

A network diagram showing a complex web of red and green lines representing roads or paths. The red lines are thicker and more prominent, while the green lines are thinner. The network is dense and interconnected, with many nodes and branches. A large black rectangular box is overlaid on the center of the image, containing text.

# CTB1420 Transport & Planning

## Verkeers- en vervoermodellen

Rob van Nes, Transport & Planning  
18-06-18

# Agenda presentatie

- Het hoe en wat van V&V modellen
- Vereenvoudigingen in V&V modellen
- 4-Fasenmodel
- Andere vormen van V&V modellen
- Na- en voorwerk

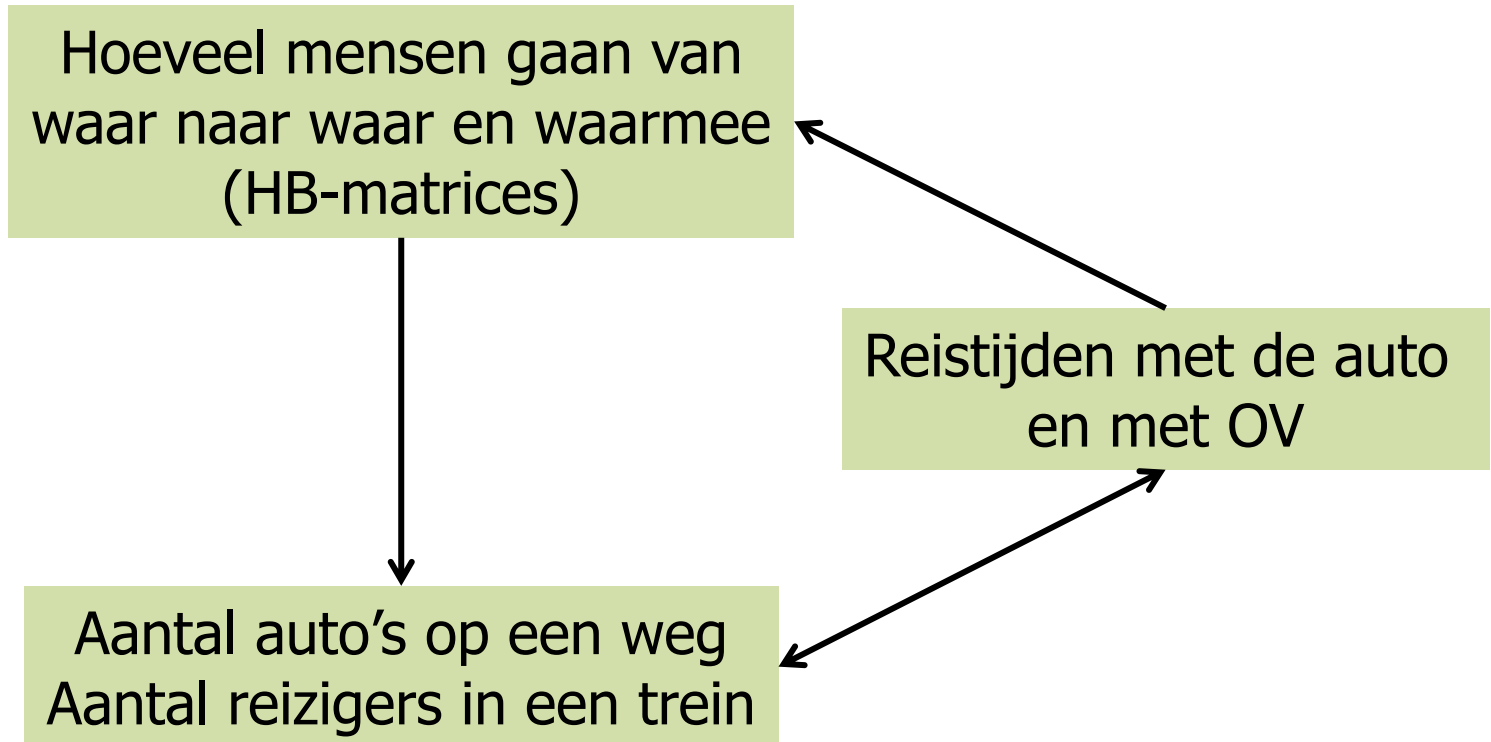
# 2.

---

*Hoe en wat van een V&V model*

---

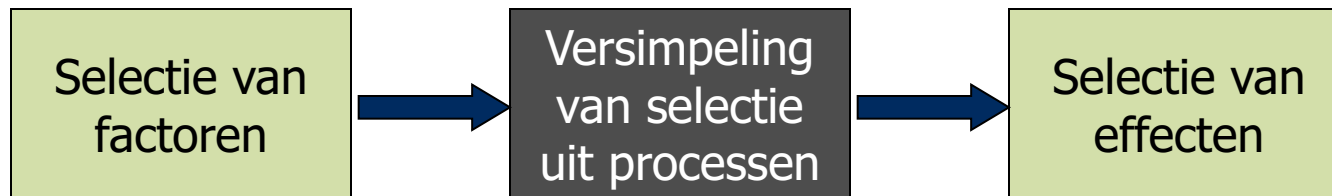
# Wat wil je weten?

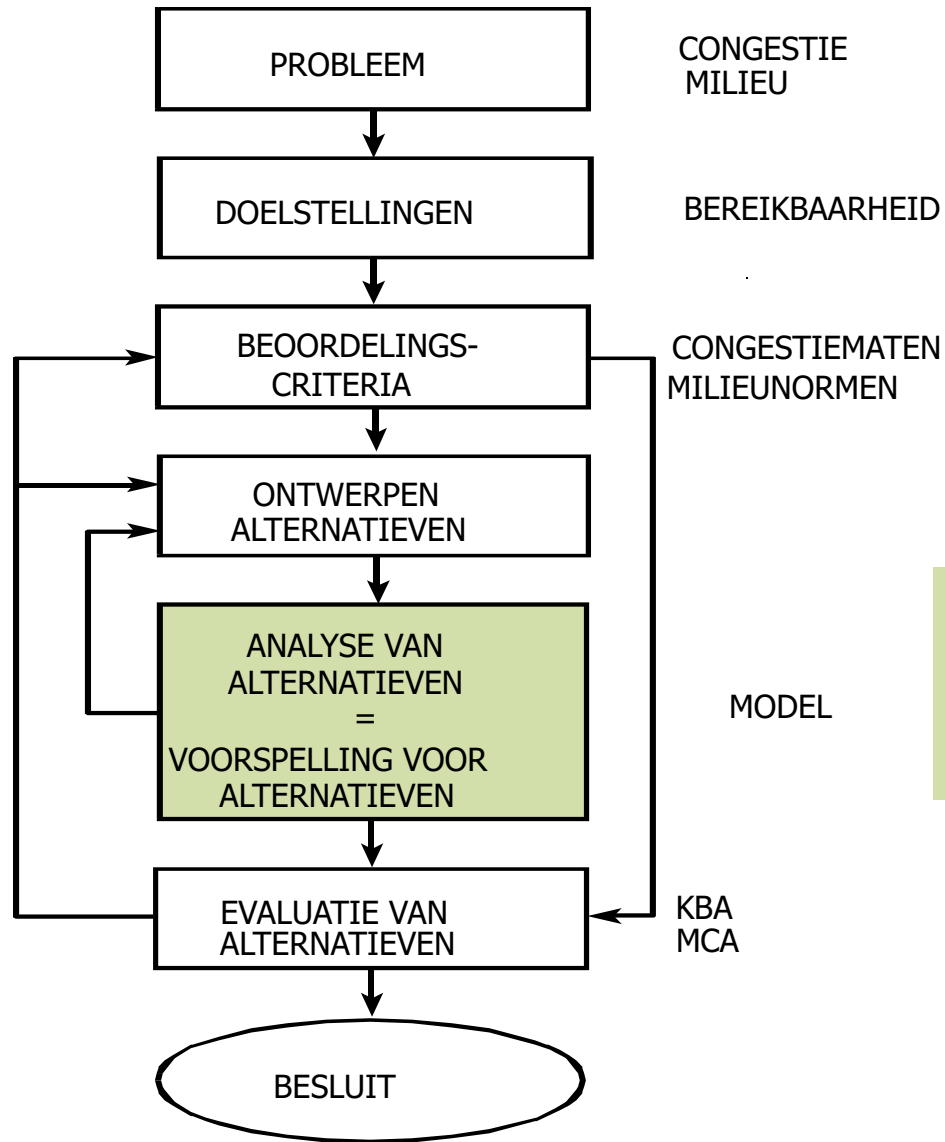


# OViN is niet genoeg

- Nederland: 17 miljoen inwoners  
=>  $17 * 2,7 = 46$  miljoen verplaatsingen per dag
- OViN: 110.000 verplaatsingen per jaar:  
=> wel erg kleine steekproef (2,4 promille)!
- En OViN zegt niets over de toekomst

# Essentie model





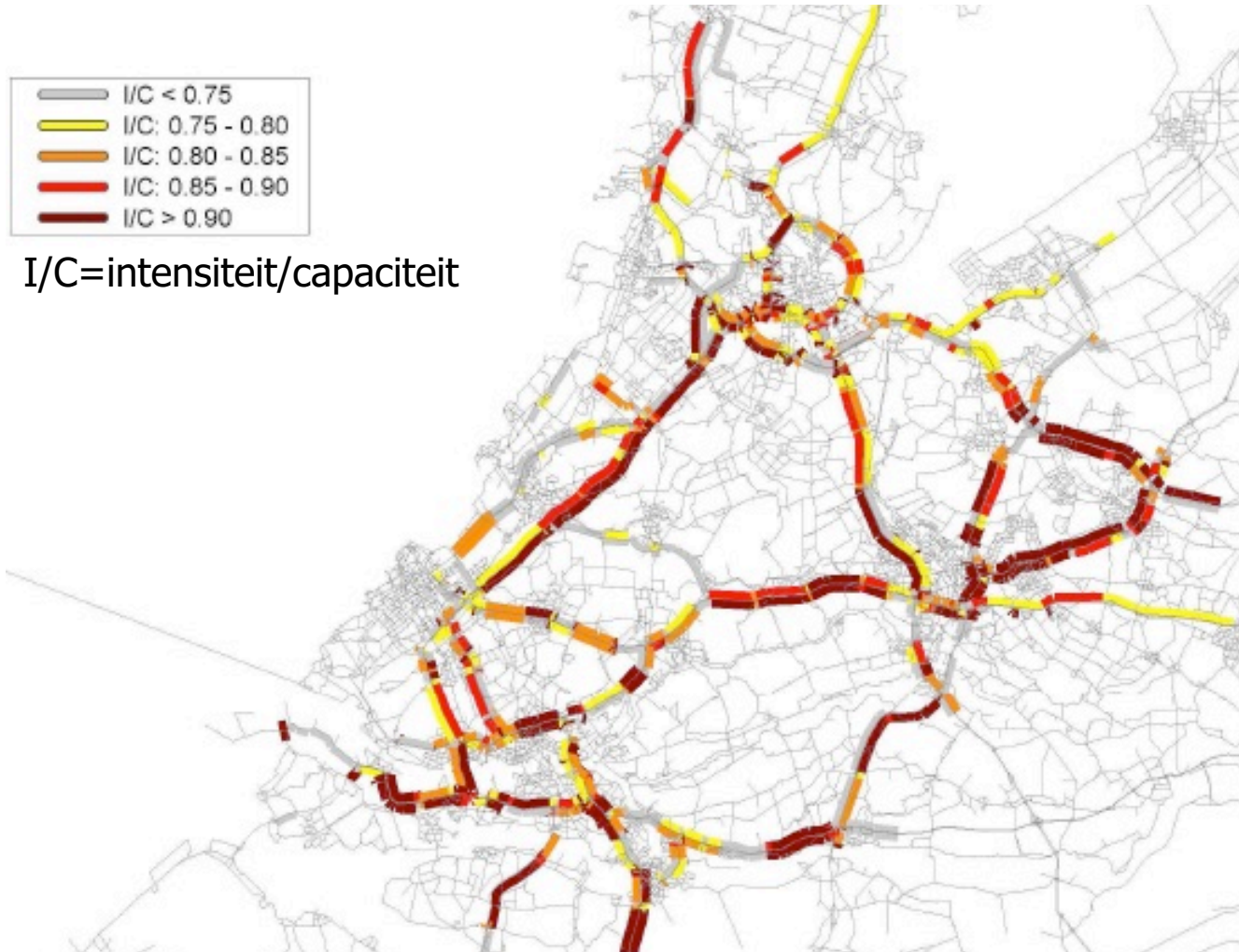
**Kernpunt:  
Vergelijken  
van varianten**

