

Investeringsramingen Zuiderzeelijn

Presentatie voor de Nationale Wiskunde Dagen 2007

door ir. Arno H. Rol, sr. kostenconsultant

The logo for Movares, featuring the word "Movares" in white text on a dark blue background, with a stylized orange and white arc above the letters "o" and "v".
Movares

vormgeven
aan
bereikbaarheid

Movares:

‘Vormgeven aan bereikbaarheid’

Movares is een advies- en ingenieursbureau op het gebied van mobiliteit en infrastructuur.

Movares genereert oplossingen voor vraagstukken betreffende capaciteit, veiligheid en inpassing.

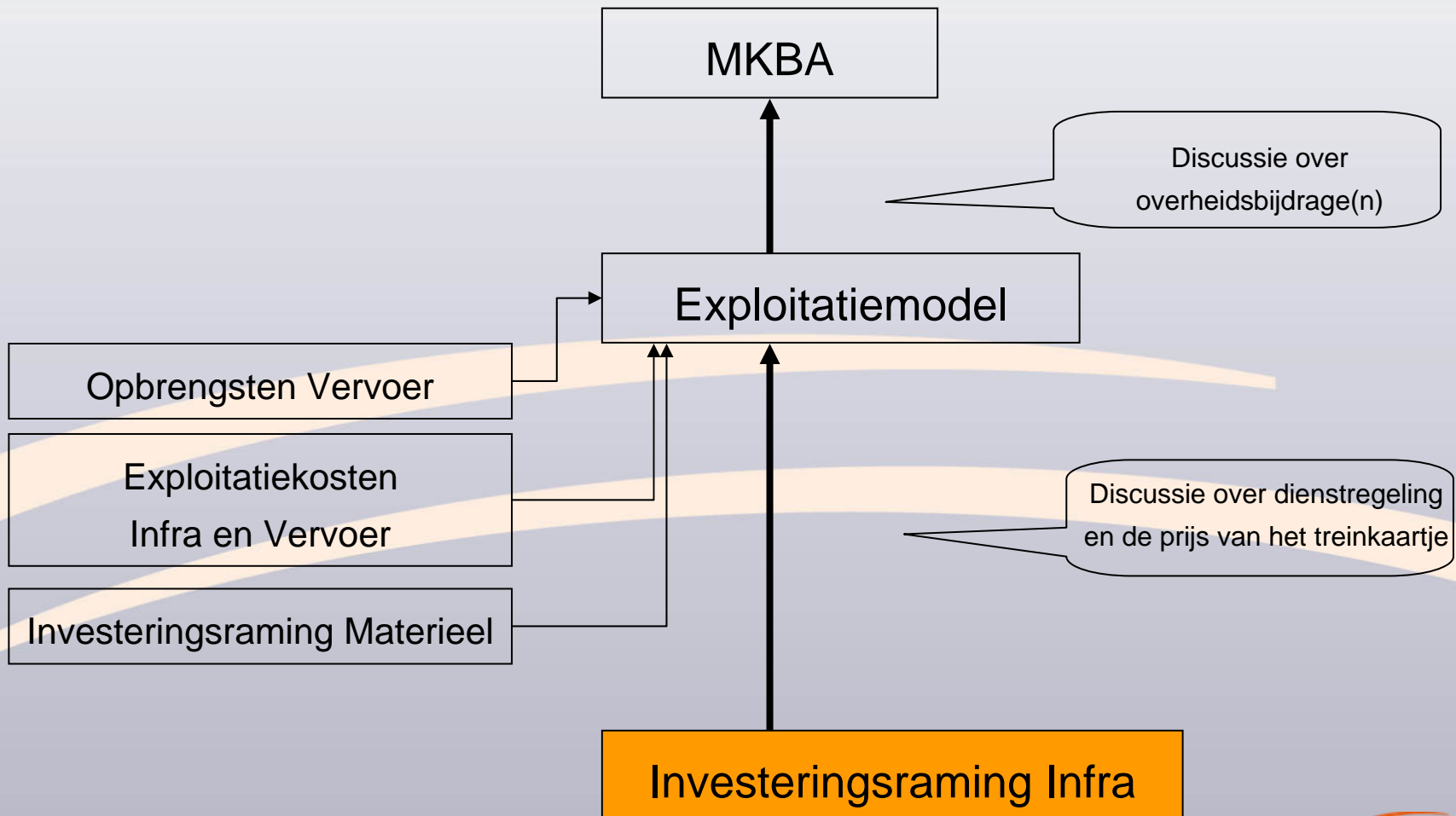
- **Omzet 2005 ca. 140 miljoen euro, ca. 1300 fte werkzaam**
- **In Nederland**
 - hoofdkantoor in Utrecht
 - regiokantoren in Eindhoven, Weesp, Zoetermeer en Zwolle
- **In Europa**
 - vestigingen in Duitsland, Polen en Portugal
 - projecten o.a. in Frankrijk, Slowakije, Slovenië en Spanje





Zuiderzeelijn

Afbakening van mijn onderwerp



Agenda

1. **Aanpak van de ZZL raming**
2. **Standard Systematiek Kostenraming (SSK)**
3. **Analyse van de Investeringsraming HST-1**
4. **Onzekerheden en Risico's volgens SSK**
5. **Probabilistische analyse**
6. **Lessons learnt**

MZB

HST

IC



Geraamde Varianten 2005/2006

- **Magneet zweefbaan MZB** 400 km/h
- **Hogesnelheidslijn HSL** 250 of 200 km/h (HST-1, -2 en -3)
- **Intercity-lijn IC** 160 km/h
- **Hanzelijn HZL+** 160 of 200 km/h (via Zwolle)

