

Investeringsramingen Zuiderzeelijn

Presentatie voor DACE op 21 september 2006

door ir. Arno H. Rol, sr. kostenconsultant

Movares

vormgeven
aan
bereikbaarheid

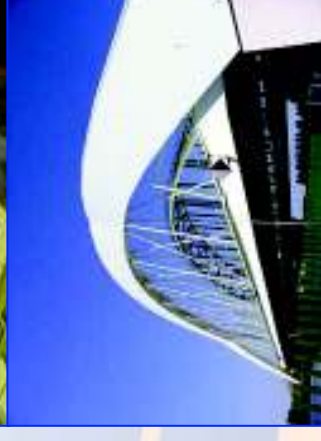
Movares:

‘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.

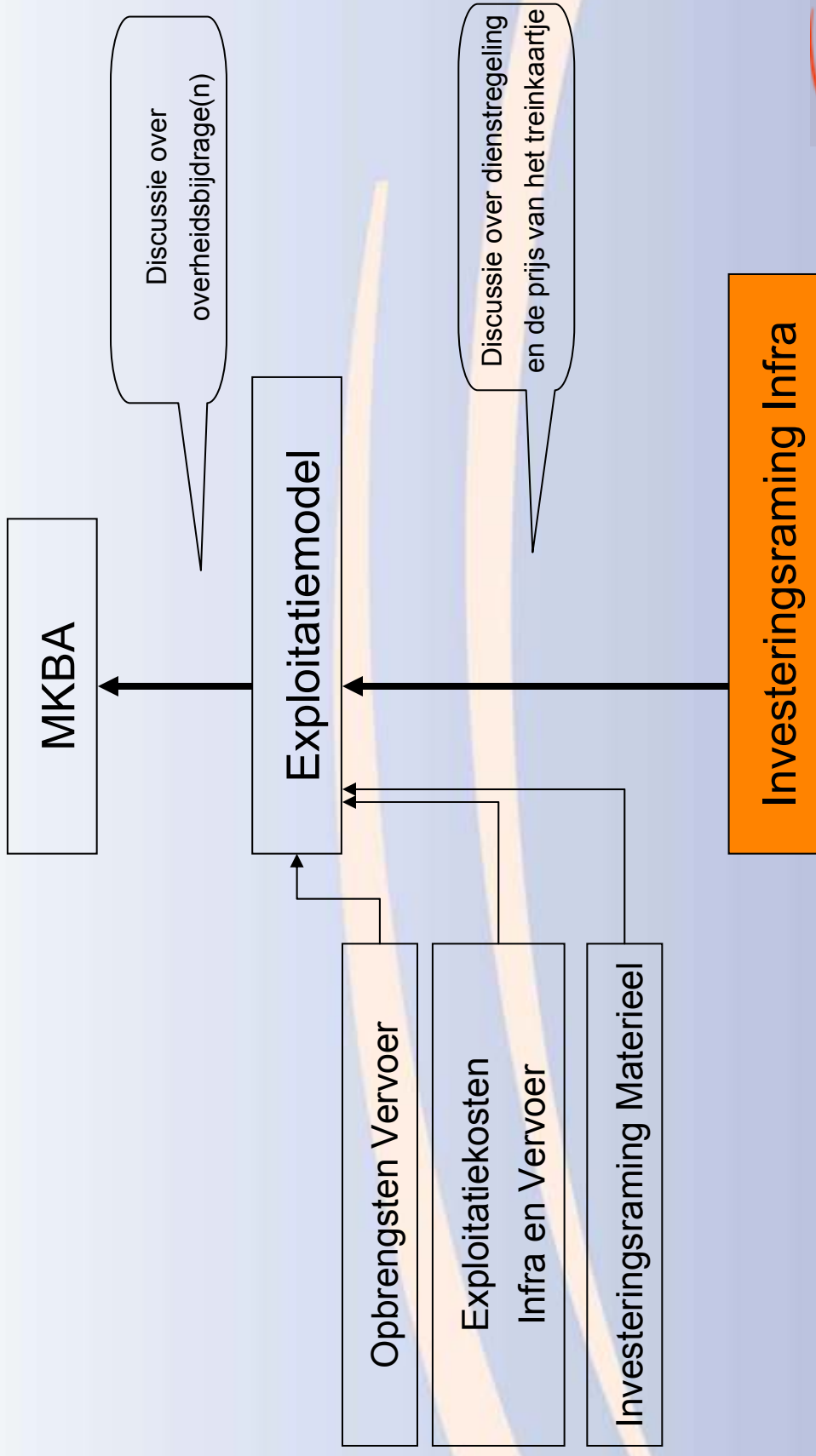
- Omzet 2005 ca. 140 miljoen euro, ca. 1300 fte werkzaam
- In Nederland
 - hoofdkantoor in Utrecht
 - regiokantoren in Eindhoven, Weesp, Zoetermeer en Zwolle
- In Europa
 - vestigingen in Duitsland, Polen en Portugal
 - projecten o.a. in Frankrijk, Slowakije, Slovenië en Spanje