# Verschillen tussen varianten

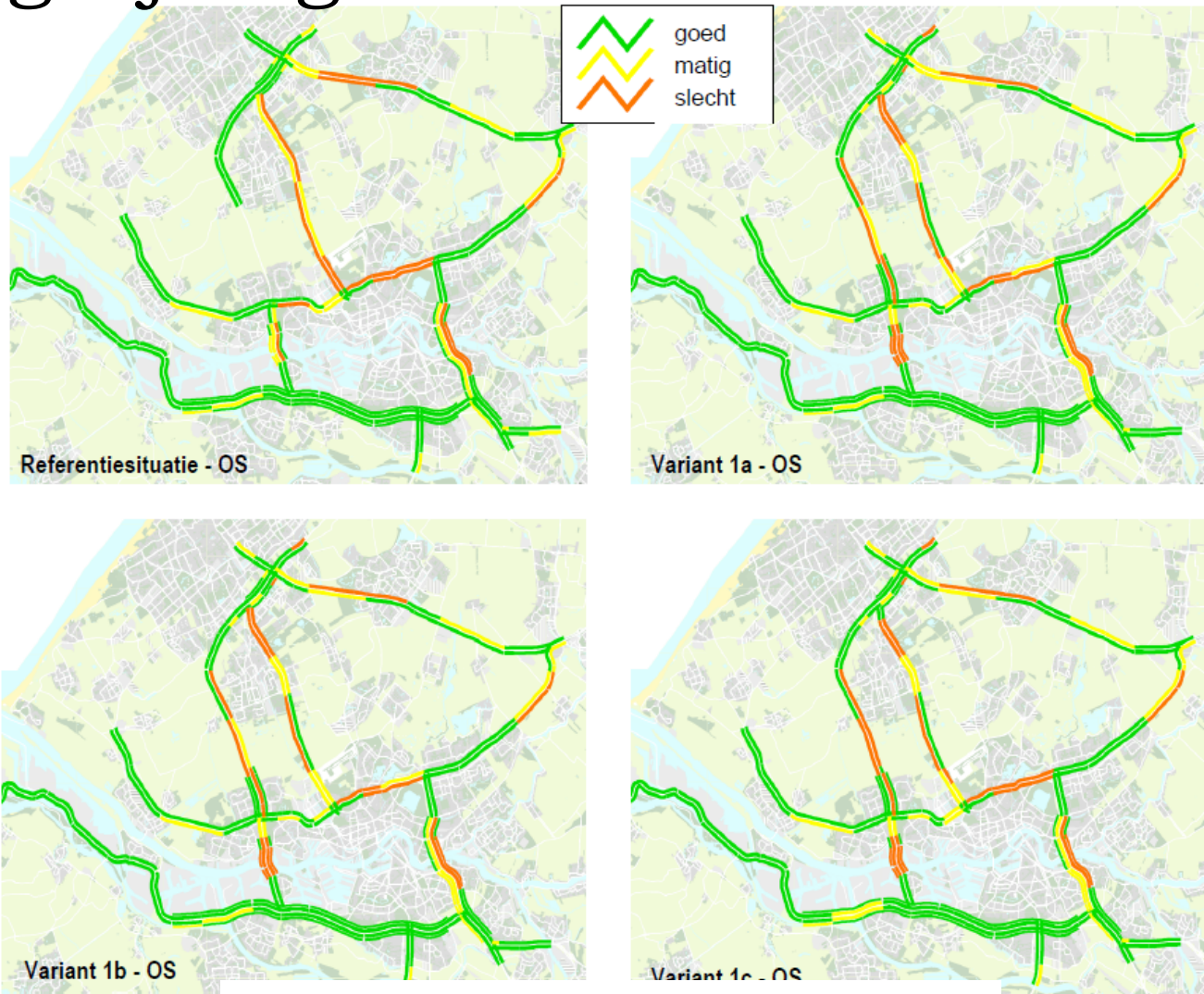




# Analyse: Intensiteiten



# Vergelijking varianten



<http://api.commissiemer.nl/docs/mer/p14/p1420/1420-328mer.pdf>

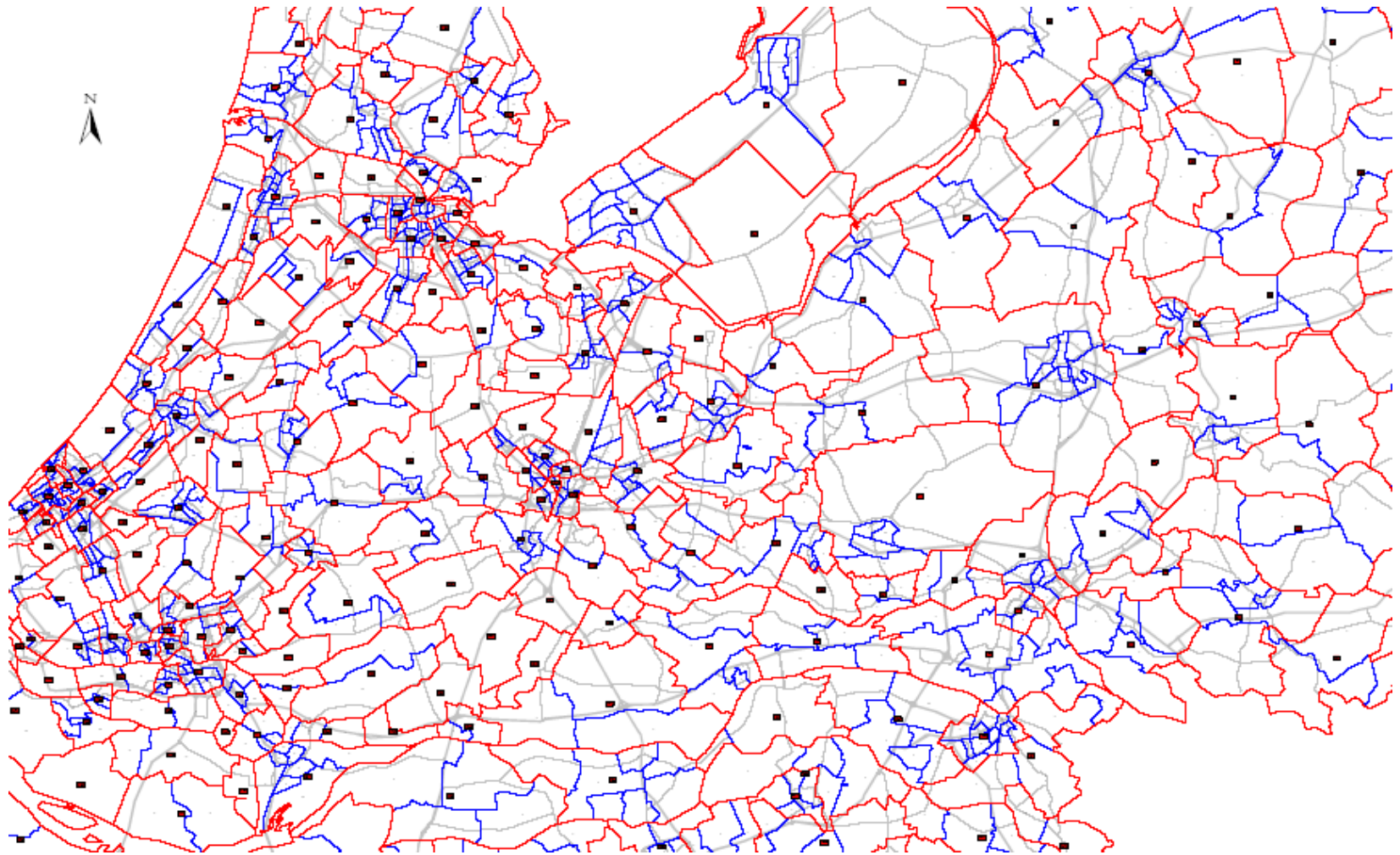
# 3.

