheden als het verkeer omgeleid zou worden over lokale verbindingen. Er zal hier daarom nader worden ingegaan op de eerste algemene eis “*Minimaliseren Hinder*”. Eén van de ontwerpvoorstellen bestond uit een dure tijdelijke omleiding langs de bestaande snelweg. Dit leidt voor zowel de bouwkosten als de bouwtijd tot een aanzienlijke toename. De functie *Elimineren Hinder* (in de omgeving) zou dus vele kosten met zich meebrengen en was tevens een belasting voor de automobilisten vanwege de langere bouwtijd. Toen het stadsbestuur inzicht kreeg in de kosten behorende bij deze functie namen zij de functie in heroverweging. Zij concludeerden dat de functies, *Minimaliseren (Bouw) Kosten* en *Minimaliseren (Bouw) Tijd*, belangrijker waren dan *Elimineren (Omgeving) Hinder*. Ze stelden echter wel bepaalde voorwaarden aan het gebruik van lokale verbindingen voor de omleiding en creerden budget om na afloop van de reconstructie om eventueel lokaal herstelwerkzaamheden uit te kunnen voeren. Deze benadering van het probleem wijzigde de aard van de functie, *Elimineren Hinder*, in *Minimaliseren Hinder*. Was dit wat de gebruiker werkelijk wilde? Alleen gebruikmaken van een nauwkeurige beschrijving van functies en gerichte communicatie tussen gebruiker(s), beheerder en ontwerper, waarborgt een juiste afweging van te vervullen functies en het verhoogt het inzicht in de haalbaarheid van de mogelijke oplossingen vanuit een economisch perspectief. Het gekozen voorbeeld blijkt hier dus nu dat het koppelen van budgetten cq kosten aan functies tijdens het opstellen van het functiediagram leidt tot overleg over het honoreren en zo mogelijk heroverwegen van functies.

Een voorbeeld voor het aanbrengen van relaties door hantering van de “*Hoe*” en “*Waarom*” vragen: “Hoe Minimaliseert het voorgestelde plan de (Bouw) Kosten?”, door de functies, *Vereenvoudigen Uitvoering* en *Minimaliseren (Tijdelijke) Uitvoer*.

De secundaire ondersteunende functies worden gekoppeld aan de primaire ondersteunende functies. Bijvoorbeeld:



*Figuur 4: Taak georiënteerde FAST diagram Omleiding Snelweg*

*Waarborgen Gemak* (de omleiding dient voldoende gemakkelijk te gebruiken te zijn) kan worden gekoppeld aan de secundaire functies Vermijden (Ongunstige) Verkeerssituatie, Beperken (Ongunstige) Reislengte en Waarborgen (Lokale) Bereikbaarheid. Zo kunnen aan *Waarborgen Betrouwbaarheid* (Veilig gebruik van de omleiding moet mogelijk zijn) gekoppeld worden, Beschermen Automobilist en Beschermen Inwoners.

Alle basisfuncties en ondersteunende functies kunnen nu in hun samenhang als volgt weergegeven worden in de volgende FAST, zie Figuur 4.

### **Conclusies**

Het VM proces biedt een gestructureerde werkwijze om in teamverband een expliciet functiediagram op te stellen zodat de belangen van de betrokken op systematische wijze in de projectbehoefte ingebracht kunnen worden.

Het opstellen van een functiediagram in een ontwikkelproces stimuleert betrokkenen elkaars belangen bespreekbaar te maken en op te nemen in de project doelstelling. Het werken vanuit natuurlijke taal en beschrijvingen in functies verheldert de communicatie.

De ontwikkeling van een geordend functiediagram ondersteunt de ontwerper en opdrachtgever bij het toewijzen van budgetten cq kosten aan functies (en projectonderdelen dus).

Het koppelen van budgetten cq kosten aan functies tijdens het opstellen van het functiediagram leidt tot overleg over het honoreren en zo mogelijk heroverwegen van functies. Hierbij dient te worden aangemerkt dat basis functies en ondersteunende functies gelijkwaardig zijn bij afweging en honorering.

De basis voor het op systematische wijze komen tot oplossingen vormt het vaststellen van functies en hun onderlinge relaties. Functies die correct gedefinieerd en geclassificeerd zijn leiden de gebruiker in de juiste richting om te analyseren, overdenken en evalueren. De methode geeft tevens handvatten, “dure” functies te wijzigen, onnodige functies te onderkennen en kritieke functies te benadrukken. Het ziet ernaar uit dat door gebruik te maken van de SE en VM methoden beter aan de vooraf door opdrachtgever gestelde behoeften kan worden voldaan. Als dit in de ontwerpfase gelukt is heeft het ontwikkelde object voor de opdrachtgever een grotere “waarde” zonder dat de kosten zijn gestegen, er is hier dus sprake van een waardevermeerdering.

## **Literatuur**

1. Conklin, J. (2003) *Wicked problems and social complexity* , CogNexus Institute, UK.
2. INCOSE, (1998) *Systems Engineering Handbook*, San Fransisco, USA
3. Kelly, J., Male, S., e.a. (1998) *The Value Management benchmark: A good practice framework for clients and practitioners*, EPSRC, Edinburgh, UK.
4. Roozenburg, N.F.M., Eekels, J.(1991) *Produktontwerpen, structuur en methoden*, Utrecht, Lemma, Nederland.
5. Snodgrass, Th. J. (1986) *Function Analysis : The Stepping Stones to Good Value*, University of Wisconsin, USA.