Zuiderzeelijn



Afbakening van mijn onderwerp



Agenda

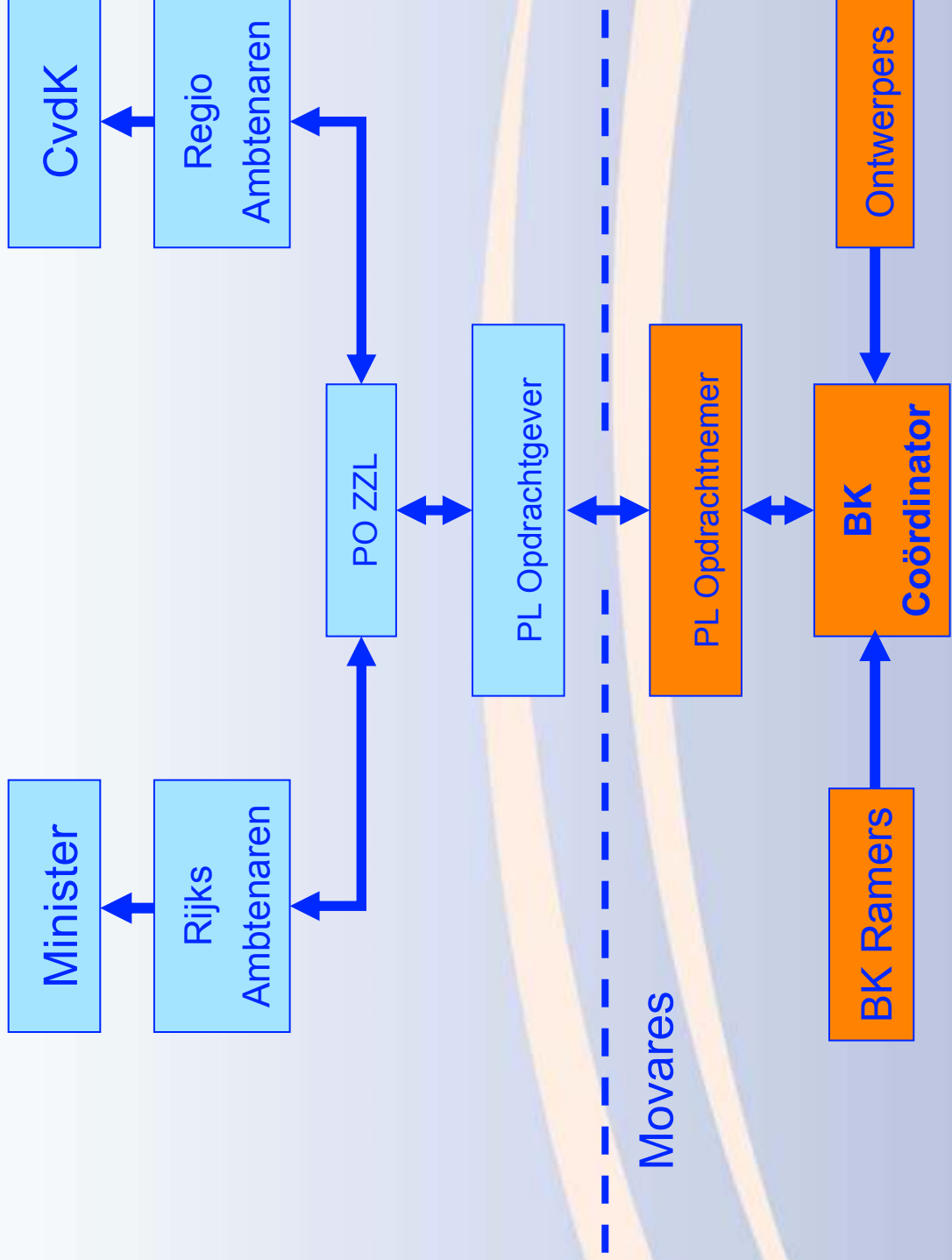
1. **Het ramingsproces van ZZL-Project**
2. **Opbouw van de Investeringsraming HST-1**
3. **Voornaamste kostendragers in HST-1**
4. **Inzoomen op Bouwdoos Kunstwerken**
5. **Onzekerheden en Risico's volgens SSK**
6. **Probabilistische analyse**
7. **Reference Class Forecasting door prof. Bent Flyvbjerg**

DACE-thema vandaag

- Uitdagingen voor de Cost Engineer

>>

Communicatie



MZB

HST

IC



Geraamde Varianten 2005/2006

- Magneetweefbaan MZB 400 km/h
- Hogesnelheidslijn HSL 250 of 200 km/h ([HST-1](#) en -2)
- Intercity-lijn IC 160 km/h
- Hanzelijn HZL+ 160 of 200 km/h (via Zwolle)
- HZL++ 200 km/h (via Zwolle)
- Superbus 250 km/h

Elk gesplitst in :

- Traject Schiphol-Lelystad (via Muiden of via Y-meer)
- [Traject Lelystad-Groningen](#) (met of zonder Verbinding Leeuwarden)

(Later ook nog varianten HST-3 en HZL+Noordlink)