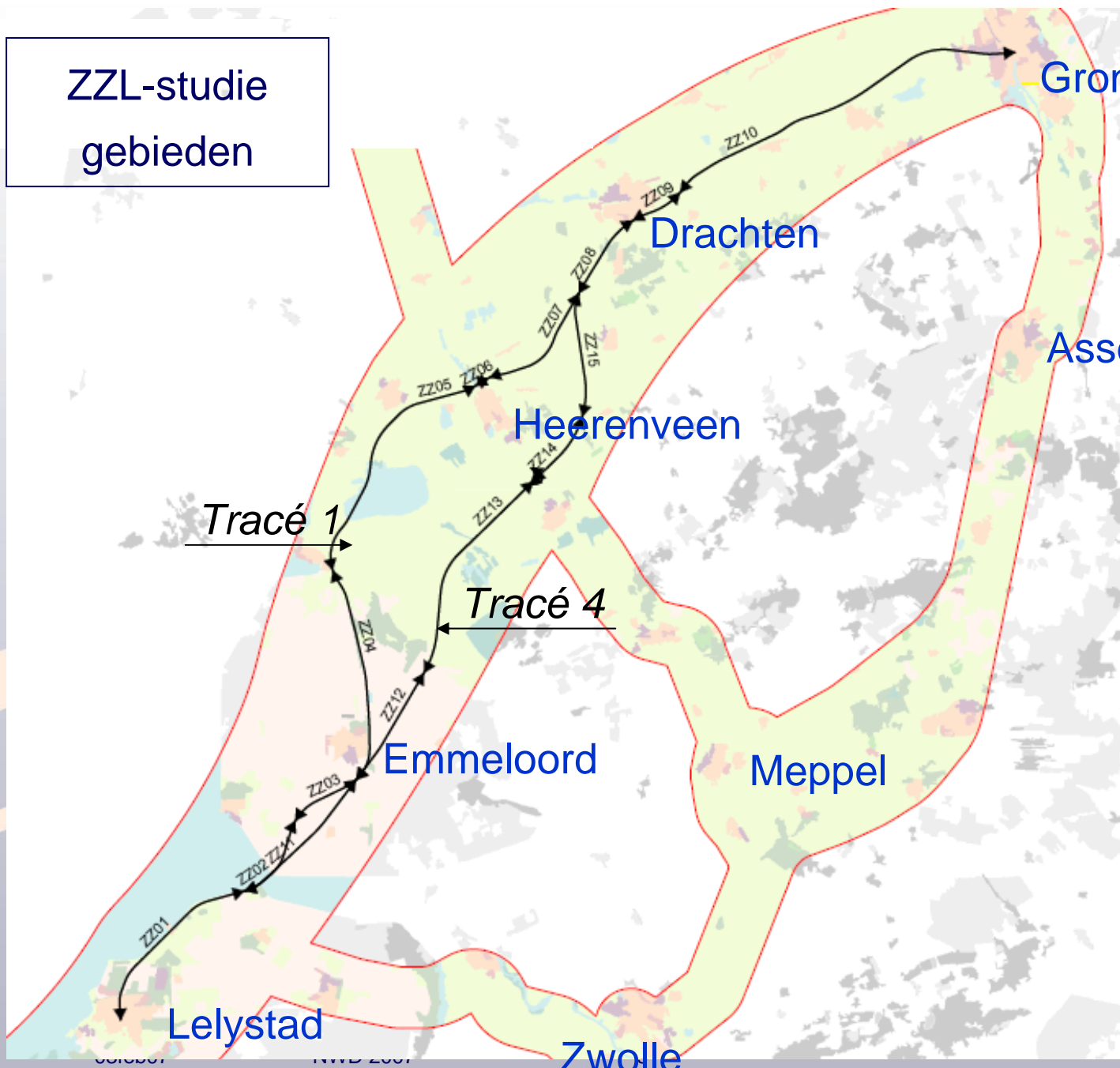
Elk gesplitst in :

- **Traject Schiphol-Lelystad**
- **Traject Lelystad-Groningen** (met of zonder Verbinding Leeuwarden)

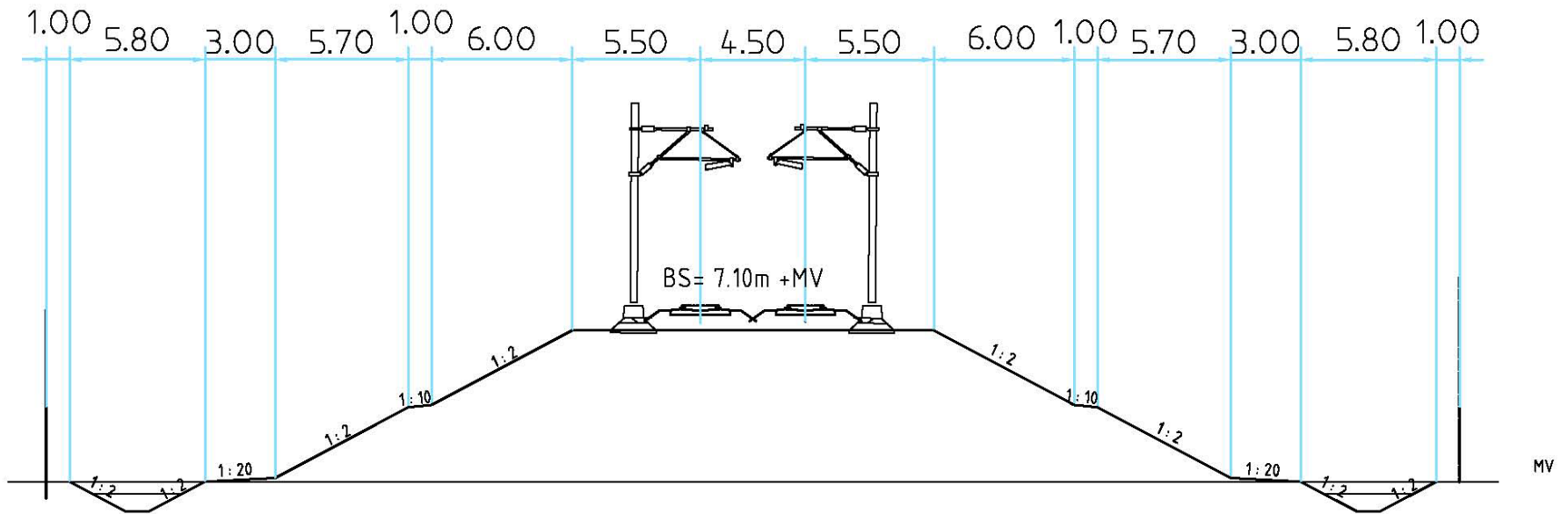
Aanpak HST-1 Lelystad-Groningen

- **Tracé 123 km opgeknipt in 10 objecten (deeltracés)**
- **Tekening 1:25.000 (5 bladen A0) waarop het tracé en lengteprofiel**
- **6 dwarsprofielen, ter bepaling volumes (baan en ballast) en ruimtebeslag (grondverwerving)**
- **“Bouwdoos” met standaard kunstwerken**
- **Kengetallen voor “Specials” Kunstwerken, E-Installaties en Stations uit referentieprojecten**