---

## *Vereenvoudigingen in een V&V model*

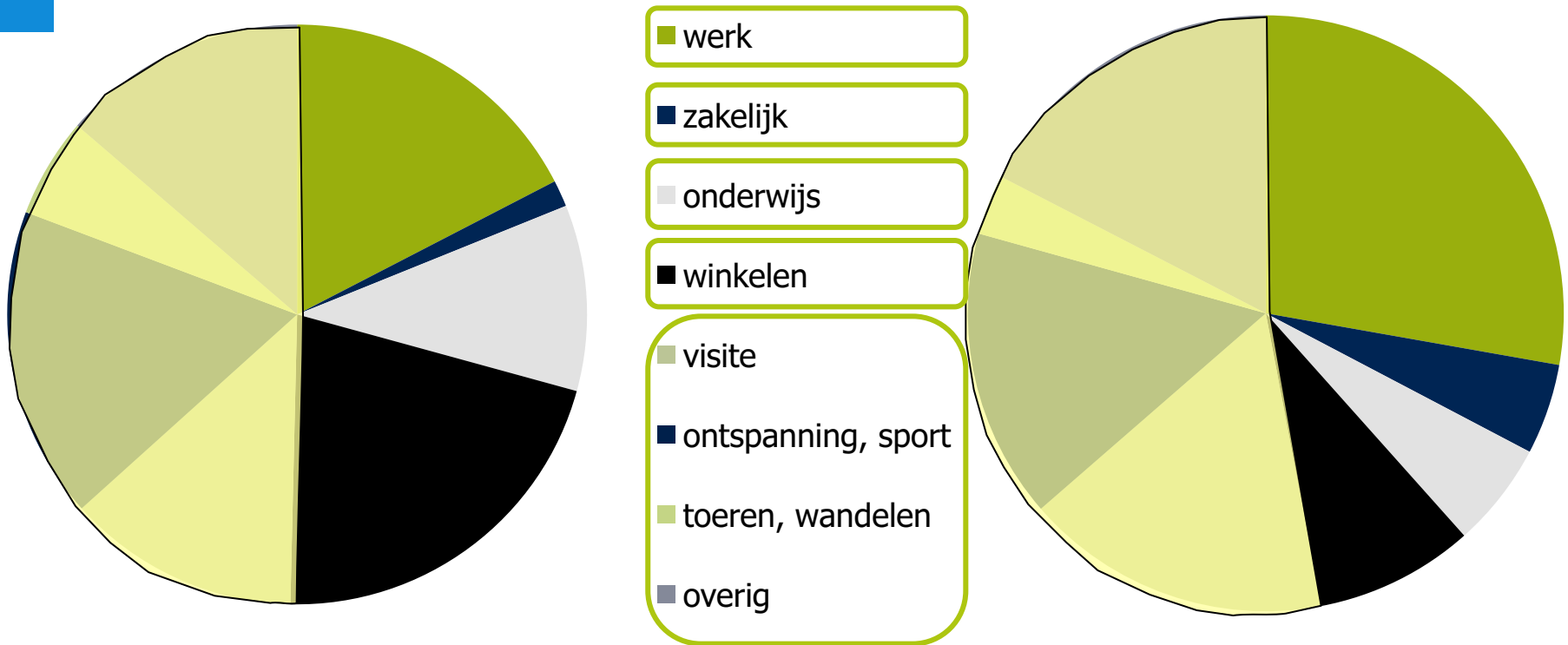
---

# Ruimtelijk: gebieden i.p.v. individuen



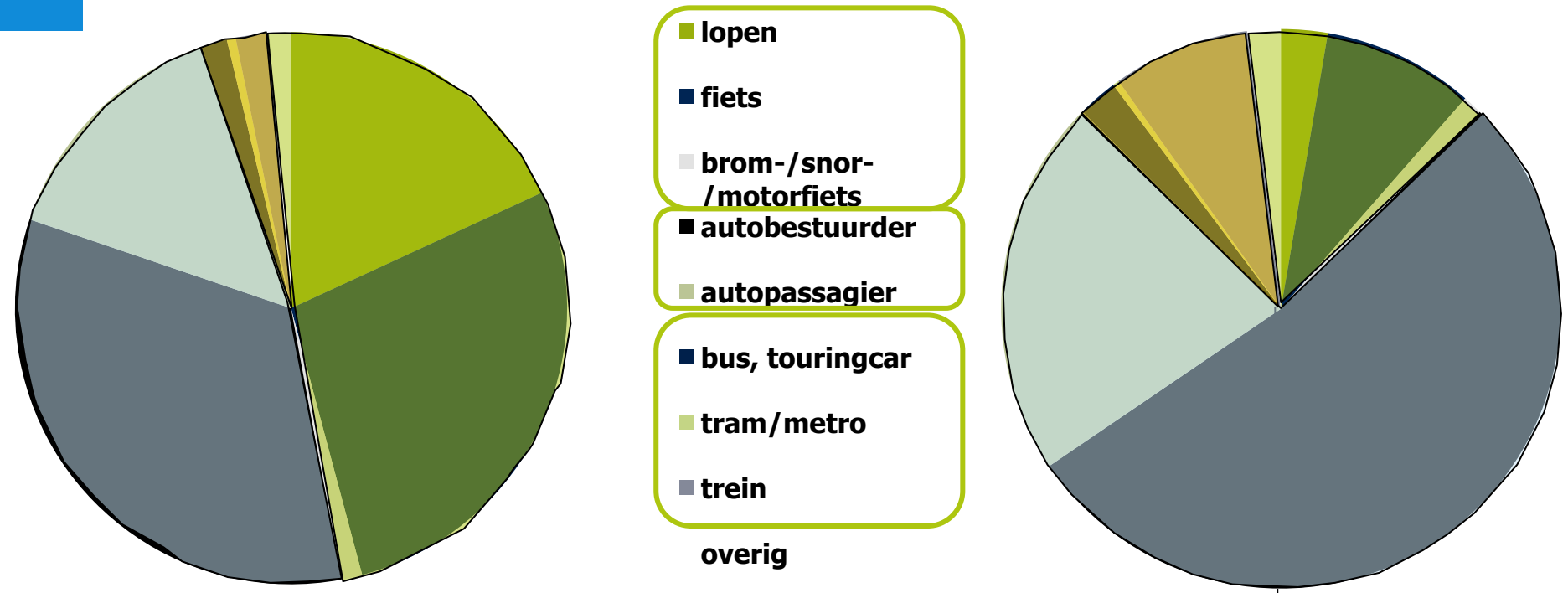
# Selectie van motieven

## Verplaatsingen en verplaatsingskilometers



# Selectie van vervoerwijzen

## Verplaatsingen en verplaatsingskilometers



# Keuze voor tijdsdimensie

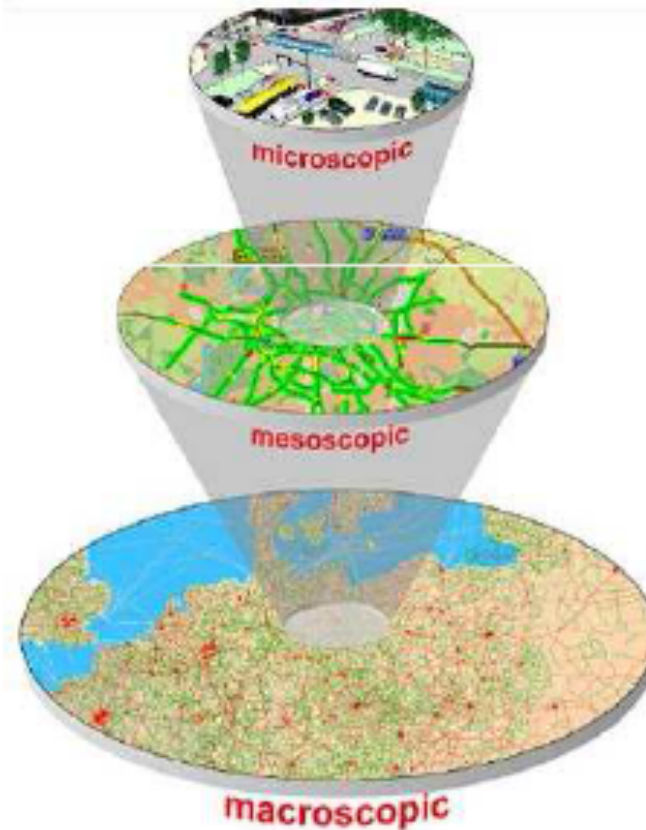
- Maatgevende periode voor een gemiddelde werkdag
  - Ochtendspitsuur/-periode
  - Avondspitsuur/-periode
  - Gemiddeld uur restdag

# Schaalniveau en modeltechniek

Operationeel

Tactisch

**Strategisch**





# Grootte van de modellen

Gemeentelijke modellen: honderd tot paar honderd zones  
(m.u.v. grote steden)

	# zones	# links	# telpunten
LMS	1.600	74.000	1.800
NRM Noord	2.900	100.000	1.900
NRM Oost	2.600	106.000	2.300
NRM West	3.500	130.000	2.900
NRM Zuid	3.200	120.000	2.300

Voor elk project 12 Herkomst-Bestemmingsmatrices

- Vrachtauto en personenauto (werk, zakelijk, overig)
- Ochtendspits, avondspits en etmaal

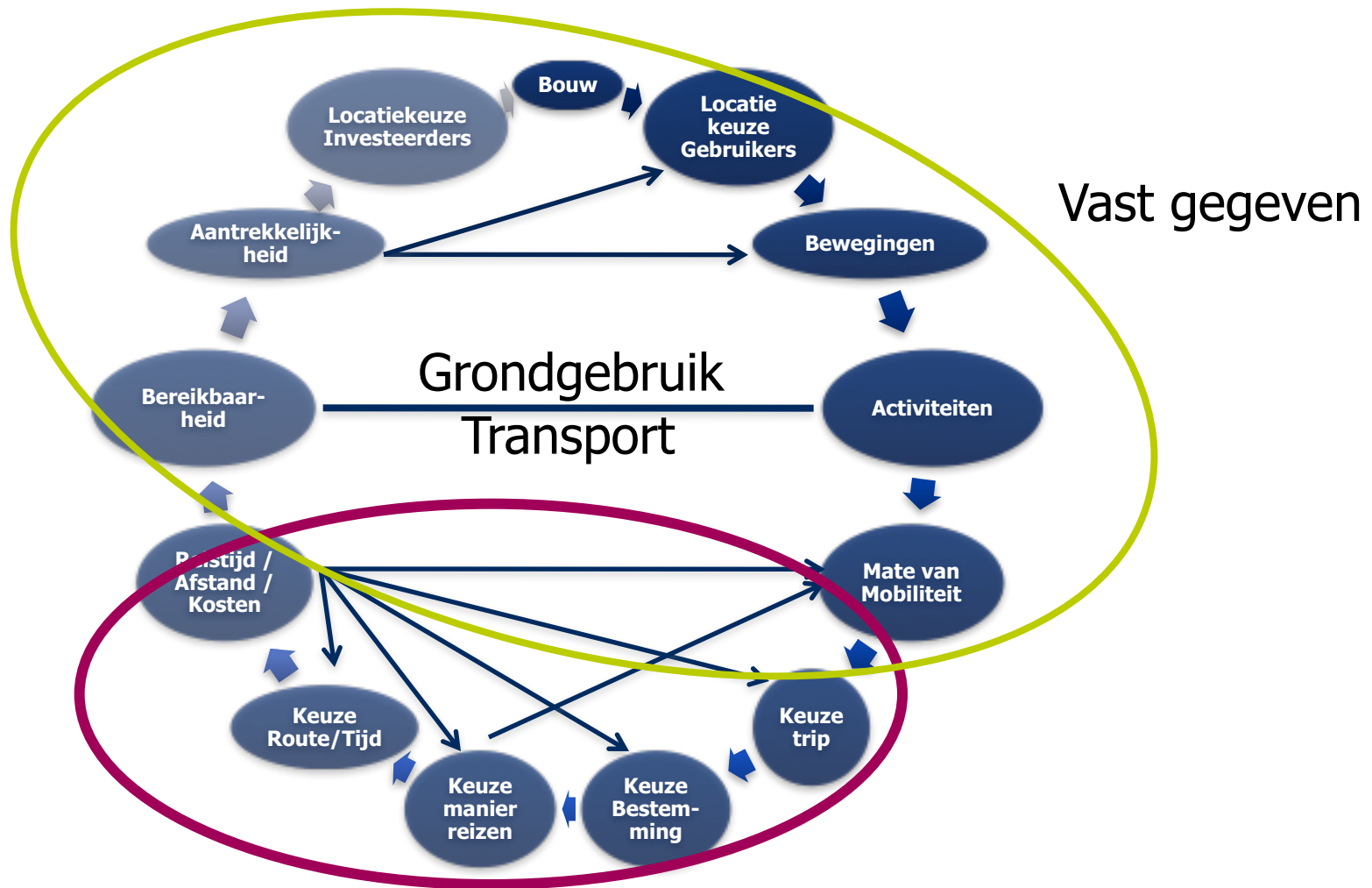
# 4.