superbus

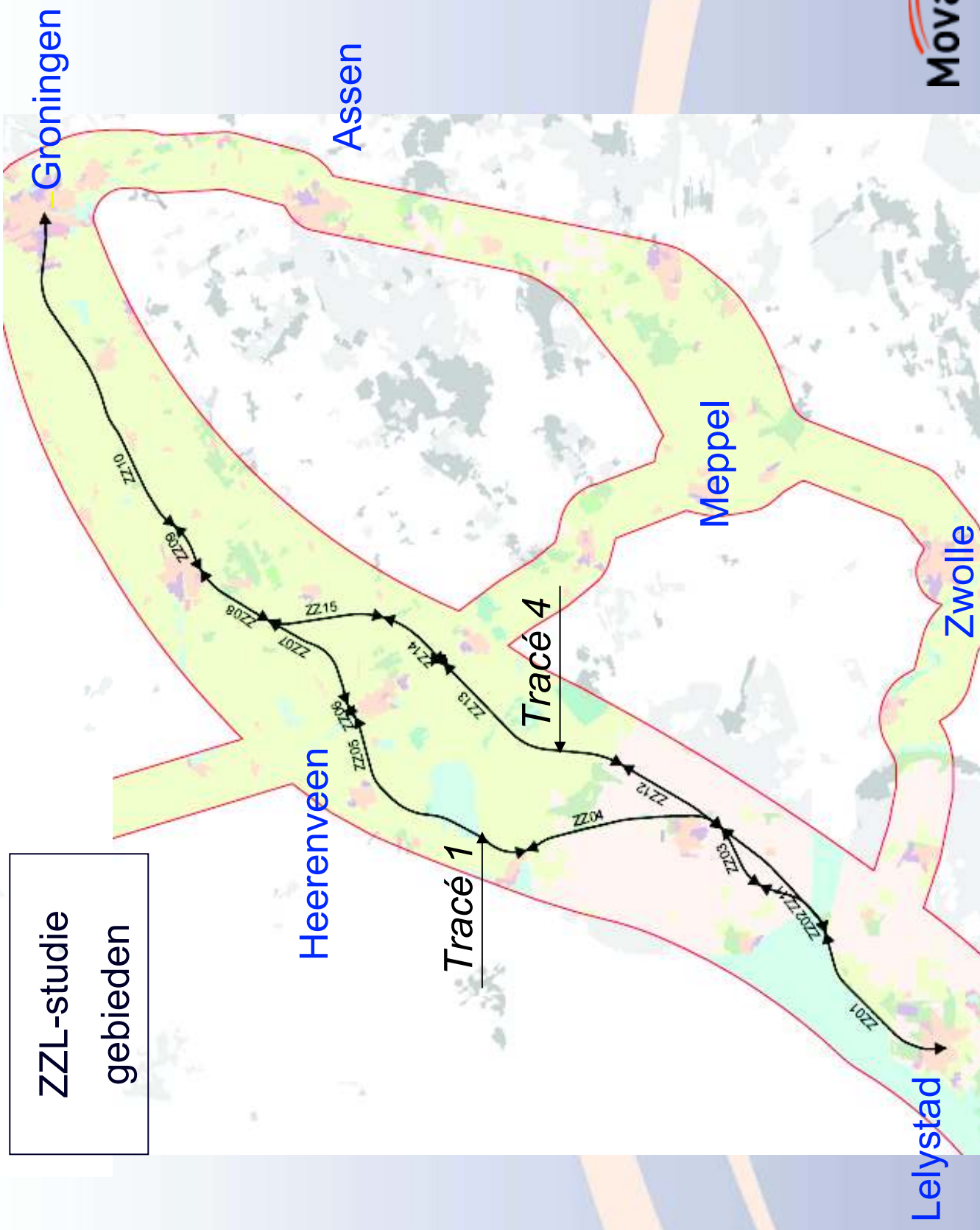
Werkdruk HST-1 (Lelystad-Groningen)

- Ontwerp gestart September '05, geleverd Maart'06
- Raming gestart November'05, conceptversie 1 (3074 mioE) geleverd 23 December'05
- Raming getoetst door Movares/OG en door RWS/ProRail in Januari'06
- Raming versie 2 (3807 mioE) geleverd 3 Februari'06
- SMB (MER 1e fase) afgerond April'06
- Errata Raming (+87 mioE) geleverd Mei'06
- Toetsrapport RWS/ProRail Juli'06