ZZL-studie gebieden



DWARSPROFIEL 1



SSK: Standaard Systematiek voor Kostenramingen (sinds 2003 in de GWW)

- Uniforme terminologie en ramingsopbouw
- Splitsing van verantwoordelijkheden tussen Projecteigenaar en Kostenramer
- Opbouw van raming= Projectopdeling = System Breakdown
- Risico's en Onzekerheden eigen plek in de raming

Bouwkosten (Wat)

Bekende Directe Kosten (= hoeveelheid x prijs)

+ Niet-bekende Directe kosten
(= Nader te Detailleren, NTD)

+ Indirecte Kosten

= VOORZIENE KOSTEN

+ Object Onvoorzien

= TOTAAL BOUWKOSTEN

Investeringskosten (Wat)

Bouwkosten

- + Vastgoedkosten (o.a. Grondverwerving)
- + Engineering
- + Kosten Kabels en Leidingen Derden (Schade Compensatie)
- + Overige Bijkomende Kosten
- + Kosten Opdrachtgever

= TOTAAL BASISRAMING

- + Project Onvoorzien

= TOTAAL INVESTERINGSKOSTEN

Opzet Kostenraming (Hoe)

- **Kostenraming is opgesteld conform de SSK-systematiek**
- **Excel werkblad “SSK Integraal” gekoppeld aan:**
 - Bouwkosten uit 9 werkbladen van Technische Disciplines
 - Bijkomende kosten (6 werkbladen)
- **Bandbreedte per werkblad (door Discipline) bepaald en vervolgens gewogen gemiddelde bepaald**

Opstelling conform de SSK-systeematiek, 2e verbeterde druk CROW publicatienr.137

3	Oprachtgever:		Projectnr:	IF999999/990	Status:	concept
4	ProRail		Niveau raming:	Definitief ontwerp	Versie:	0.1
5	Project:		RVOI fase:	1	Datum:	17 oktober 2006
6	Variantstudie kunstwerken		Prijspeil:	2006	Opsteller:	R.H. Alberti
7	Object:					
8	Onderdoorgang					

post	omschrijving	Voorziene kosten (VK)						Onvoorzien ...object ...project	Index	TOTAAL
		directe kosten (DK)			indirecte kosten (IK)					
		bekend DK	ntd DK	totaal DK	bekend IK	ntd IK	totaal IK			

13	Bouwkosten
14	1 Baan- en Spoorwegbouw
15	2 Civiele techniek; staalconstructies
16	3 Civiele techniek; betonconstructies
17	4 Tractie-energiesystemen bovenleiding en draagconstructies
18	5 Beveiliging, beheersing & voedingssystemen
19	6 K&L technische installaties / Ondergrondse infra
20	7 SK; bouwkundige voorzieningen
21	8 Technische Installaties
22	9 Landschappelijke inpassing
23	Totaal bouwkosten
24	
25	
26	Vastgoed
27	10 Vastgoedkosten
28	
29	Engineering
30	11 Engineeringskosten
31	
32	Kabels & Leidingen Derden
33	12 Kosten Kabels & Leidingen Derden
34	
35	Overige bijkomende kosten
36	13 Overige bijkomende kosten
37	
38	Kosten opdrachtgever
39	14 Kosten opdrachtgever
40	
41	
42	TOTAAL BASIS RAMING
43	
44	
45	Project onvoorzien
46	15 Project onvoorzien

TOTALE INVESTERINGSKOSTEN	
BTW	19%
TOTALE INVESTERINGSKOSTEN INCLUSIEF BTW	
Onzekerheidsreserve	
Reserve extern onvoorzien	
TOTAAL GENERAAL	
De raming van de investeringskosten heeft een bandbreedte van -...% / +... % bij een betrouwbaarheid van 70%	
Raming / B&S / CT; Staal / CT; Beton / Tractie / BBT / K&L Rail / Bouwkund. voorz. / Techn. Installaties	

49	TOTALE INVESTERINGSKOSTEN exclusief BTW
50	16
51	TOTALE INVESTERINGSKOSTEN inclusief BTW

51	Raming / B&S / CT; Staal / CT; Beton / TES bvl draagconstr. / Beveiliging, beheersing&voeding / K&L techn.inst - Ondergr.infra / SK; Bouwk voorz
----	---

9 Technische Disciplines in Bouwkosten

- **Baanbouw**
- **Spoorwerk & Perronbouw**
- **Kunstwerken**
- **Tractie Bovenleiding en Draagconstructie**
- **Tractie Energievoeding**
- **Beveiliging & Treinbeheersing**
- **Stations**
- **Geluidschermen & Hekwerken**
- **Landschappelijke inpassing**

6 Overige kosten in de Basisraming

- **Vastgoed (grondverwerving) Baan**
- **Vastgoed (grondverwerving) Kruisende Kunstwerken**
- **Engineering (incl. Administratie en Toezicht), % per Discipline**
- **Kabels en Leidingen Derden, per m1 baan**
- **Overige Bijkomende Kosten (bijv. leges, CAR, onderzoeken, PR)**
- **Kosten Opdrachtgeverorganisatie**

Kosten per Discipline

Bekende Directe Kosten per objectdeel (Hoeveelheid x Prijs)

- + Nader Te Detailleren (percentage)
- + Indirecte Kosten (eenmalige, uitvoeringskosten, AKWR)
- + Object Onvoorzien

= Totaal aan BOUWKOSTEN

De voornaamste kostendragers (1)

HST-1

INVESTERINGSKOSTEN **100**

Geraamd in Hoeveelheid x Prijs

- **Bekende Directe Bouwkosten Kunstwerken** **23**
- **Bekende Directe Bouwkosten Overig** **13**
- **Grondverwerving** **5**
- **Kabels & leidingen Derden** **5**

Geraamd als % van het voorgaande

- **Overigen (o.a. NTD, Onvoorzien, Bijkomende K.)** **54**

De voornaamste kostendragers (2)

HST-1

Bekende Directe Kosten Kunstwerken		bandbreedte
Zettingsvrije Plaat (78 km)	437 mio	-15/+25%
Bouwdoos Standaard Kunstwerken	167 mio	-15/+20%
Ketelmeer Brug (1,7 km)	75 mio	-15/+40%
Tjeukemeer Passage (4,5 km)	150 mio	-15/+40%
Overige "Specials" Kunstwerken	70 mio	-15/+25%
gewogen gemiddelde bandbreedte		-15/+27%