---

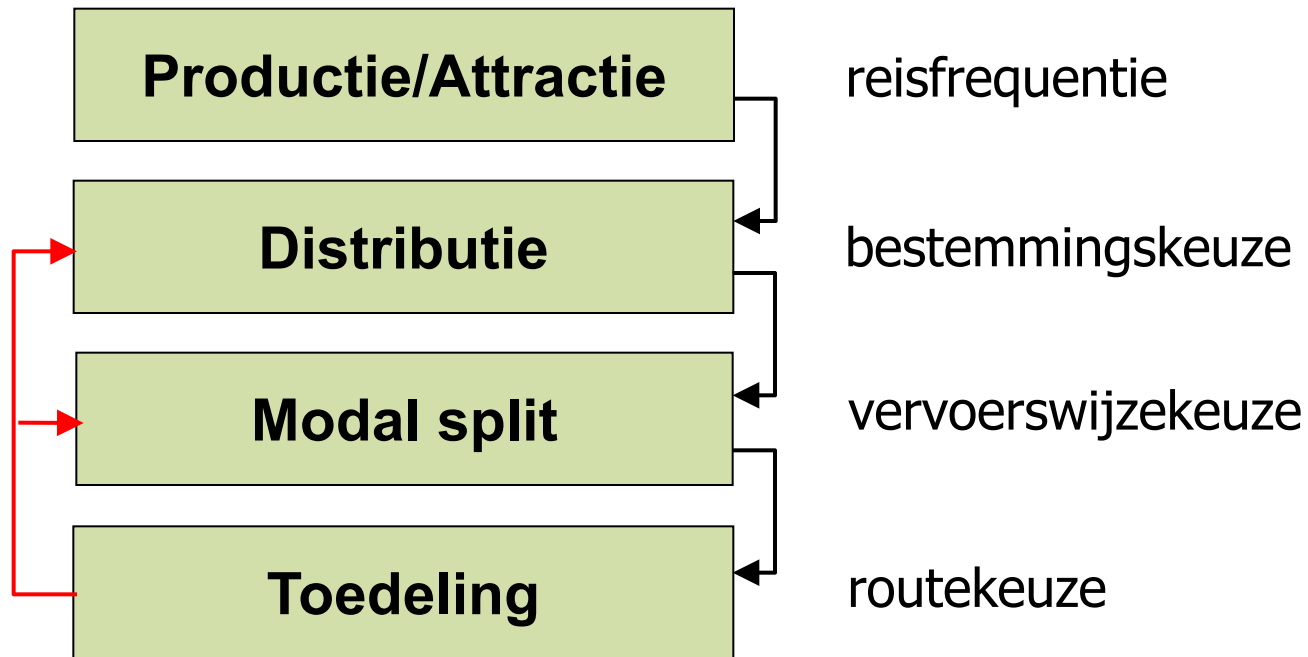
## *4 Fasenmodel*

---

# Verkeersmodel in de cirkel van Wegener



# Schema 4-fasenmodel

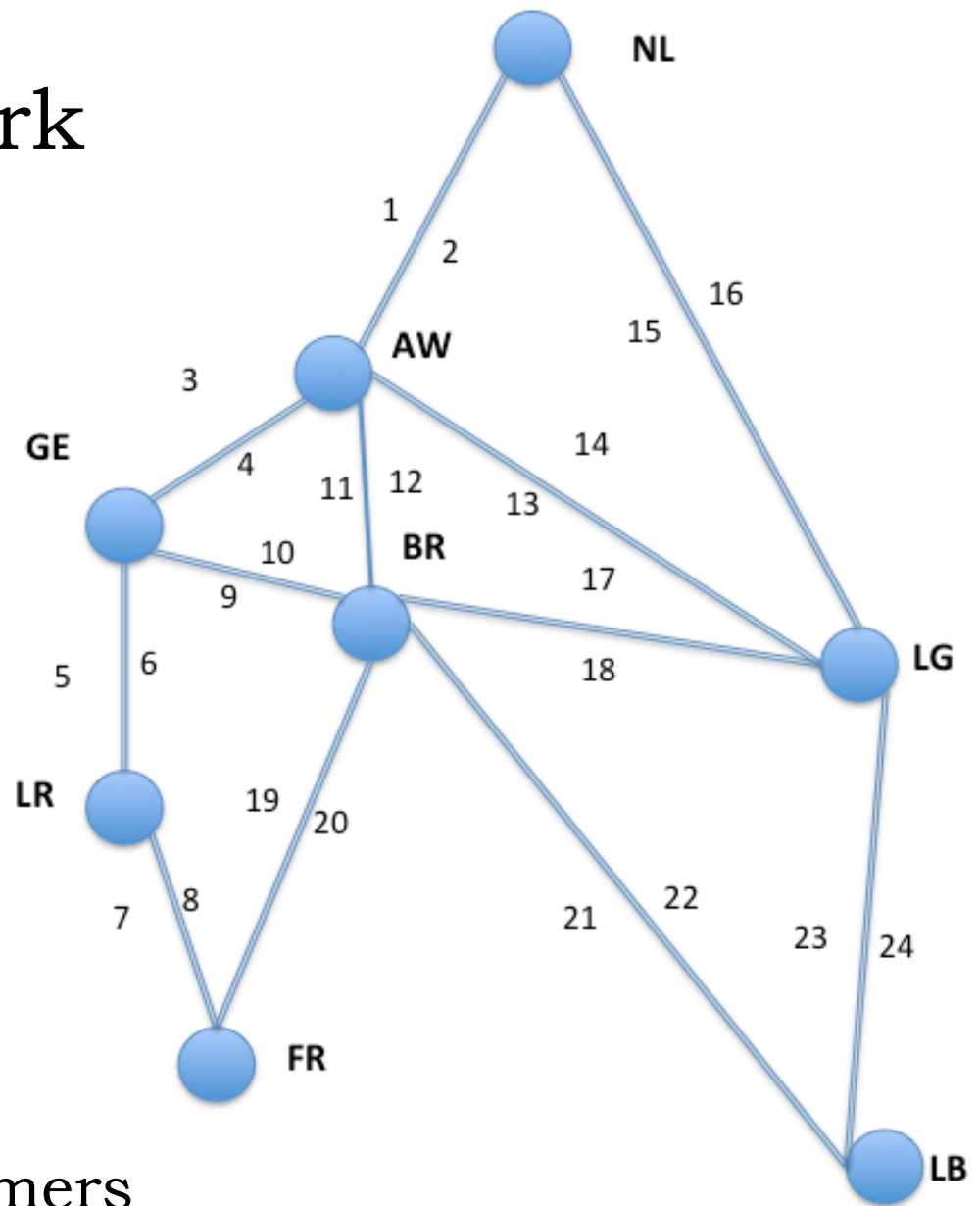


Waar hebben we het in deze 4 fasen over vervoer en waar over verkeer?

# 4-fasen model in woorden

- Productie en attractie
  - Berekent per zone hoeveel verplaatsingen er vertrekken c.q. aankomen
- Distributie
  - Verdeelt de verplaatsingen over de herkomsten en bestemmingen op basis van weerstandsgevoeligheid (productie en attractie is randvoorwaarde)
- Vervoerwijzekeuze
  - Verdeelt per herkomst en bestemming de verplaatsingen over de vervoerwijzen
- Toedeling
  - Deelt per vervoerwijze de verplaatsingen toe aan de relevante route(s)

# Voorbeeldnetwerk (zie spreadsheet)



zones en wegvaknummers

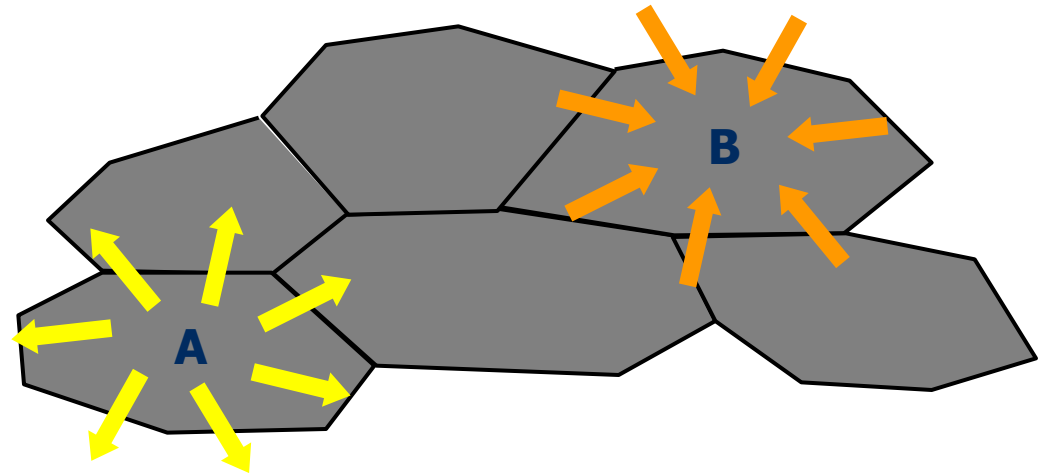
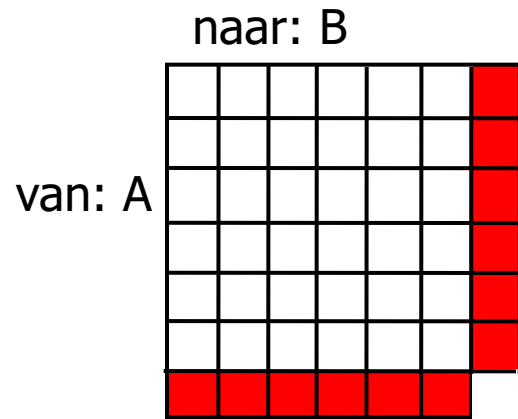
# 4.1.

---

## *Productie en attractie*

---

# Principe voor productie en attractie



Hoeveel verplaatsingen worden er gemaakt?

Productie:      Aantal verplaatsingen vanuit een zone

Attractie:      Aantal verplaatsingen naar een zone



# Basismodel productie en attractie

- Lineaire regressie
  - Formule voor totaal of per motief:  $0,9*ARB+0,9*BBV$
- Verklarende variabelen zijn bv.:
  - Aantal inwoners
  - Aantal huishoudens
  - Aantal arbeidsplaatsen
  - Aantal leerlingplaatsen
  - Vloeroppervlak winkels
- Alternatief
  - Op basis van huishoudkenmerken

Wat zijn geschikte variabelen voor productie in de avondspits?  
En voor attractie?

# Voorbeeld

## Productie en attractieberekening

Tabel uit dictaat

Alleen auto

	Etmaal			Aandeel autobestuurder		
	Huishoudgrootte	2.25	factor huishouden	6.5	0.32	
			factor banen	2.9		
	Inwoners	Banen	Huishoudens	Telcijfers	Productie	Productie autobestuurder
NL				37,000	-	-
AW	1,000,000	500,000	444,444		4,338,889	1,388,444
BR	1,200,000	550,000	533,333		5,061,667	1,619,733
GE	550,000	200,000	244,444		2,168,889	694,044
LG	700,000	250,000	311,111		2,747,222	879,111
LR	1,000,000	350,000	444,444		3,903,889	1,249,244
LB	500,000	250,000	222,222		2,169,444	694,222
FR				40,000	-	-

Randpunten zijn sneden op de snelweg

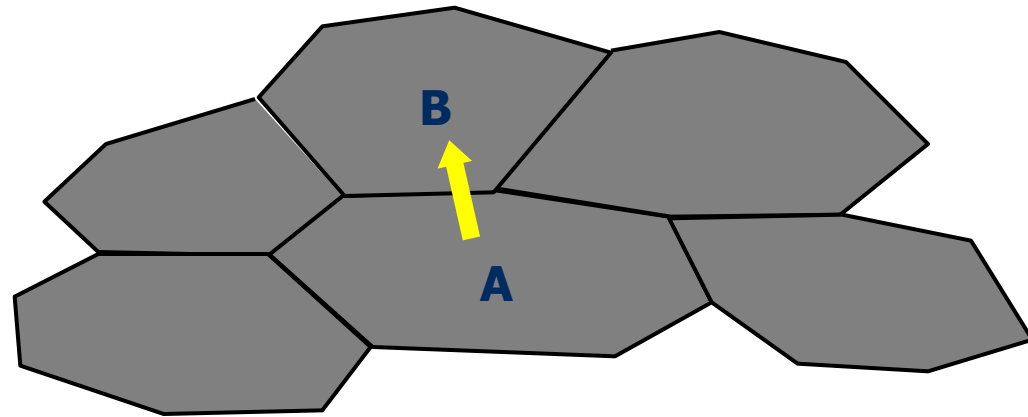
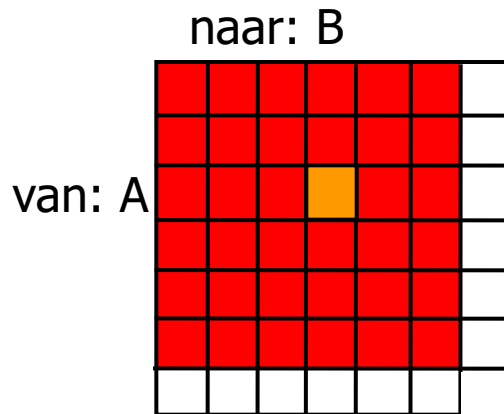
# 4.2.

---

## *Bestemmingskeuze*

---

# Bestemmingskeuze of distributie



Welke verplaatsingen gaan naar iedere bestemming?

# Basisprincipe distributiemodel

- Analogie zwaartekrachtmodel
- Generieke formulering
- Met randvoorwaarden



$$F_{ij} = \rho \cdot \frac{M_i \cdot M_j}{d_{ij}^2}$$

$$\Rightarrow P_{ij} = Q_i \cdot X_j \cdot F(z_{ij})$$

$$V_i = \sum_{j=1}^n P_{ij}$$

$$A_j = \sum_{i=1}^n P_{ij}$$

$V_i$  zijn de vertrekken

$A_i$  de aankomsten

$z_{ij}$  is de reistijd of reisafstand

$F$  is bijvoorbeeld  $1/z_{ij}^2$

# Wat hebben we dus nodig?

- $P_{ij}$  willen we berekenen
- $V_i$  weten we: productie
- $A_i$  weten we ook: attractie
- $z_{ij}$  moet worden bepaald
  - Google Maps
  - Met de hand
  - Met een routematrix
- $F$  (distributiefunctie) is geschat of nemen we aan
- $Q_i$  en  $X_j$  zijn dus tussenvariabelen
  
- NB Productie, attractie en distributiefunctie verschillen per motief

# Intermezzo: Routematrix

- Tabel met per herkomst-bestemmingsrelatie (HB) de links die in de route wordt gebruikt

Van	Naar	Link 1	Link 2	Link 3	Link 4	Link 5	Link 6	Link 7
1	2	1	1	1				
1	3	1			1			1
1	4	1	1			1	1	

- Door per HB-paar de regel te vermenigvuldigen met de linktijden krijg je de route reistijd (in Excel: somproduct())
- Door per link de kolom te vermenigvuldigen met de verplaatsingen per HB-paar krijg je het gebruik van de link

# Voorbeeld zwaartekrachtmodel (1/4)

Reistijden auto

	NL	AW	BR	GE	LG	LR	LB	FR
NL	999999	90	140	140	120	200	220	260
AW	90	15	50	50	90	110	170	170
BR	140	50	25	50	80	110	120	120
GE	140	50	50	15	130	60	170	120
LG	120	90	80	130	15	190	100	200
LR	200	110	110	60	190	15	230	60
LB	220	170	120	170	100	230	15	240
FR	260	170	120	120	200	60	240	999999

Intrazonaal is een aanname

Distributiefunctie  $10000/tijd^2$

	NL	AW	BR	GE	LG	LR	LB	FR
NL	0.000	1.235	0.510	0.510	0.694	0.250	0.207	0.148
AW	1.235	44.444	4.000	4.000	1.235	0.826	0.346	0.346
BR	0.510	4.000	16.000	4.000	1.563	0.826	0.694	0.694
GE	0.510	4.000	4.000	44.444	0.592	2.778	0.346	0.694
LG	0.694	1.235	1.563	0.592	44.444	0.277	1.000	0.250
LR	0.250	0.826	0.826	2.778	0.277	44.444	0.189	2.778
LB	0.207	0.346	0.694	0.346	1.000	0.189	44.444	0.174
FR	0.148	0.346	0.694	0.694	0.250	2.778	0.174	0.000

!!