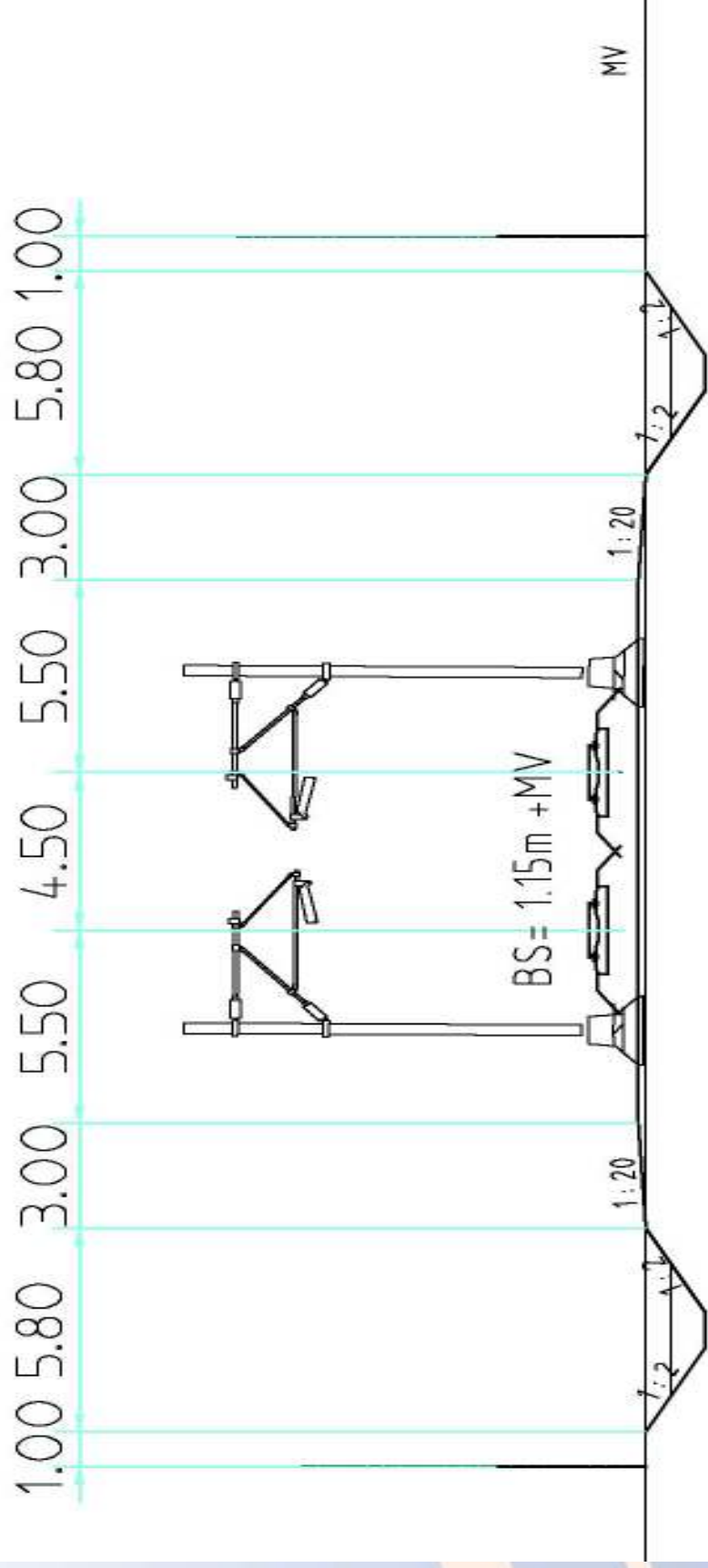
Aanpak HST-1 Lelystad-Groningen

- **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**

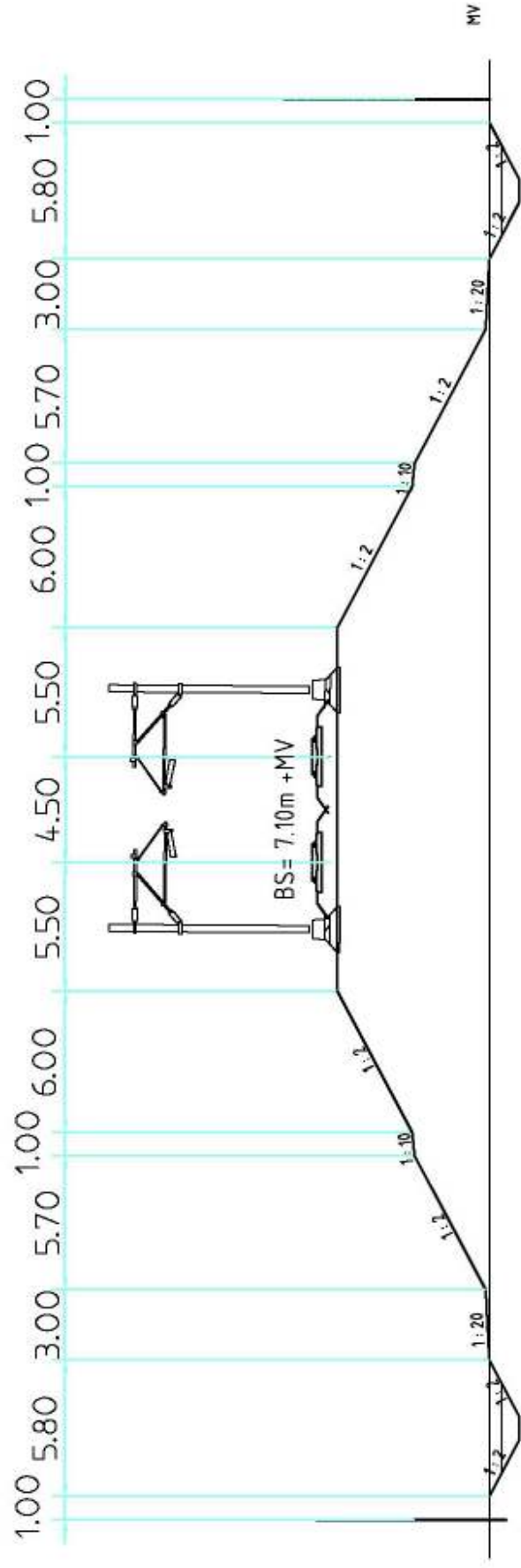
ZZL-studie
gebieden



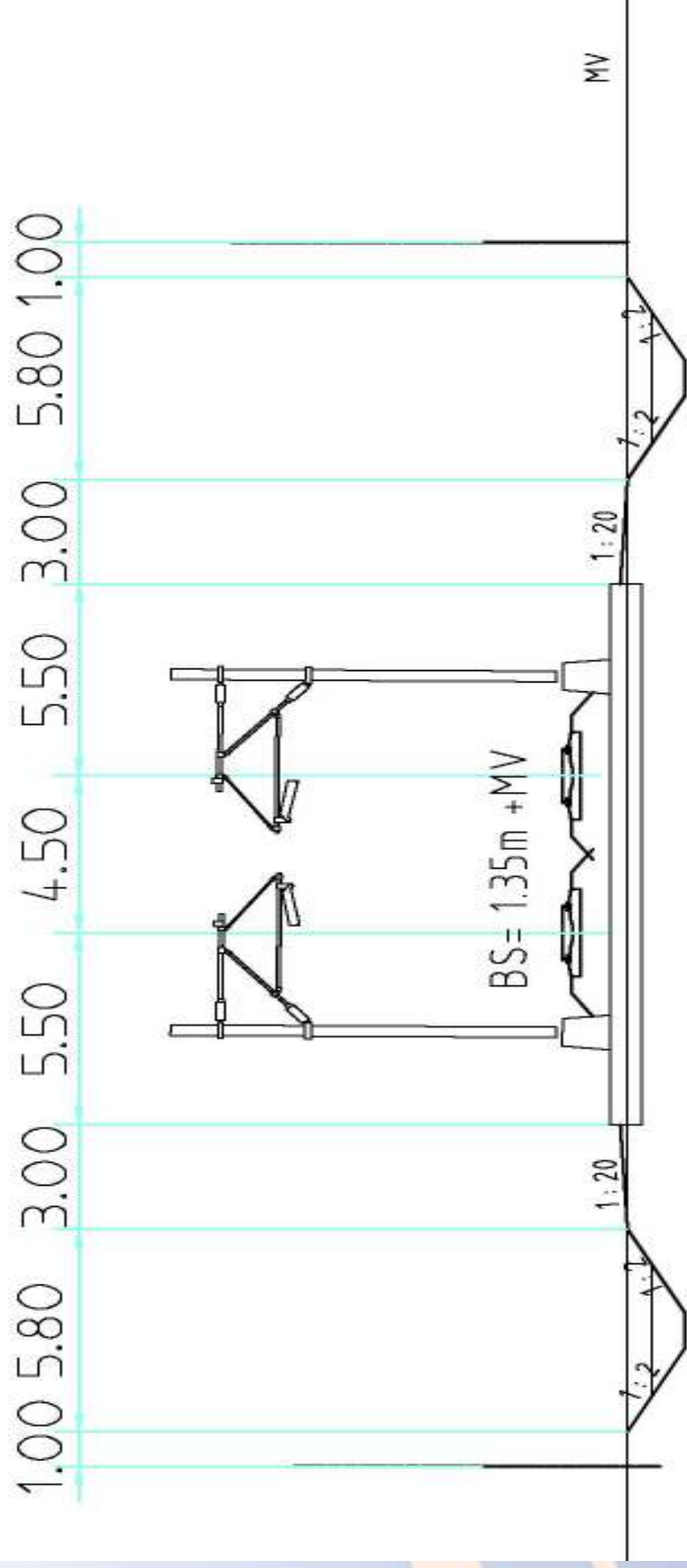
DWARSPROFIEL 5



DWARSPROFIEL 1



DWARSPROFIEL 6



Investeringskosten (Wat)

Bouwkosten

- + Vastgoedkosten (Baan en kruisende kunstwerken)
- + Engineering
- + Kosten Kabels en Leidingen Derden
- + Overige Bijkomende Kosten
- + Kosten Opdrachtgever