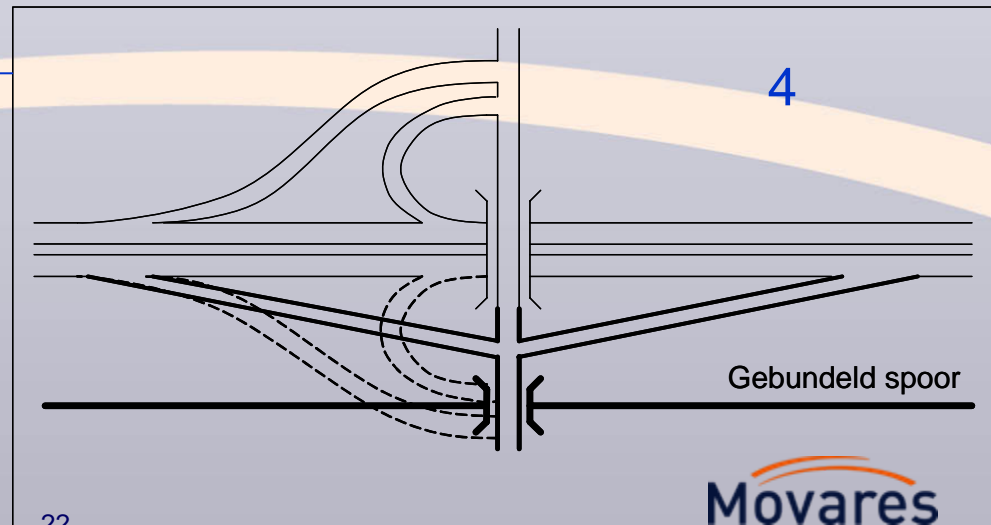
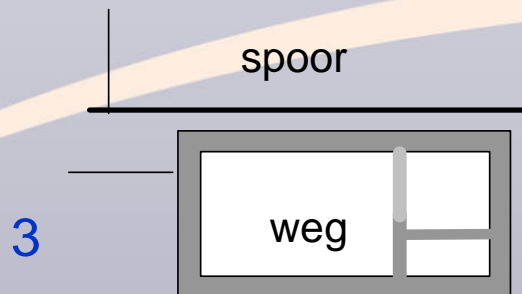
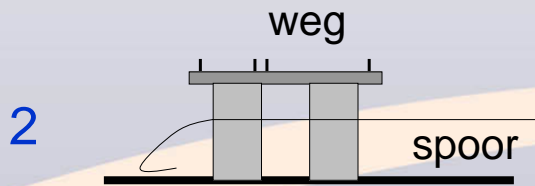
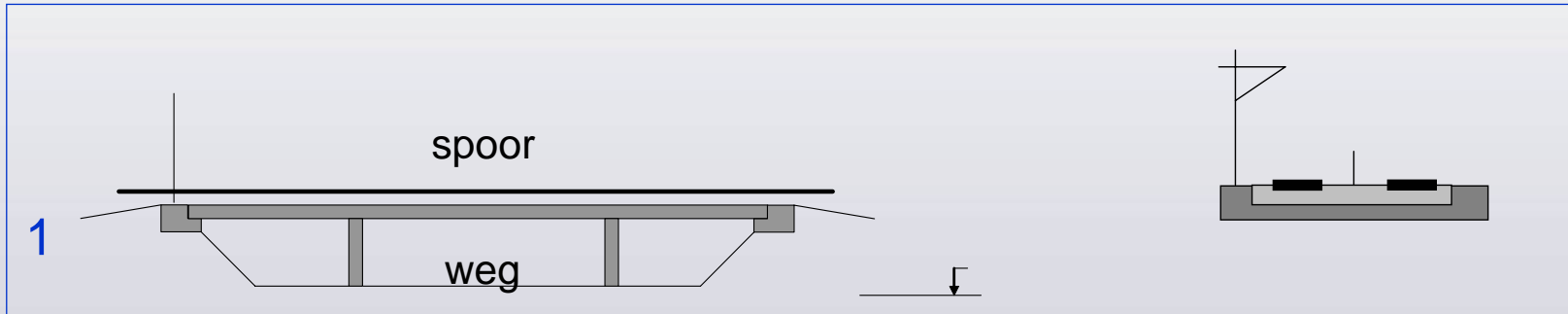
Ramingsmethode Kunstwerken

Deze objecten omvatten:

- **1 Doorgaand kunstwerk = ZVP = Zettingsvrije Plaat**
- **17 generieke kunstwerken uit een “Bouwdoos”**, elk gedefinieerd door:
 - Beschrijving van de kunstwerken (toepassing, type verkeer, geometrie, materiaal)
 - Eenheidsprijs van een kunstwerk
 - Toeslag % voor uitvoeringsconditie (locatie/omstandigheden)
- **“Specials”**, zoals :
 - Rivierkruisende brug
 - Aquaduct
 - Dive-Under
 - Beweegbare brug

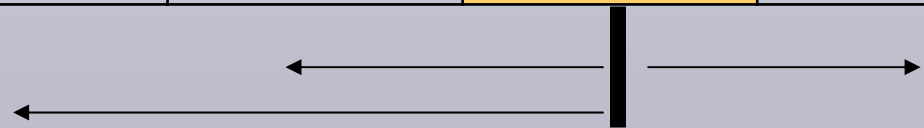
op basis van Referentie Projecten, bijv. HSL-Zuid.