# Voorbeeld (2/4)

- Verdeel per herkomst de vertrekken over de regel
  - bv. Som regel AW is 56,432, productie was 1388444  
Vermenigvuldig regel met 1388444/56,432

	NL	AW	BR	GE	LG	LR	LB	FR	
NL	0	12,853	5,312	5,312	7,230	2,603	2,151	1,540	<b>37,000</b>
AW	30,375	1,093,503	98,415	98,415	30,375	20,334	8,513	8,513	<b>1,388,444</b>
BR	29,214	229,034	916,137	229,034	89,467	47,321	39,763	39,763	<b>1,619,733</b>
GE	6,173	48,395	48,395	537,726	7,159	33,608	4,186	8,402	<b>694,044</b>
LG	12,197	21,683	27,442	10,392	780,578	4,865	17,563	4,391	<b>879,111</b>
LR	5,964	19,715	19,715	66,263	6,608	1,060,208	4,509	66,263	<b>1,249,244</b>
LB	3,026	5,068	10,171	5,068	14,646	2,769	650,932	2,543	<b>694,222</b>
FR	1,164	2,722	5,464	5,464	1,967	21,854	1,366	0	<b>40,000</b>
<b>Totaal</b>	<b>88,112</b>	<b>1,432,973</b>	<b>1,131,051</b>	<b>957,674</b>	<b>938,030</b>	<b>1,193,561</b>	<b>728,985</b>	<b>131,415</b>	<b>6,601,800</b>

- Corrigeer vervolgens de kolommen voor de attractie
  - bv. Som kolom AW 1432973, attractie was 1388444  
Vermenigvuldig kolom met 1388444/1432973
- Herhaal tot correcties minimaal zijn

# Voorb

		→ $j$				
	$F(z_{ij})$					<i>Som rij i</i>
↓ $i$						

→  $j$        $Factor Q_i(it_{1a}) = V_i / Som\ rij\ i$

	$Q_i(it_{1a}) \cdot F(z_{ij})$	$P_{ij}(it_{1a})$			
↓ $i$					

<i>Som kolom j</i>				
--------------------	--	--	--	--

→  $j$        $Factor X_j(it_{1b}) = A_j / Som\ kolom\ j$

	$X_j(it_{1b}) \cdot P_{ij}(it_{1a})$	$P_{ij}(it_{1b})$				<i>Som rij i</i>
↓ $i$						

# Voorbeeld (3/4)

- Resultaat na 15 iteraties (per iteratie correctie voor vertrekken en aankomsten)

	NL	AW	BR	GE	LG	LR	LB	FR	
NL	0	13,033	9,459	3,491	6,160	2,672	1,706	488	<b>37,008</b>
AW	13,076	1,086,087	171,668	63,351	25,352	20,445	6,613	2,645	<b>1,389,236</b>
BR	9,473	171,361	1,203,801	111,060	56,250	35,842	23,265	9,305	<b>1,620,358</b>
GE	3,502	63,345	111,250	456,163	7,874	44,533	4,285	3,440	<b>694,392</b>
LG	6,130	25,145	55,891	7,811	760,683	5,712	15,928	1,593	<b>878,893</b>
LR	2,685	20,481	35,970	44,616	5,769	1,115,047	3,664	21,532	<b>1,249,765</b>
LB	1,643	6,349	22,378	4,115	15,418	3,511	637,724	996	<b>692,135</b>
FR	490	2,643	9,317	3,438	1,605	21,482	1,037	0	<b>40,013</b>
Totaal	<b>37,000</b>	<b>1,388,444</b>	<b>1,619,733</b>	<b>694,044</b>	<b>879,111</b>	<b>1,249,244</b>	<b>694,222</b>	<b>40,000</b>	<b>6,601,800</b>

Net als bij het Lowry-model stop je als het resultaat niet veel meer verandert

Deze etmaal matrix is redelijk symmetrisch!

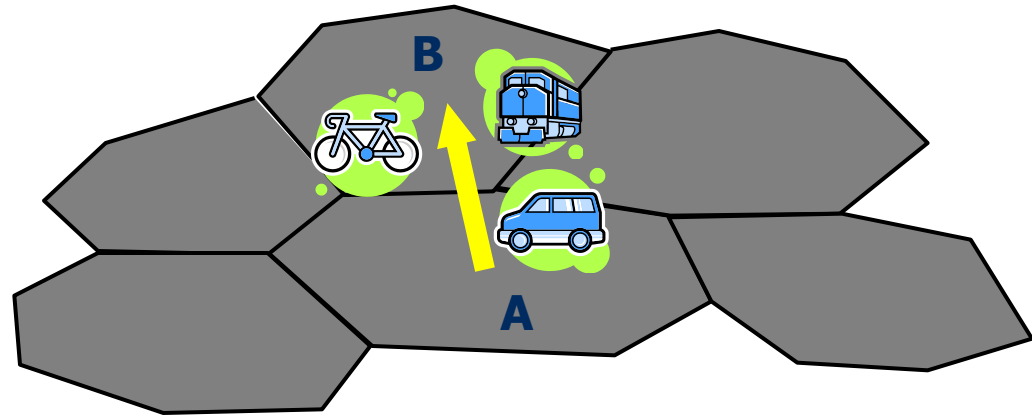
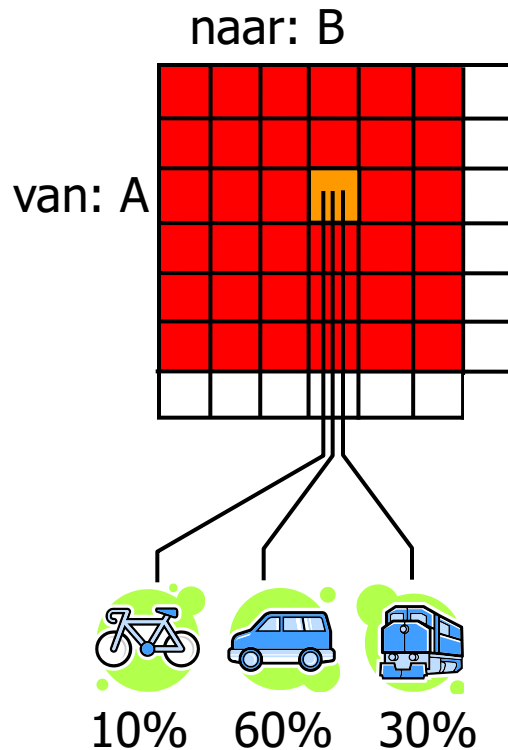
# 4.3.

---

## *Vervoerwijzekeuze*

---

# Vervoerwijzekeuze of modal split

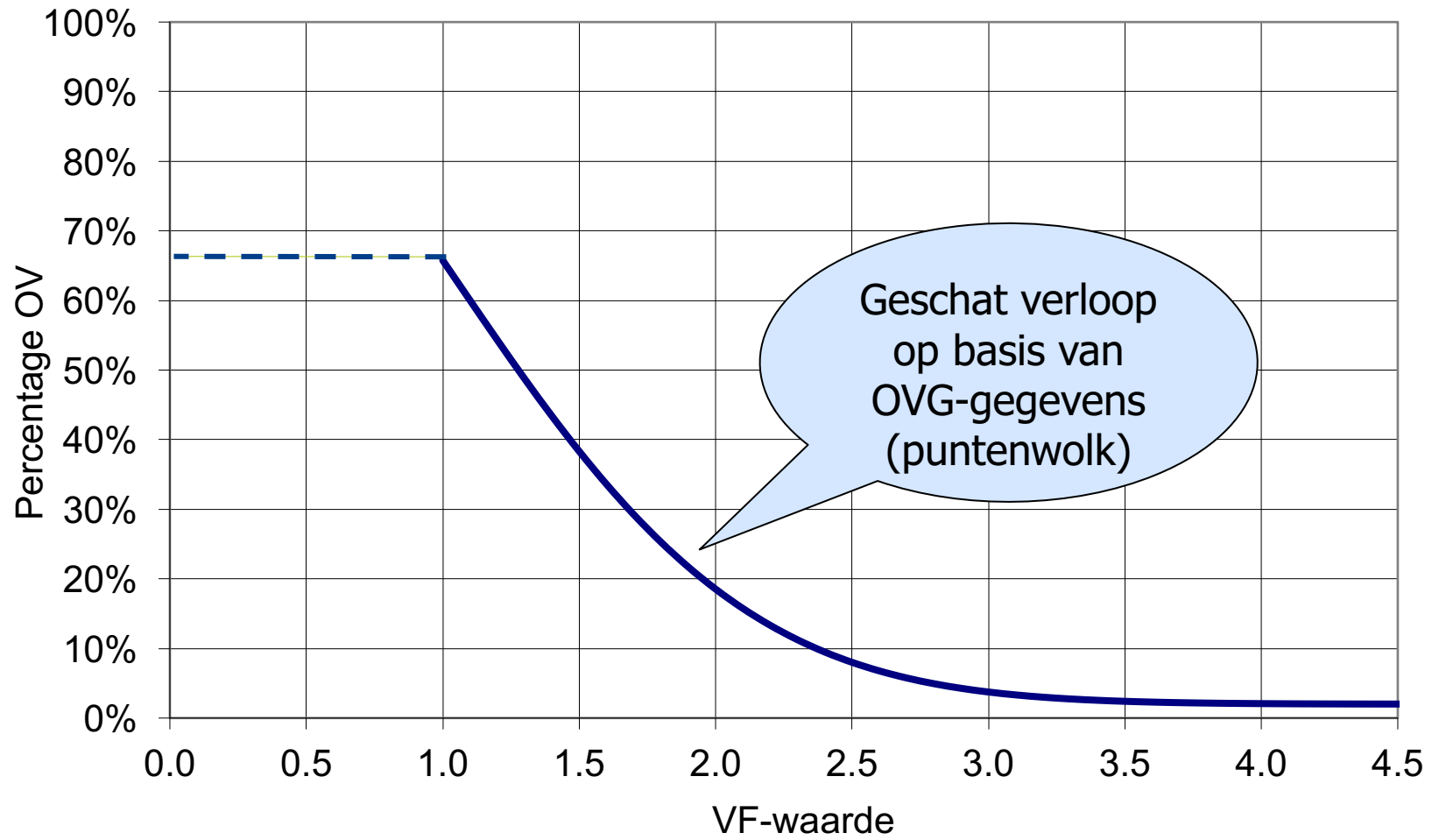


Welke vervoermiddelen worden gekozen?

# Voorbeeld (?)

- Voorbeeld is model voor auto: dus geen vervoerwijzekeuze meer nodig
- Wil je wel vervoerwijzekeuze meenemen, dan kan je bij distributie niet de distributiefunctiewaarden voor de auto gebruiken, maar de som van de distributiefunctiewaarden voor de gebruikte vervoerwijzen
  - Aandeel per vervoerwijze bereken je dan met 
$$P_{ijv} = \frac{F_v(Z_{ijv})}{F_{ij}} = \frac{F_v(Z_{ijv})}{\sum_w F_w(Z_{ijw})}$$
- Vervoerwijzekeuze kan je ook apart modelleren met VF-functie
- Let op: als je bv. auto, OV en langzaam verkeer onderscheidt, dan moet je voor de vertaling naar auto's ook rekening houden met de autobezetting!