= TOTAL 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**
 - **Overige kosten (6 werkbladen)**
- **Bandbreedte per werkblad (door Discipline) bepaald en vervolgens gewogen gemiddelde bepaald**

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 (grondvererving) Baan**
- **Vastgoed (grondvererving) 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%

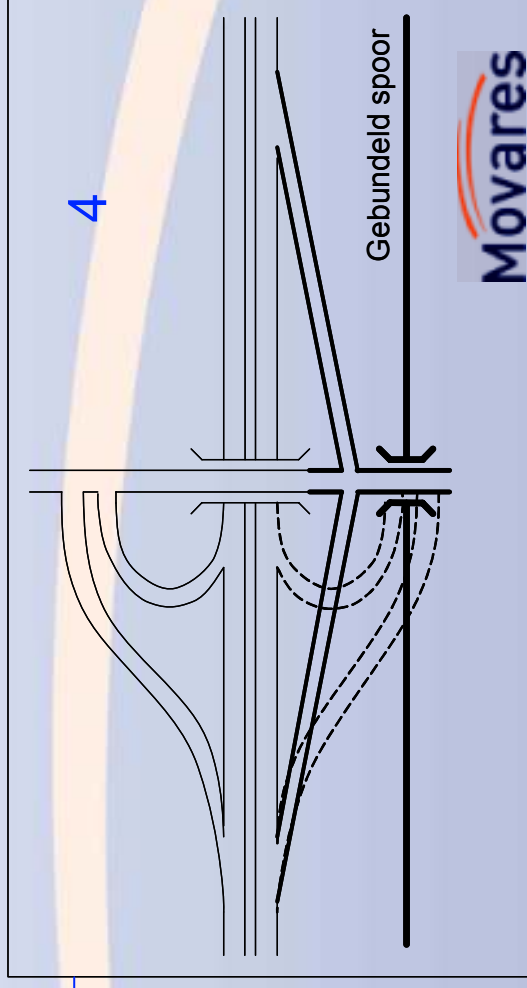
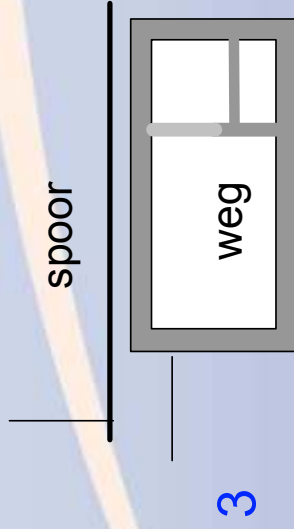
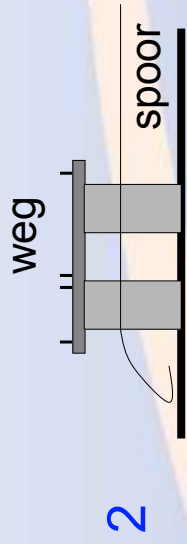
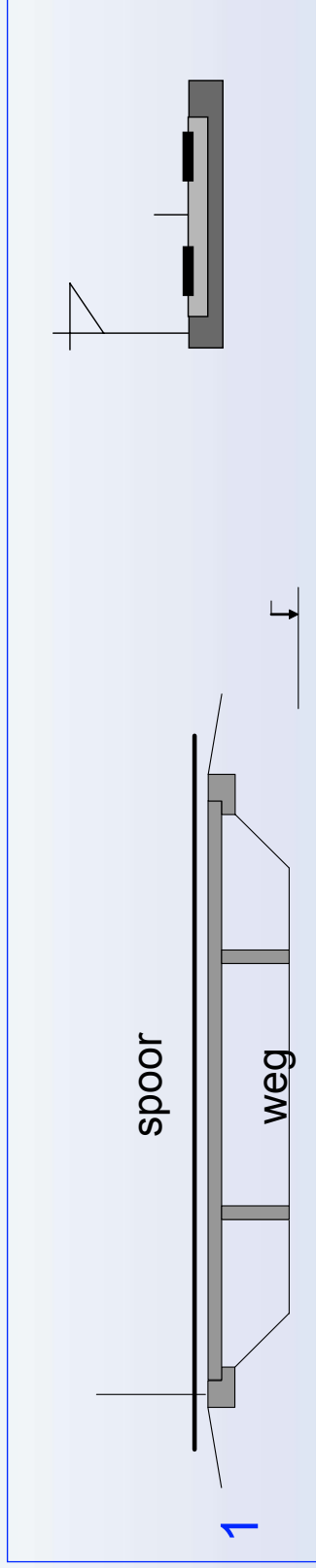
Ramingsmethode Kunstwerken