Voorbeelden uit Bouwdoos



Voorbeeld Kostentabel Bouwdoos

		Hanzelijn-plus 160 & 200 km/u			HST-1 250 km/u
	Bouwdooselement	Nieuwbouw in bestaande baan	Vervanging in bestaande baan	Nieuwbouw in nieuwe baan (mio Euro)	Nieuwbouw in nieuwe baan
	Spoorviaduct	<i>afgeleid</i>	<i>afgeleid</i>	<u>BASIS</u>	<i>afgeleid</i>
1A	Kleine kruising	0,304	0,405	0,253	0,266
1B	Middelgrote kruising	0,691	0,861	0,576	0,605
1C	Grote kruising	1,340	1,621	1,117	1,173



Uitkomsten voor HST-1

Deterministisch, met gewogen gemiddelde bandbreedte:

- Modale waarde = 3.807 mioE
- Bandbreedte -13% en + 29% (asymmetrisch)

Bandbreedte van de Investeringskosten HST-1 voornamelijk bepaald door:

- Kunstwerken -15 % ... + 27%
- Grondverwerving -10 % ... + 50%
- Kabels en Leidingen Derden -10 % ... + 50%

Onzekerheden en Risico's: indeling volgens de SSK

- **Beslisonzekerheden**
 - Variantenraming
- **Kennisonzekerheden**
 - Post NTD (Nader Te Detailleren) in Directe Kosten
 - Bandbreedte (>> advies tot Onzekerheidsreservering)
- **Toekomstonzekerheden**
 - Binnen Scope : Object Onvoorzien en Project Onvoorzien
 - Buiten Scope : Reserve Extern Onvoorzien

Onzekerheden en Risico's: Voorbeelden HST-1

- **Beslisonzekerheden**

- *Variantenraming*

Scenario's Ketelmeer kruising

- **Kennisonzekerheden**

- Post NTD
- Bandbreedte

Tegelpaden

Hoogteligging kruisend viaduct

- **Toekomstonzekerheden**

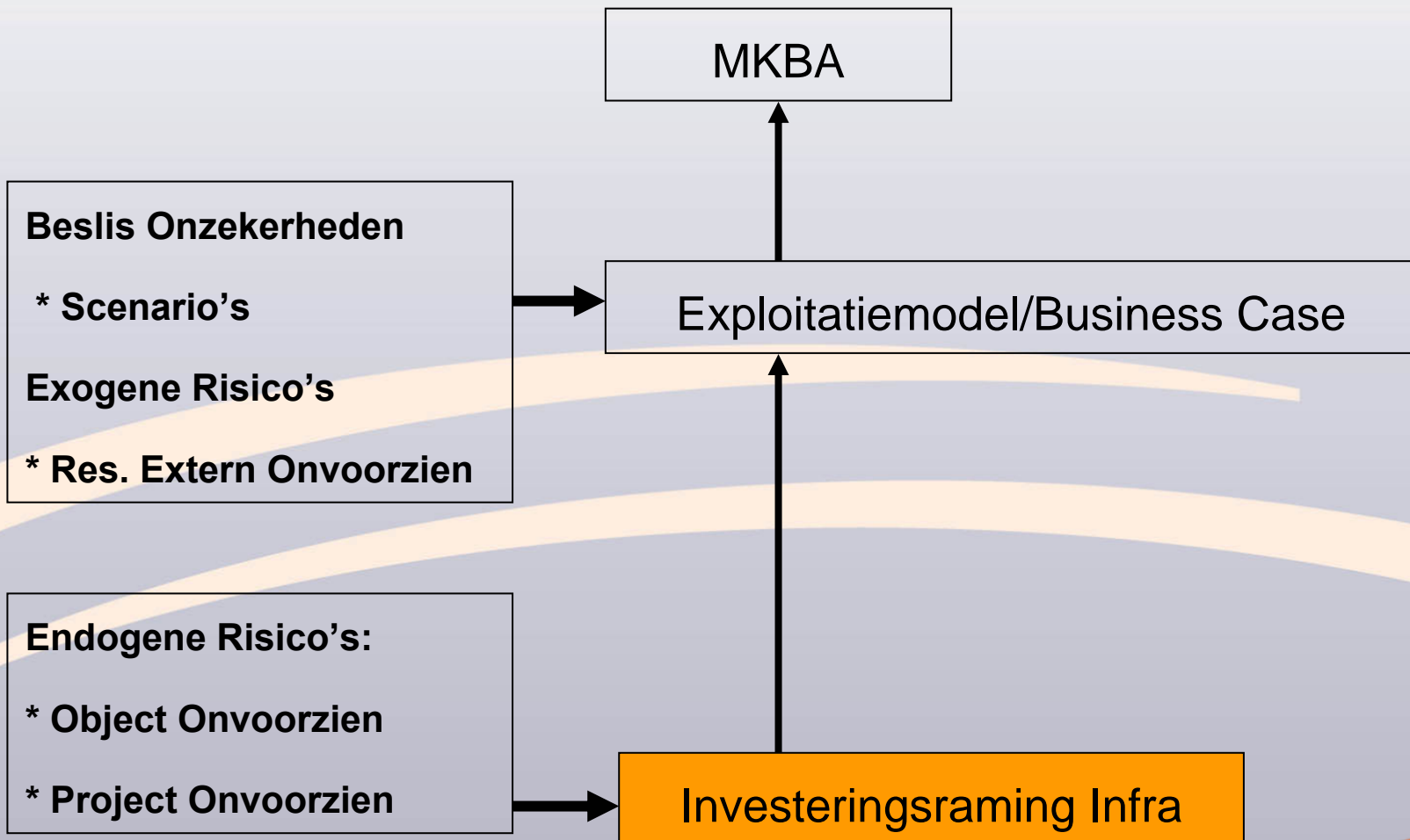
- Object Onvoorzien
- Project Onvoorzien
- *Reserve Extern Onvoorzien*

Grondgesteldheid

Vergunningsprocedures/eisen

Regelgeving m.b.t. Geluid

Plaats van de Risico's in de ZZL-ramingen



Van Risico Analyse naar SSK raming

Risc_no	Afwijking/risico	oorzaak	gevolg	P	T	K	V	Q	risc_T	maatregel	KANS (%)	KOSTEN (k EUR)	SSK POST
									0				