# VF-curve (VF=reistijd OV/Reistijd auto)



# 4.4.

---

## *Toedeling aan het netwerk*

---



# Toedeling

- We weten de HB-matrix (distributiemodel)
- We hebben een netwerk
- Wat zijn nu de intensiteiten op de wegvakken?
- Simpel model: iedereen kiest snelste route

# Voorbeeld (1 / 3)

Wegvak

Tijd

Intensiteit in 1 richting

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tijd	90	90	50	50	60	60	60	60	50	50	50
Intensiteit in 1 richting	29.537	29.607	91.525	91.581	117.722	118.190	26.539	26.487	168.812	168.051	187.358

Van

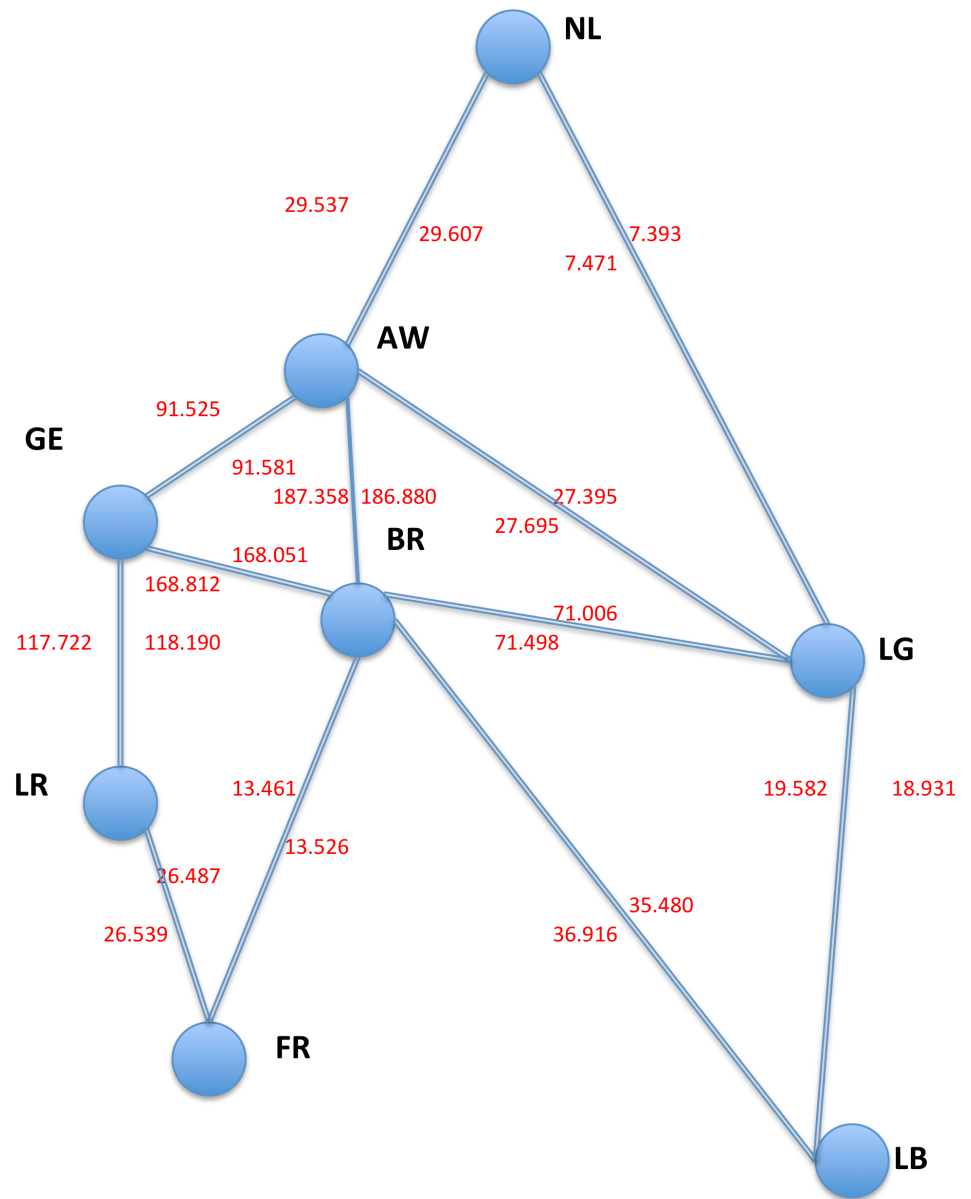
NL

Naar

Resultaat iterā Toekenning aan route met logitmodel

Van	Naar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
NL	NL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	AW	13.033	13.033	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	BR	9.459	9.459	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	GE	3.491	3.491	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	LG	6.160	6.160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LR	2.672	2.672	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
	LB	1.706	395	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	LB 2		1.311	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FR	488	244	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
	FR 2		244	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
AW	NL	13.076	13.076	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	AW	1.086.087	1.086.087	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	BR	171.668	171.668	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	GE	63.351	63.351	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	LG	25.352	25.352	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LR	20.445	20.445	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
	LB	6.613	2.343	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LB 2		4.269	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	FR	2.645	1.322	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
	FR 2		1.322	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
BR	NL	9.473	9.473	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	AW	171.361	171.361	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	BR	1.203.801	1.203.801	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GE	111.060	111.060	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

# Voorbeeld (2/)



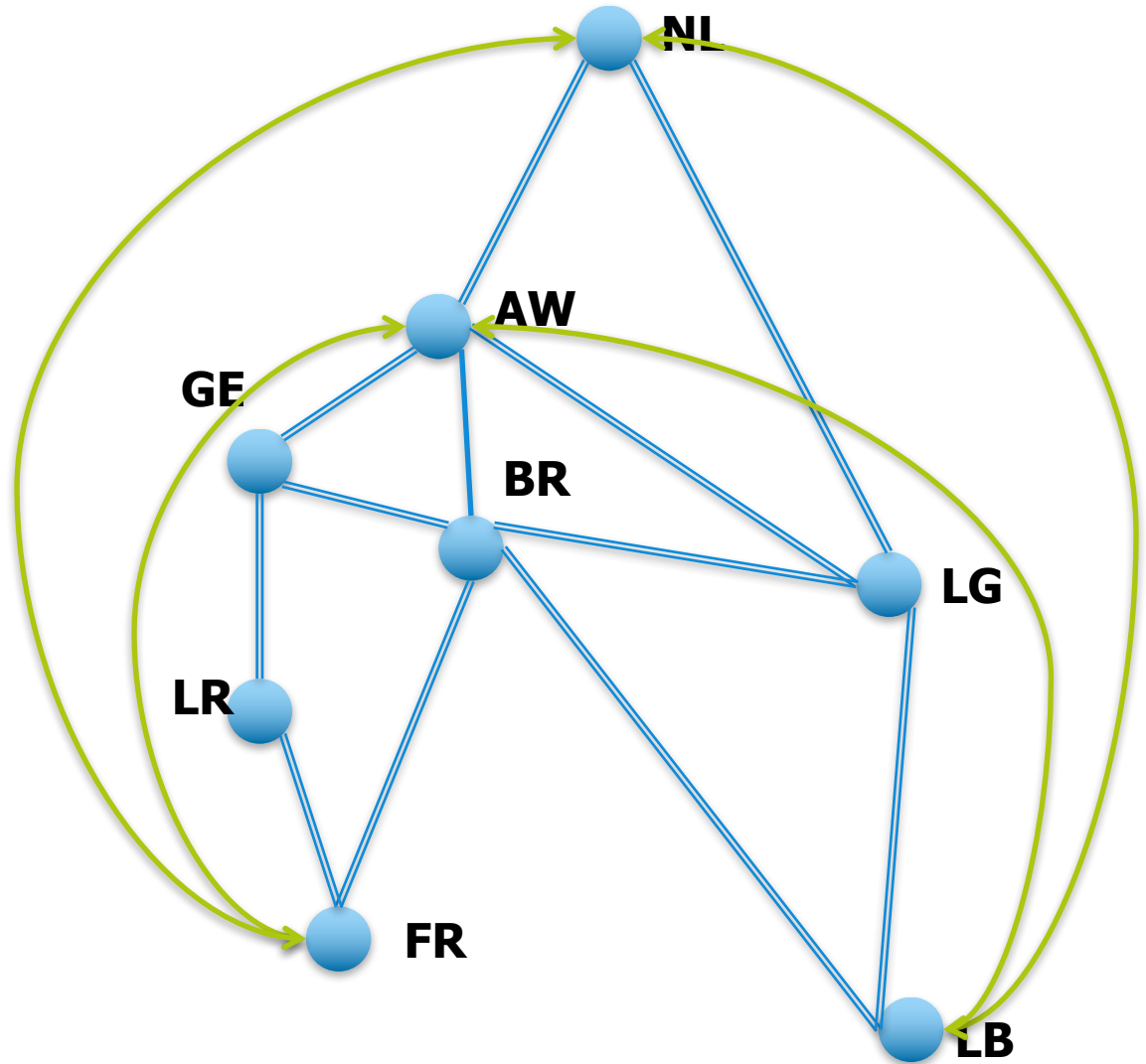
# Voorbeeld (3 / 3)

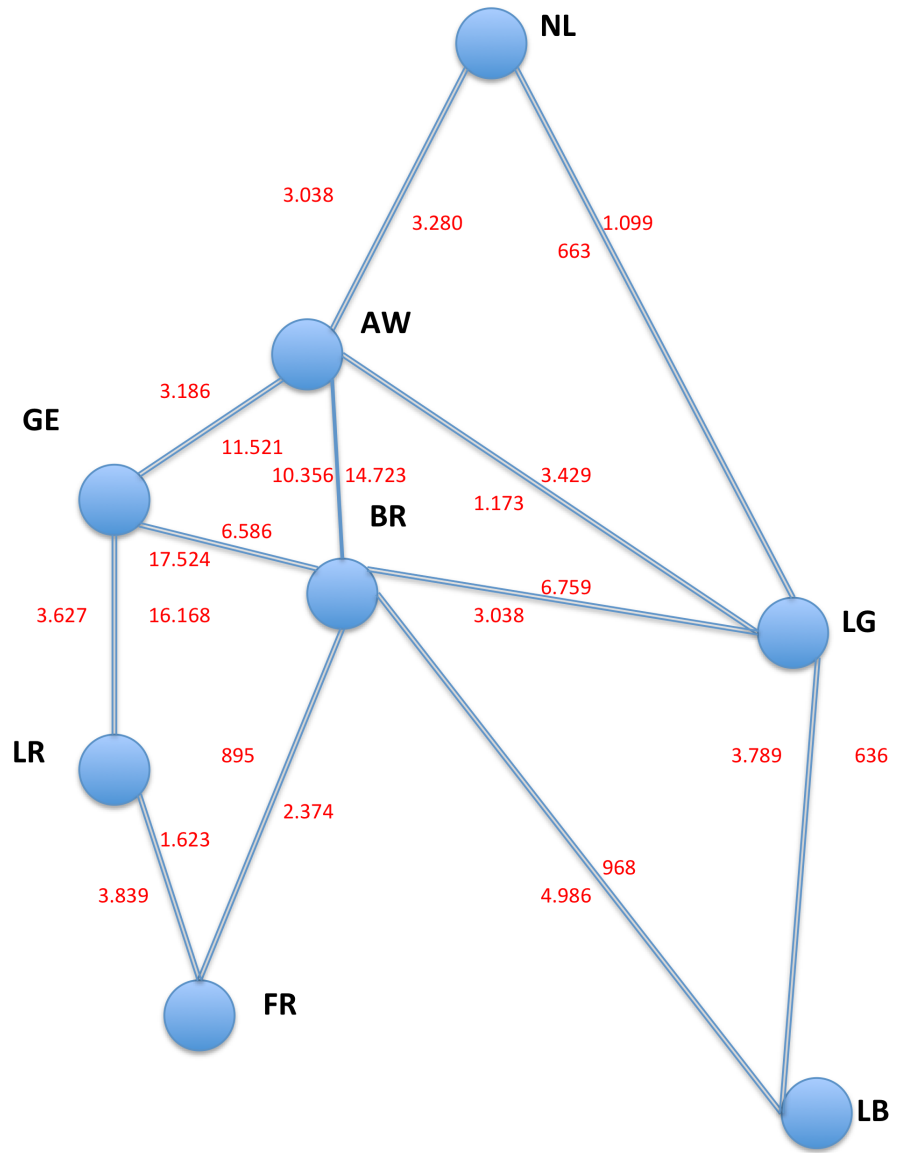
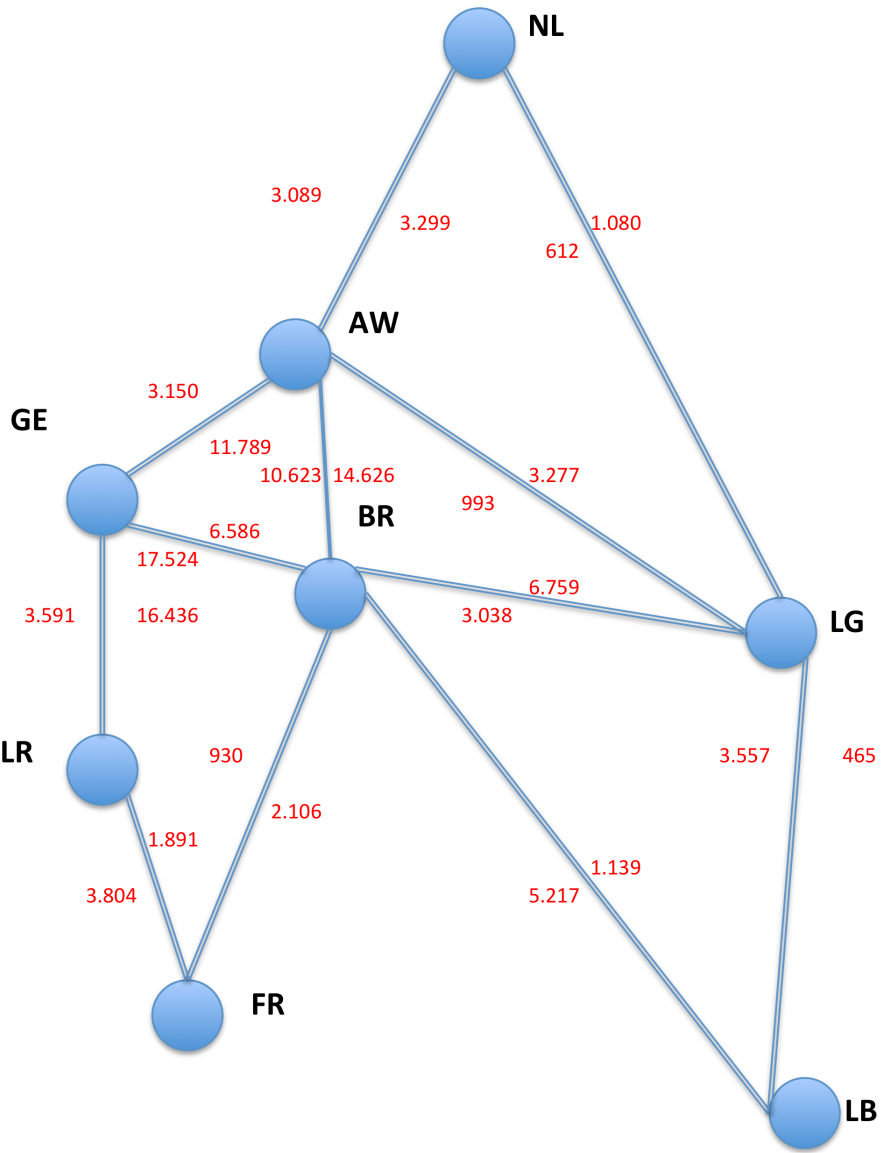
- Is het resultaat nu goed?
  - Waarop toetsen?
- Zo nee, model aanpassen (kalibreren) of verbeteren
  - Andere parameters distributiefunctie  $F$  (bv.  $1/z_{ij}$ )
  - Ander aanname intrazonale weerstand
  - Andere toedelingstechniek
    - Meer routes per HB-paar
    - Rekening houden met capaciteit (bij spitsuurmodellen!)
      - Statisch  $\longrightarrow t(q) = t_{ff} \cdot \left( 1 + \alpha \left( \frac{q}{cap} \right)^\beta \right)$
      - Dynamisch
  - Of HB-matrix zelf aanpassen