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

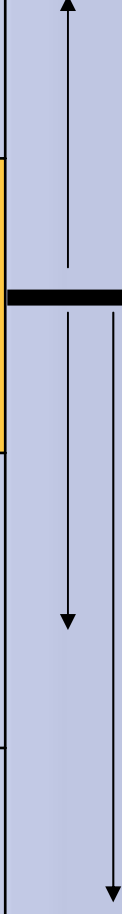
op basis van Referentie Projecten, bijv. HSL-Zuid.

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



Kostenraming per tracédeele

HST-1	KM	Kruising	Kunstwerk	Kosten Specials	Kosten Bouwdoos	Spoor- viaduct Type
						1A 1B 1C
			Eenheidsprijs [mio Euro]			0,26 0,60 1,17
						6 5 3
16.400		Op en afrit 12 A6	Spoorviaduct		1,173	1
16.600		Op en afrit 12 A6	Spoorviaduct		1,173	1
17.900		Ketelmeer	Special: brug 1,7 km	75,000		
19.400		Zuidermeertoertocht	Spoorviaduct		1,173	1
22.000		Op en afrit 13 A6	Knoopplossing 2		1,269	
22.300		Nagelervaart	Spoorviaduct		1,173	1
			Som	75,000	5,961	0 0 4
			Subtotaal directe kosten	Specials	Bouwdoos	1A 1B 1C
				80,961	Mio Euro	

Waar wel/niet een betonplaat?

Technische eisen versus Landschap

- Droogleggings Eis : Spoor 1 m boven grondwater =
Hoogste Polderpeil
+ opbolling grondwaterspiegel tussen spoorsloten
+ verwachte baanzetting in 30 jaar
- Dynamica Eis: Dikte zandbaan 2 a 4 m,
afhankelijk van treinsnelheid en dikte slappe grondlagen
- Landschappelijke Inpassing Eis : Spoor niet hoger dan
naastgelegen rijksweg

*Compromis bepaalt ontwerpkeuze : Zandbaan of Betonplaat (ZVP)
Lengte profiel van HST-1 tracé leidt tot 78 km ZVP*

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

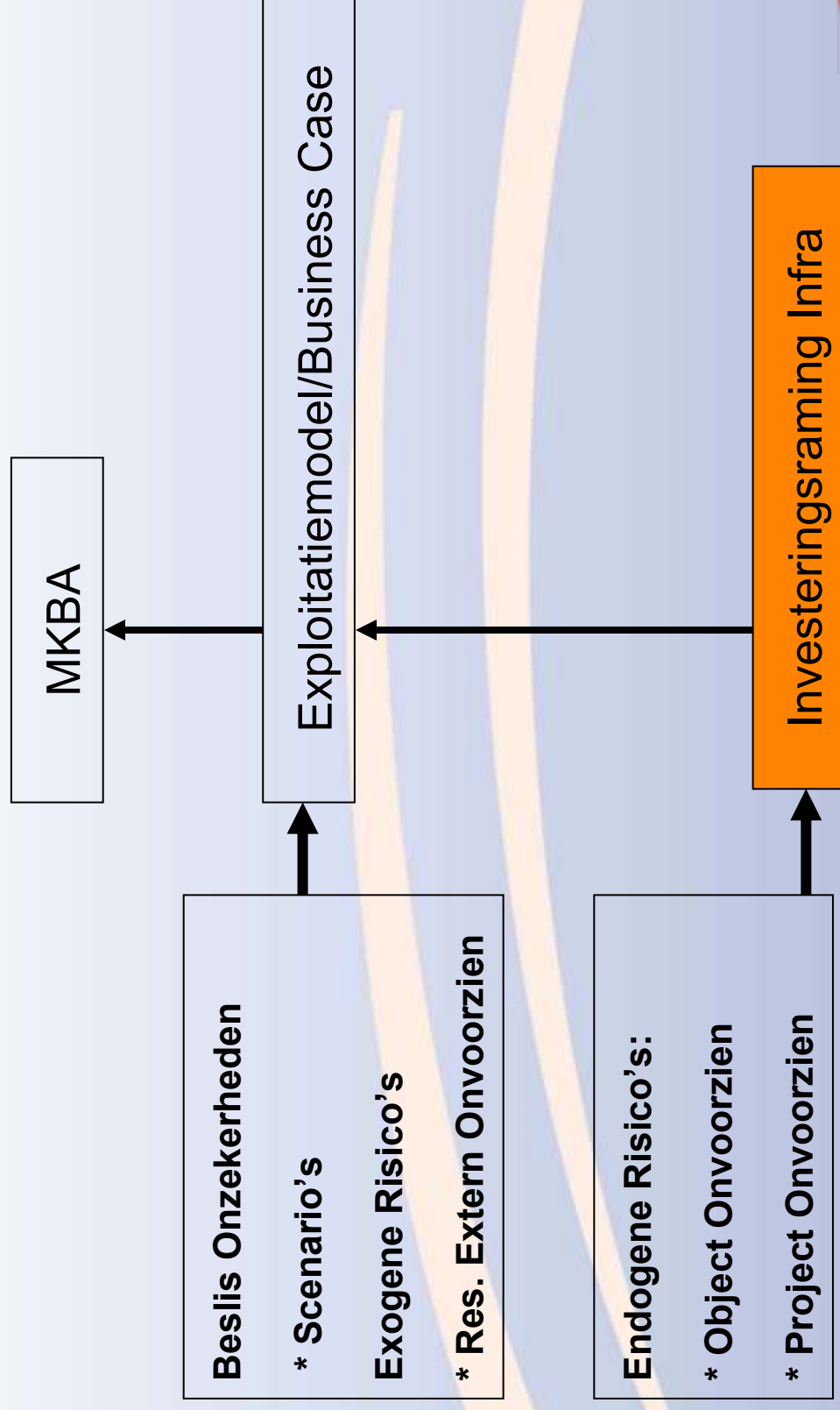
- **Beslisonzekerheden**
 - Variantenraming
- **Kennisonzekerheden**
 - Post NTD (Nader Te Detailleren) in Directe Kosten
 - Bandbreedte (>> advies tot Onzekerheidsreservering)
- **Toekomstonzekerheden**
 - Binnen Scope : Object Onvoorzien en Project Onvoorzien
 - Buiten Scope : Reserve Extern Onvoorzien