Afwijking

Oorzaak

Gevolg

Score

Maatregel

Kans

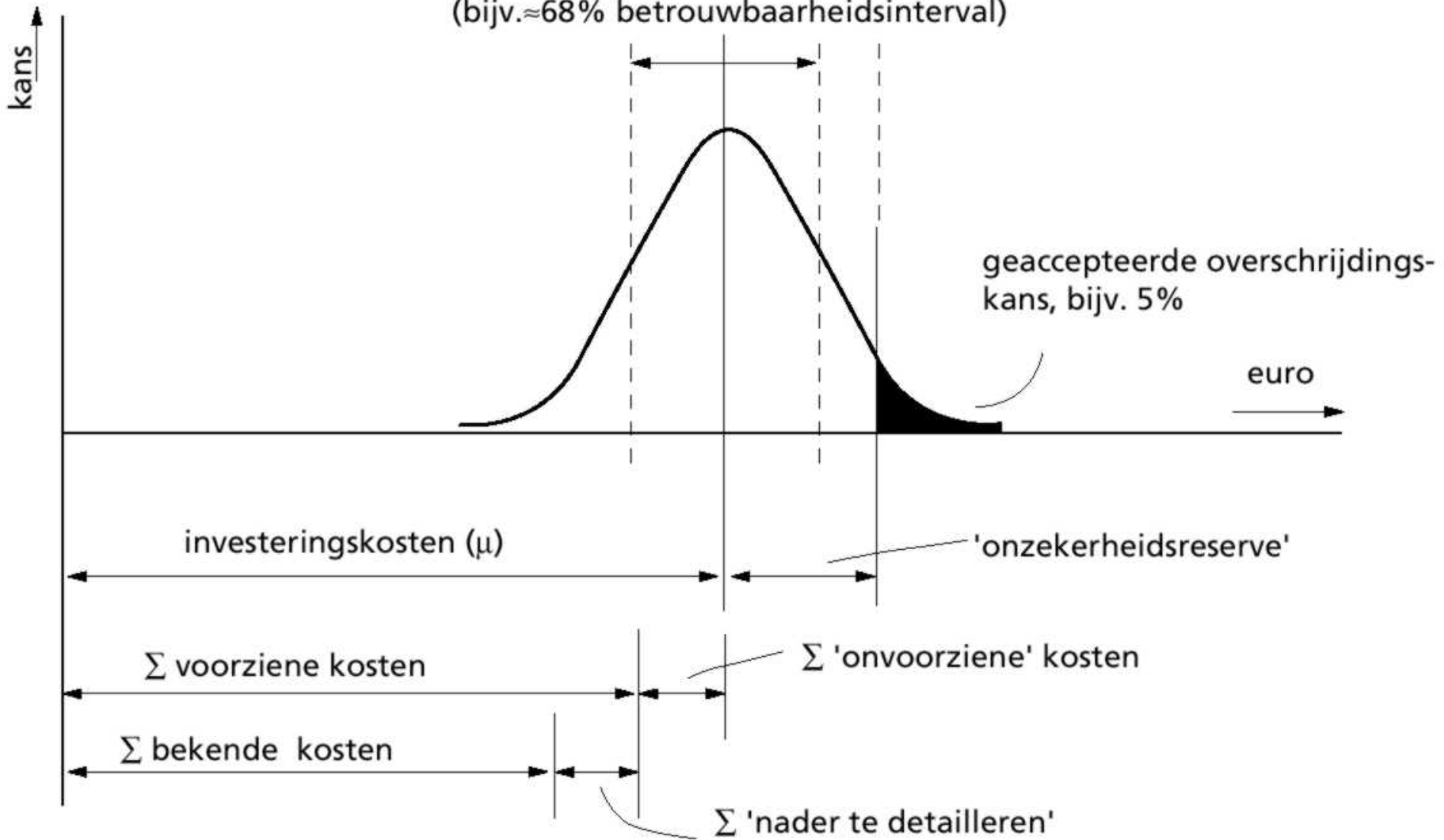
Kosten

SSK post

Probabilistische Analyse (1)

- Per Technische Discipline (9x) Bouwkosten geraamd met een deterministisch bepaalde bandbreedte (bij 70% betrouwbaarheid)
 - Idem voor de andere 6 kostencategorieën
 - Deterministisch: Gewogen gemiddelde bandbreedte
(-13% | +29% voor HST-1)
-
- OG wenst probabilistische analyse, d.i. berekening van Verwachtingswaarde en Standaardafwijking

'bandbreedte' raming van investeringskosten
(bijv. $\approx 68\%$ betrouwbaarheidsinterval)



Probabilistische Analyse (2)

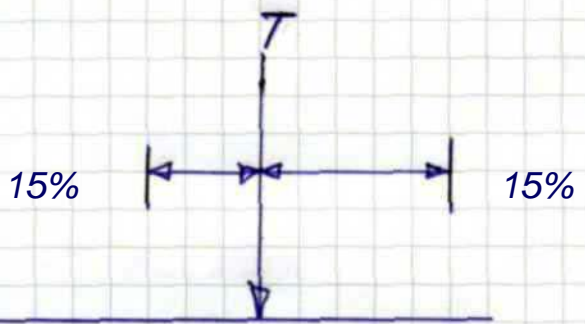
WENS

- Ministerie wenst Monte Carlo-analyse, met elke begrotingregel ingevoerd als L, T en U waarden van het geraamde bedrag.
- Software bijv. “CIT Risico Raming” of “Cristal Ball”

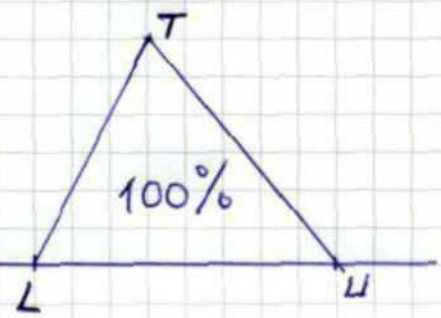
PRAKTIJK

- Veel varianten en versies (last minute wijzigingen in uitgangspunten) maakten een minder tijdrovende analyse noodzakelijk.
- Per discipline is uit raming en bandbreedte een Standaardafwijking (SA) en een Verwachtingswaarde bepaald (d.m.v. “de platgeslagen driehoek”)

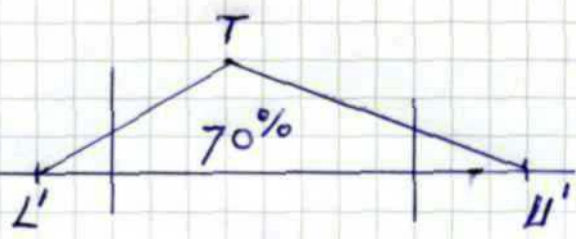
1 input



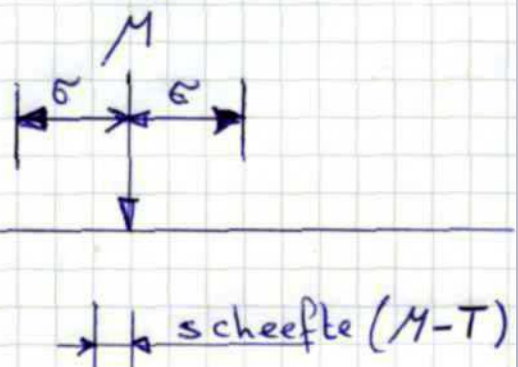
2 wens



3 formule



4 antwoord



Van Modale Waarde (T) en bandbreedte

naar

Verwachtingswaarde (μ) en

Standaardafwijking (σ)

De L'-waarde en de U'-waarde wordt aldus bepaald:

$$\begin{aligned}L' &= L - \alpha L * (U-L) \\U' &= U + \alpha U * (U-L)\end{aligned}$$

De benaderingsformule die ik gebruik is een parabool die door de drie punten wordt bepaald.

$$\alpha = A*x^2 + B*x + C$$

met $x = (T-L)/(U-L)$

x loopt van 0 tot 1.