# Opties voor meer routes

In de spreadsheet met een logit-model verwerkt

Ook relevant bij capaciteitseffecten (apart in tweede spreadsheet)



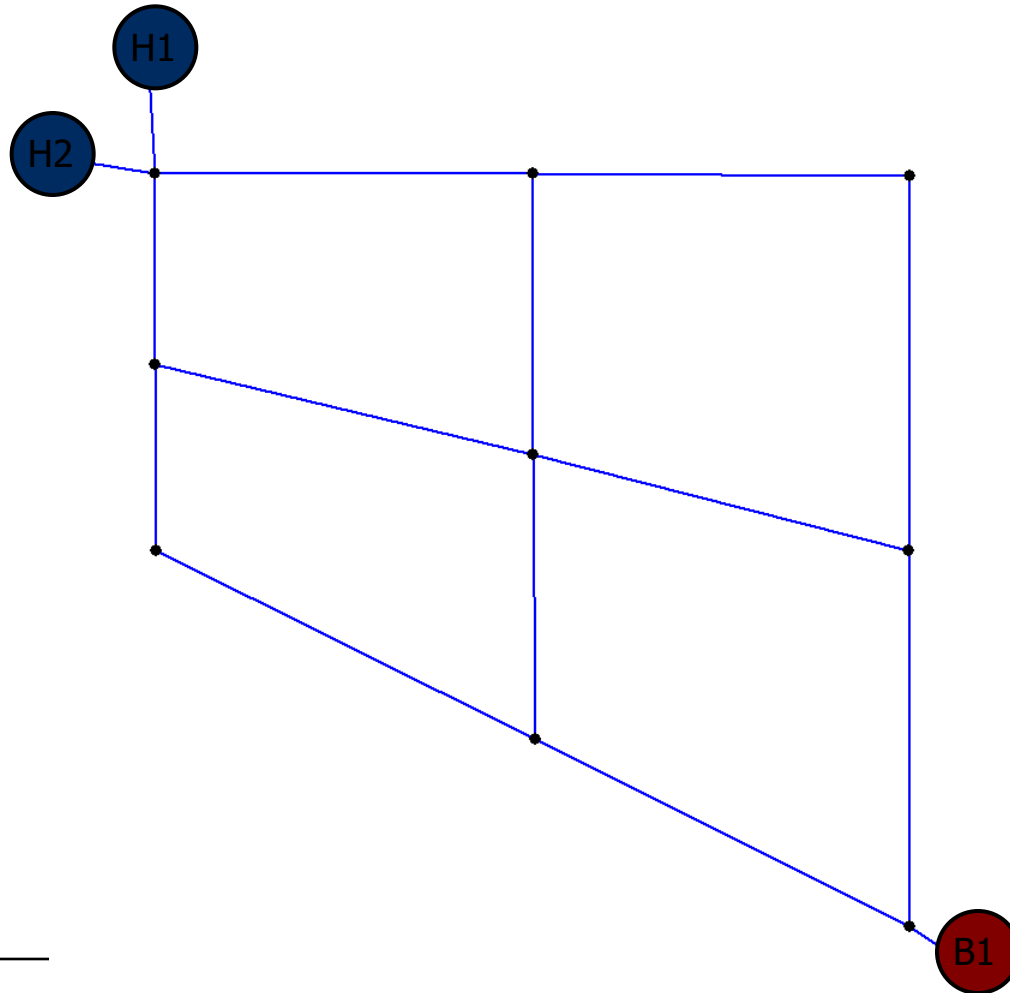


# Overzicht toedelingsmethoden

## Verschillende soorten toedelingen:

	<b>Geen congestie</b>	<b>Congestie</b>
<b>Perfecte informatie/ Keuze beste</b>	Alles-of-niets	Deterministisch evenwicht
<b>Imperfecte informatie/ Routekeuze: verdeling</b>	Stochastisch	Stochastisch evenwicht