Onzekerheden en Risico's:

Voorbeelden HST-1

- **Beslisonzekerheden**
 - *Variantenraming* Scenario's Ketelmeerkruising
- **Kennisonzekerheden**
 - Post NTD Tegelpaden
 - Bandbreedte Hoogteligging kruisend viaduct
- **Toekomstonzekerheden**
 - Object Onvoorzien Grondgesteldheid
 - Project Onvoorzien Vergunningsprocedures/eisen
 - *Reserve Extern Onvoorzien* Regelgeving m.b.t. Geluid

Plaats van de Risico's in de ZZL-ramingen



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

Probabilistische Analyse (2)

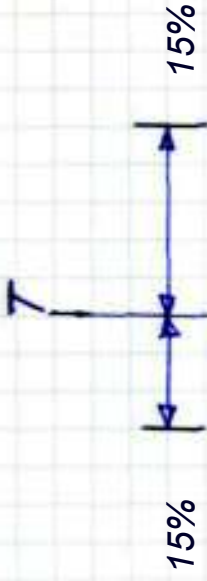
WENS

- Ministerie wenst Monte Carlo-analyse, met elke begrotingregel ingevoerd als L, T en U waarden van het geraamde bedrag.
- Software bijv. “Risiko Raming 1.1.4” of “Cristal Ball”

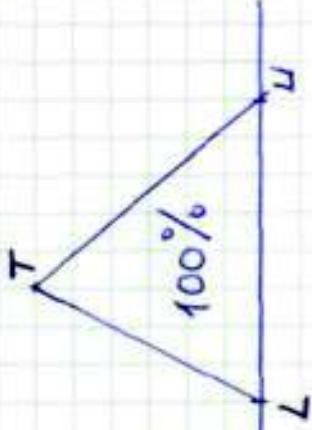
PRAKTIJK

- 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”)

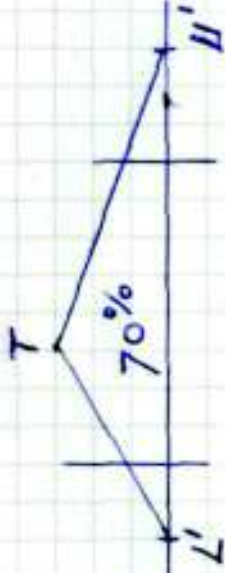
input



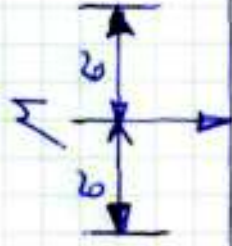
wens



formule



antwoord



→ scheefte ($M-T$)

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.

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

$$\text{met } x=(T-L)/(U-L)$$

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

$$\begin{aligned}\alpha L &= -0,364682 * x^2 + 0,784766 * x + 0,304304 \\ \alpha U &= -0,364682 * x^2 - 0,055403 * x + 0,724388\end{aligned}$$

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

Uitkomsten voor HST-1

Welk bedrag wordt gecommuniceerd?

- Hoe?
- Aan wie?

> DACE-thema vandaag

Analyse van prof. Bent Flyvbjerg (RCF = Reference Class Forecasting)

Flyvbjerg vergelijkt de ZZL met 68 soortgelijke projecten uit zijn database van 258 infrastructuur projecten in de wereld.

HOE?