Als $T=L$ dan is $x=0$,

Als $T=U$ dan is $x=1$

Als $T=(U+L)/2$ dan is $x=1/2$

$$\alpha L = -0,364682*x^2 + 0,784766*x + 0,304304$$

$$\alpha U = -0,364682*x^2 - 0,055403*x + 0,724388$$

In het voorbeeld (90-100-120) bedraagt $x = (10/30) = 0,333$

$$\alpha L = 0,525371 \rightarrow L' = 90 - \alpha L * 30 = 90 - 15,8 = 74,2$$

$$\alpha U = 0,665400 \rightarrow U' = 120 + \alpha U * 30 = 120 + 20,0 = 140,0$$

Merk op dat in dit voorbeeld de verwachtingswaarde $(L'+T+U')/3$ (ca. 1,4%) groter is dan $(L+T+U)/3$

$$\text{Verwachtingswaarde} = E = (L'+T+U')/3$$

Uitkomsten voor HST-1

- **Deterministisch met gewogen gemiddelde bandbreedte:**

Modale waarde = 3.807 mioE

Bandbreedte -13% en + 29% (asymmetrisch)

onderkant 3.296 mioE, bovenkant 4.904 mioE

(JBF scheefte = 8% >> JBF verwachtingswaarde 4.111 mioE)

- **Probabilistische Analyse:**

Verwachtingswaarde = 4.084 mioE (scheefte = 7%)

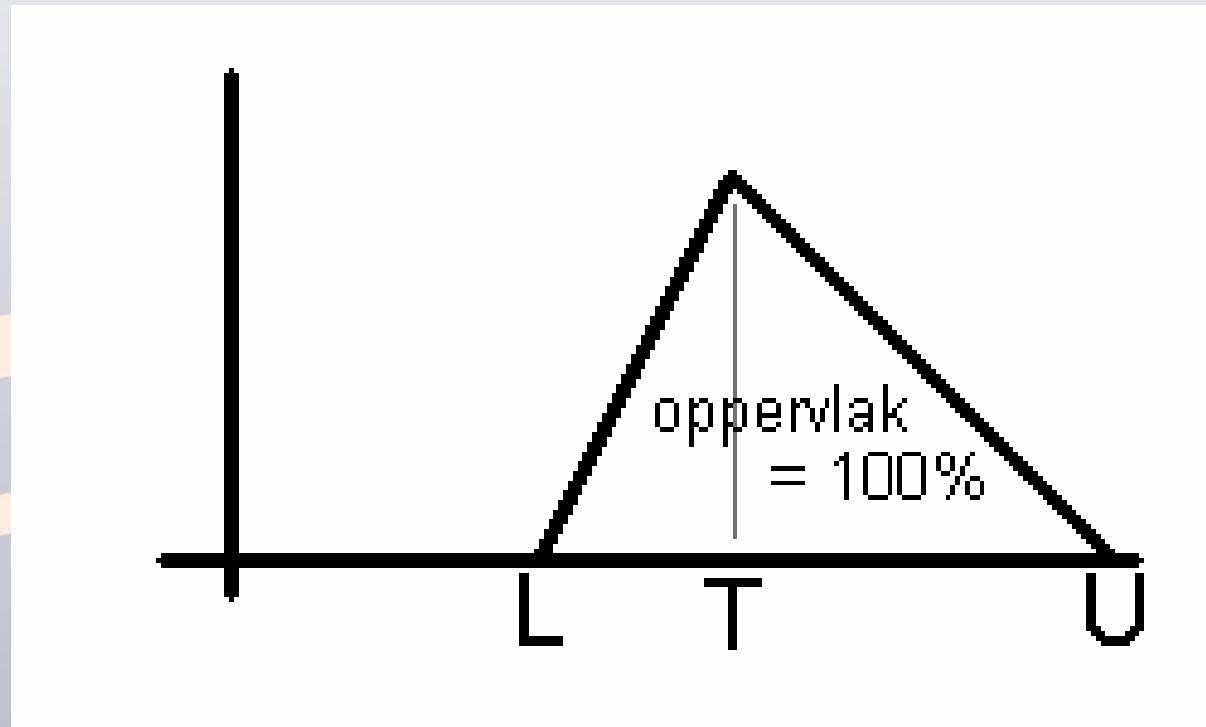
met Variatie Coëfficiënt:

+/- 18 % (volledige afhankelijke posten); bovenkant 4.819 mioE

+/- 7 % (volledig onafhankelijke posten); bovenkant 4.370 mioE

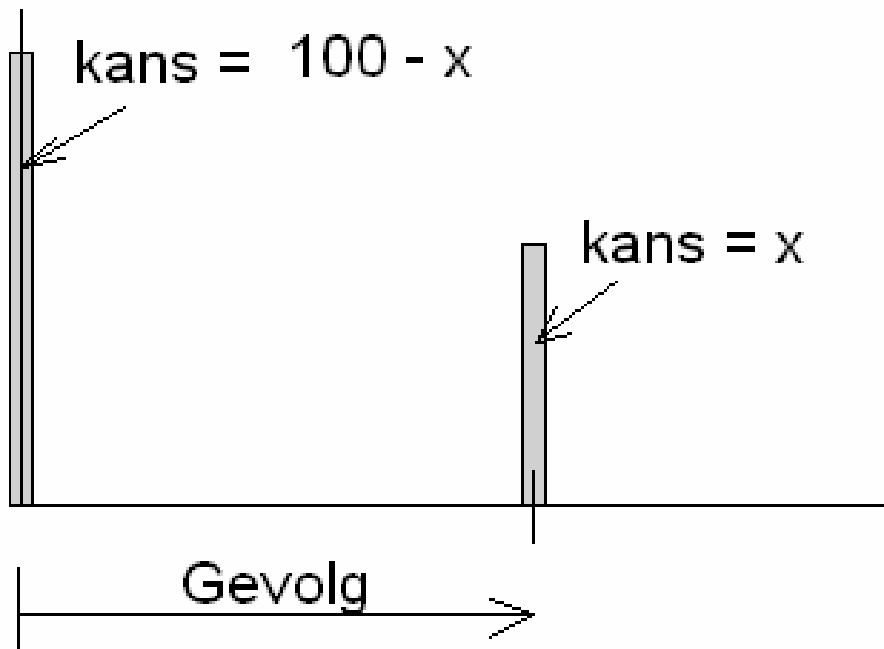
Onzekerheden

Fluctuaties in prijzen en hoeveelheden



- Kansdichtheidsfunctie

Risico's Bijzondere Gebeurtenissen



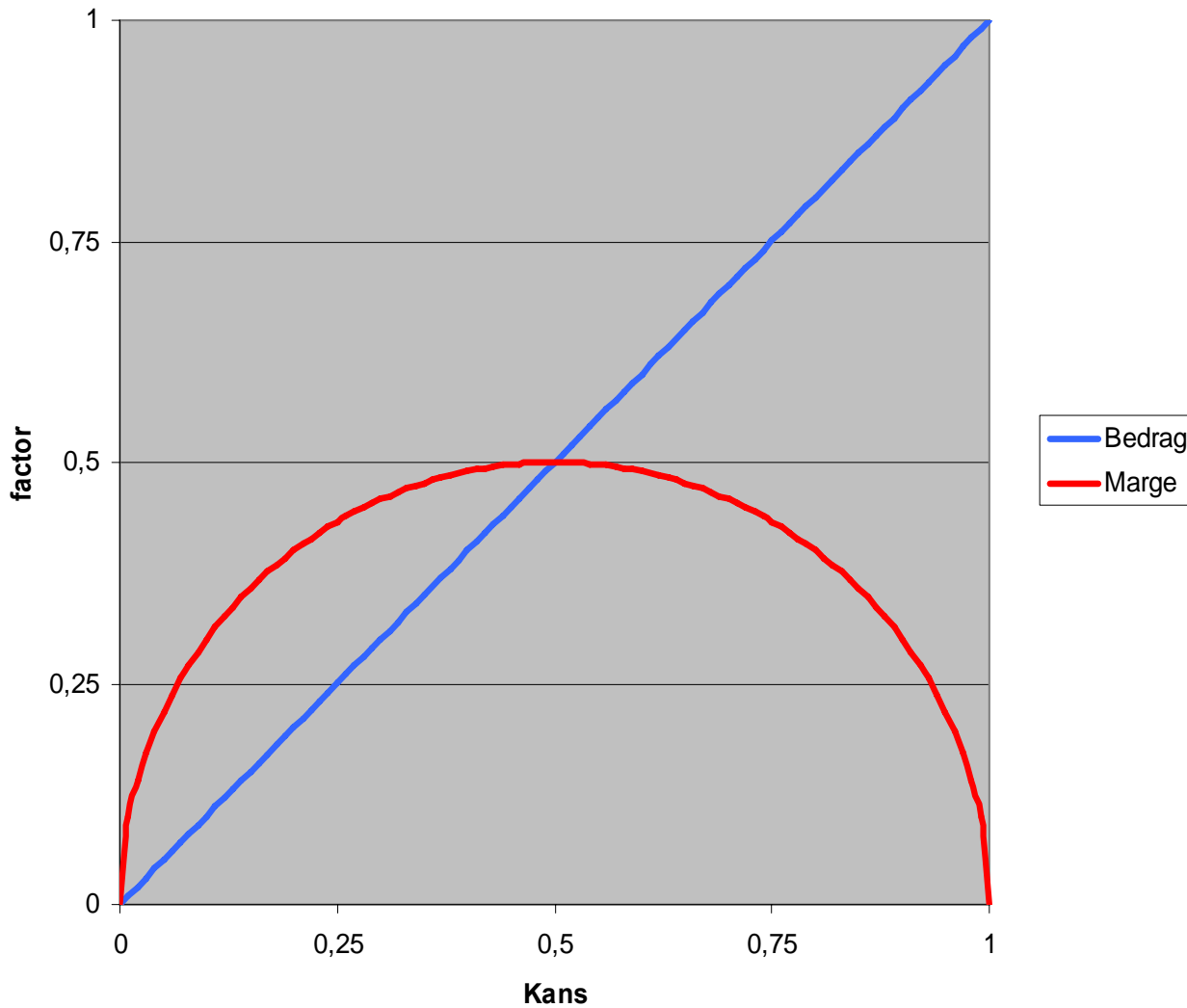
Bijzondere Gebeurtenissen

Gemiddelde en Standaardafwijking

- Gemiddelde = Geraamd bedrag = Kans * Gevolg
- Standaardafwijking = Gevolg * $\sqrt{\text{Kans} * (1-\text{Kans})}$

Kans	Geraamd bedrag	Standaardafwijking
0,5	0,5 x Gevolg	0,50 x Gevolg
0,4	0,4 x Gevolg	0,49 x Gevolg
0,3	0,3 x Gevolg	0,46 x Gevolg
0,2	0,2 x Gevolg	0,40 x Gevolg
0,1	0,1 x Gevolg	0,30 x Gevolg

Raming en Marge bij Bijzondere Gebeurtenissen



- **N.B.**
**Marge= halve
bandbreedte**

Lessons Learnt

1. **De SSK methode verbetert de communicatie tussen ramers en beslissers.**
2. **De kwaliteit van de raming wordt primair bepaald door de compleetheid van de in beeld gebrachte scope.**
3. **Monte Carlo ramingen zijn alleen nuttig als er gedegen risico analyses gemaakt zijn als input.**
4. **Eenvoudiger statistische analyses zijn afdoende mits de statistische verdelingen tamelijk symmetrisch zijn.**
5. **De bandbreedte of variatiecoëfficiënt wordt voornamelijk bepaald door de risico's met kans $< 20\%$ en groot gevolg**

Onderwijs

**TU Delft, PAO Civiele Techniek en Bouwtechniek,
i.s.m. Rijkswaterstaat**

Cursus “Voorzien, onvoorzien of onzeker: Kostenramingen”

Delft, 25 en 26 april 2007

o.l.v. prof. drs. ir. J.K. Vrijling

www.pao.tudelft.nl