- 100% = prognose tijdens go-moment
- $100 + x\%$ = kosten bij eindafrekening
- Uit deze 68 data berekende hij de Kansverdeling van x:
Gemiddelde: $x = +39\%$ (met Standaard Afwijking $x = +/- 46\%$)
- Conclusie: Uitkomst ZZL = $1,39 * \text{Raming ZZL (kans 50/50)}$
= $1,80 * \text{Raming ZZL (kans 81/9)}$

Vergelijking prijs per km uit database prof. Flyvbjerg

- *Madrid-Leida, €9mio/km*
- TGV Atlantique, €10mio/km
- TGV Méditerranée, €23mio/km
- ICE Frankfurt-Köln, €32mio/km
- Shinkansen-Thoku, €35mio/km
- Shinkansen-Joetsu, €41mio/km
- TGV Korea, €42mio/km
- Napels-Rome, € 44mio/km
- Shinkansen Hokuriku, €45mio/km
- TGV Taiwan, €48mio/km
- HSL-Zuid, €48mio/km
- *Kanaaltunnel, €71mio/km*

HST-1: € 33 mio/km

(verwachtingswaarde 4.084 mioE)

Gemiddelde (zonder Madrid en Kanaaltunnel): €36 mio/km

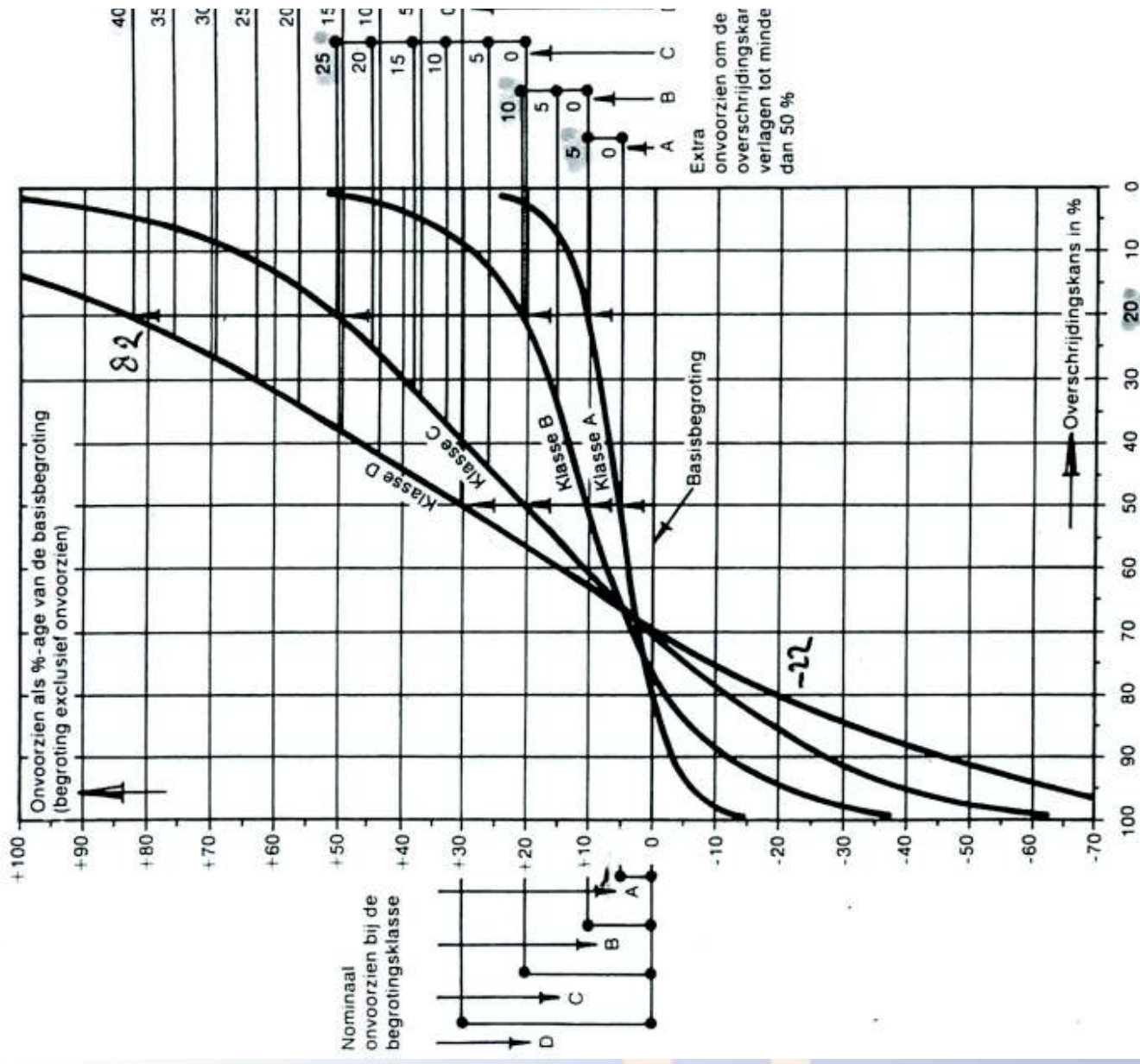
Flyvbjerg RCF-factor 1,39 is onafhankelijk van de uitkomst van de raming

- **Aanname Flyvbjerg:**
 - de ZZL-raming is niet van een andere kwaliteit dan de andere ramingen uit de database
 - zoals bij elk project in het verleden is er sprake van een "Optimism Bias"!
- **Feit:** Flyvbjerg's voorspelling is inclusief scope wijzigingen gedurende het project.
- **ZZL Investeringsraming is exclusief scope wijzigingen, maar ZZL Business Case houdt wel rekening met de Exogene risico's (kans op wijzigingen).**
- **Doel van de ZZL Structuurvisie studie was alles netjes, navolgbaar verantwoord, zonder "Optimism Bias"**

Door de RCF factor 1,39 toe te passen op de ZZL raming dreigt er een "Pessimism Bias"?

RCF en DACE

- Flybjerg onderbouwt een deterministische bandbreedte
- Werkwijze is volledig vergelijkbaar met DACE Handboek Cost Engineer (1989)



Figuur 3. Onvoorzien en over-/onderschrijdingskans op basis van historische gegevens.