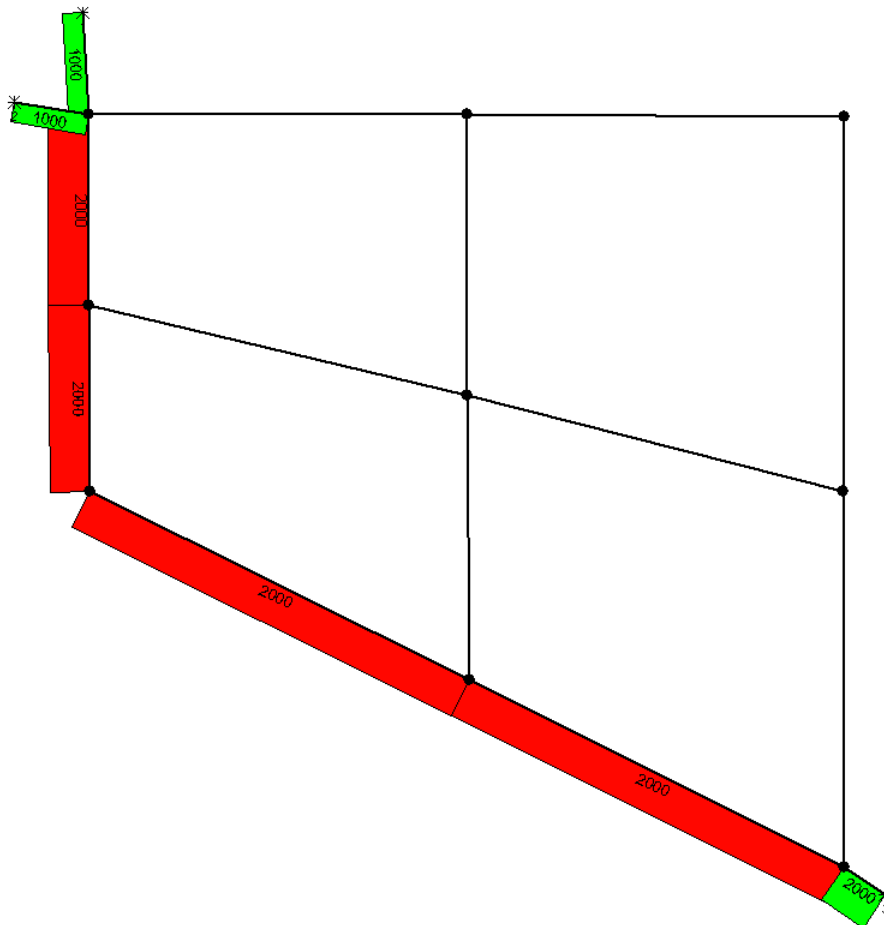
# Voorbeelden toedelingmethoden



Voorbeeld netwerk



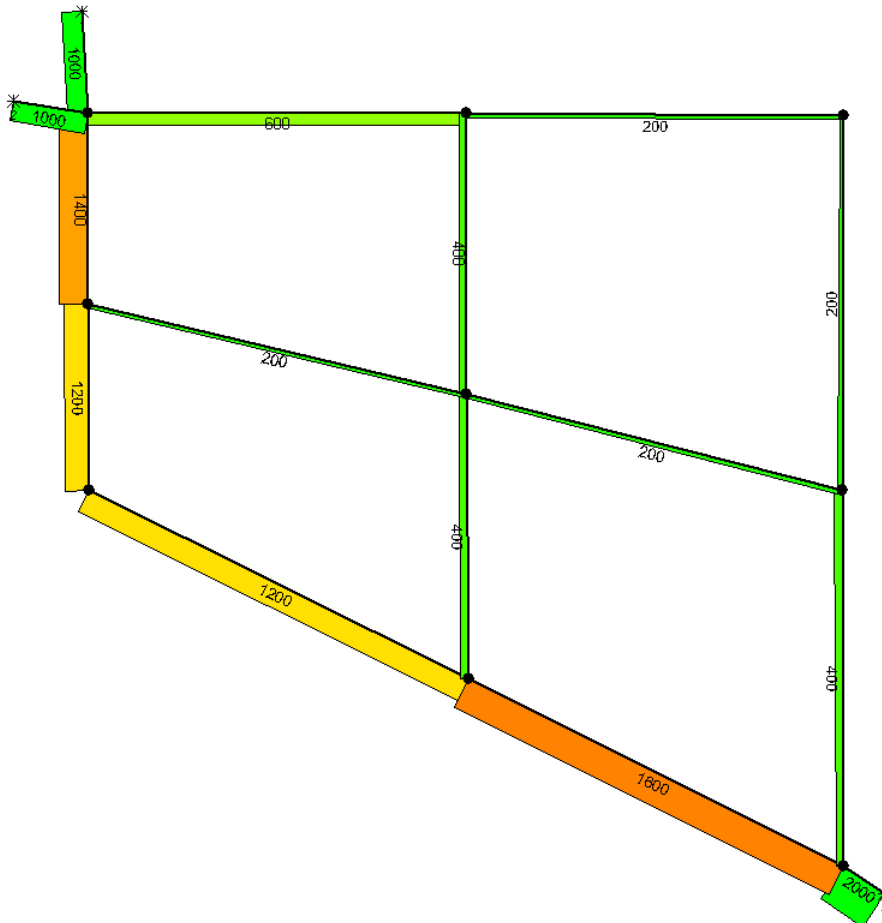
# Voorbeelden toedelingmethoden



## Alles-of-niets toedeling

- keuze snelste
- geen congestie

# Voorbeelden toedelingmethoden

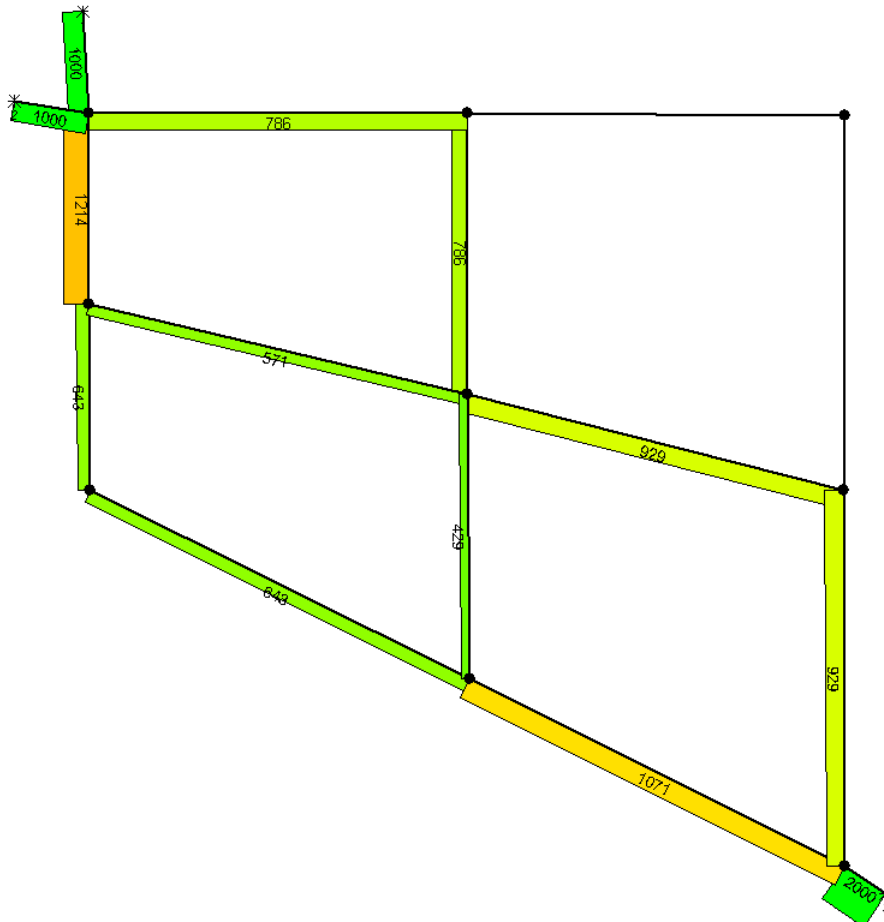


## Stochastische toedeling

- routekeuze
- geen congestie

$$p_i = \frac{\exp(\mu V_i)}{\sum_{j=1}^n \exp(\mu V_j)}$$

# Voorbeelden toedelingmethoden

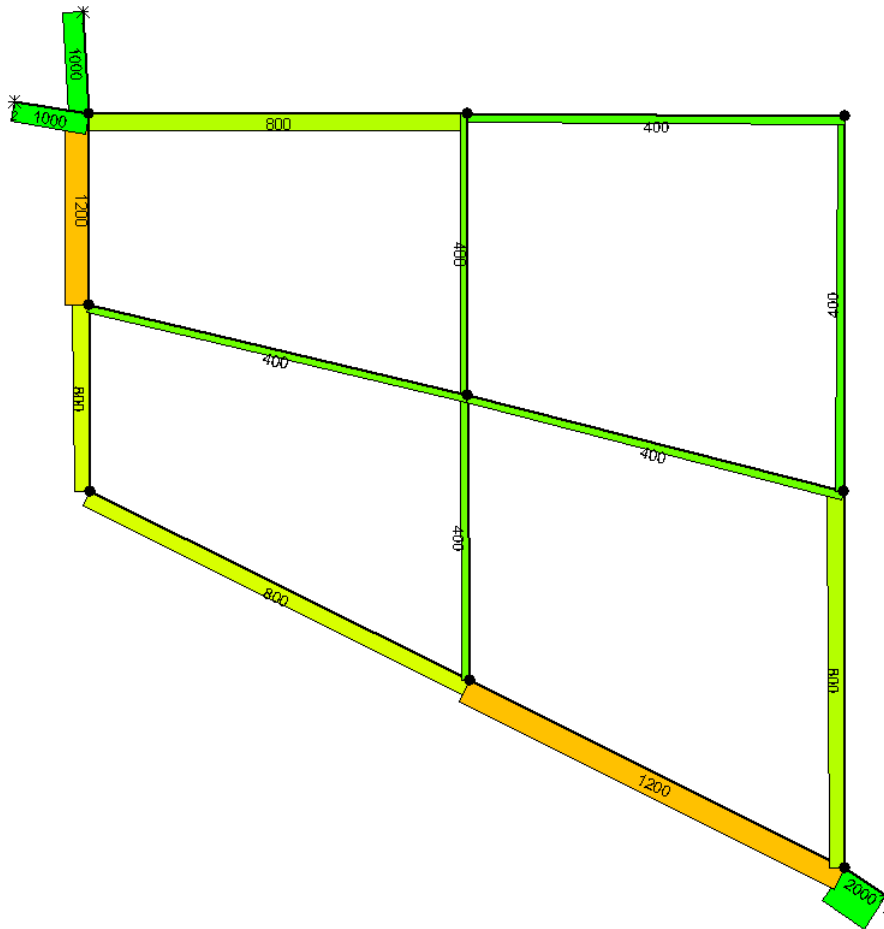


## Deterministische evenwichtstoedeling

- keuze snelste
- congestie

$$t(q) = t_{ff} \cdot \left( 1 + \alpha \left( \frac{q}{cap} \right)^\beta \right)$$

# Voorbeelden toedelingmethoden



## Stochastische evenwichtstoedeling

- routekeuze
- congestie

$$p_i = \frac{\exp(\mu V_i)}{\sum_{j=1}^n \exp(\mu V_j)}$$

$$t(q) = t_{ff} \cdot \left( 1 + \alpha \left( \frac{q}{cap} \right)^\beta \right)$$

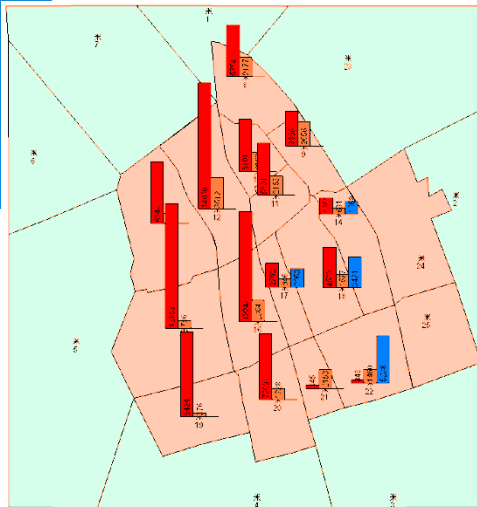
# 4.5.

---

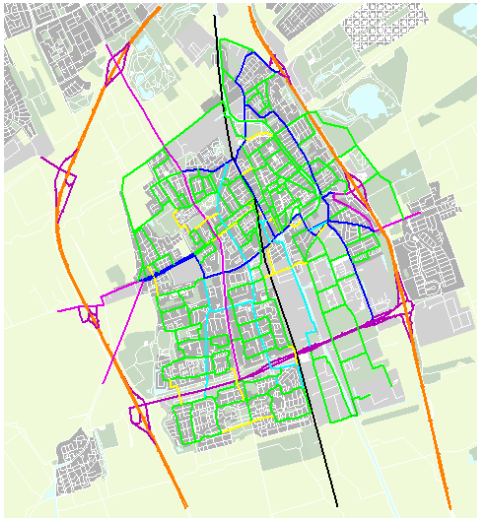
## *Overzicht 4-Fasenmodel*

---

# “Samenvatting” 4-Fasen model



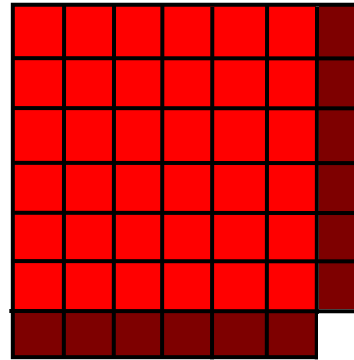
Ruimtelijke inrichting



Infrastructuur aanbod

van:

naar:



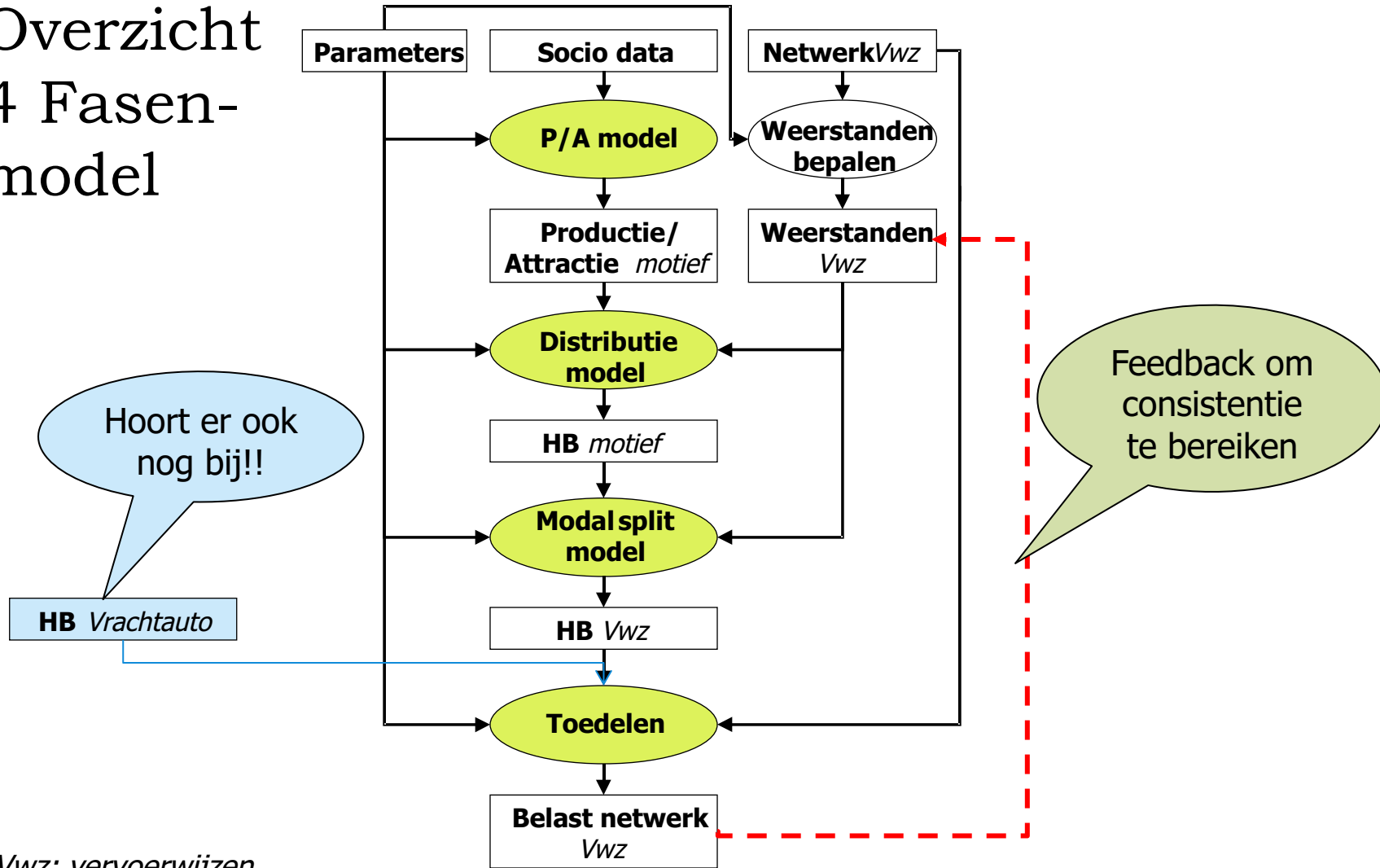
Vervoervraag/  
Verkeersvraag



Netwerkbelastingen

<http://www.dat.nl/en/products/omnitrans/>

# Overzicht 4 Fasen- model



Vwz: vervoerwijzen

HB: Herkomst- en bestemmingsmatrix

# 5.

---

## *Andere vormen van V&V modellen*

---



# Modellen RWS

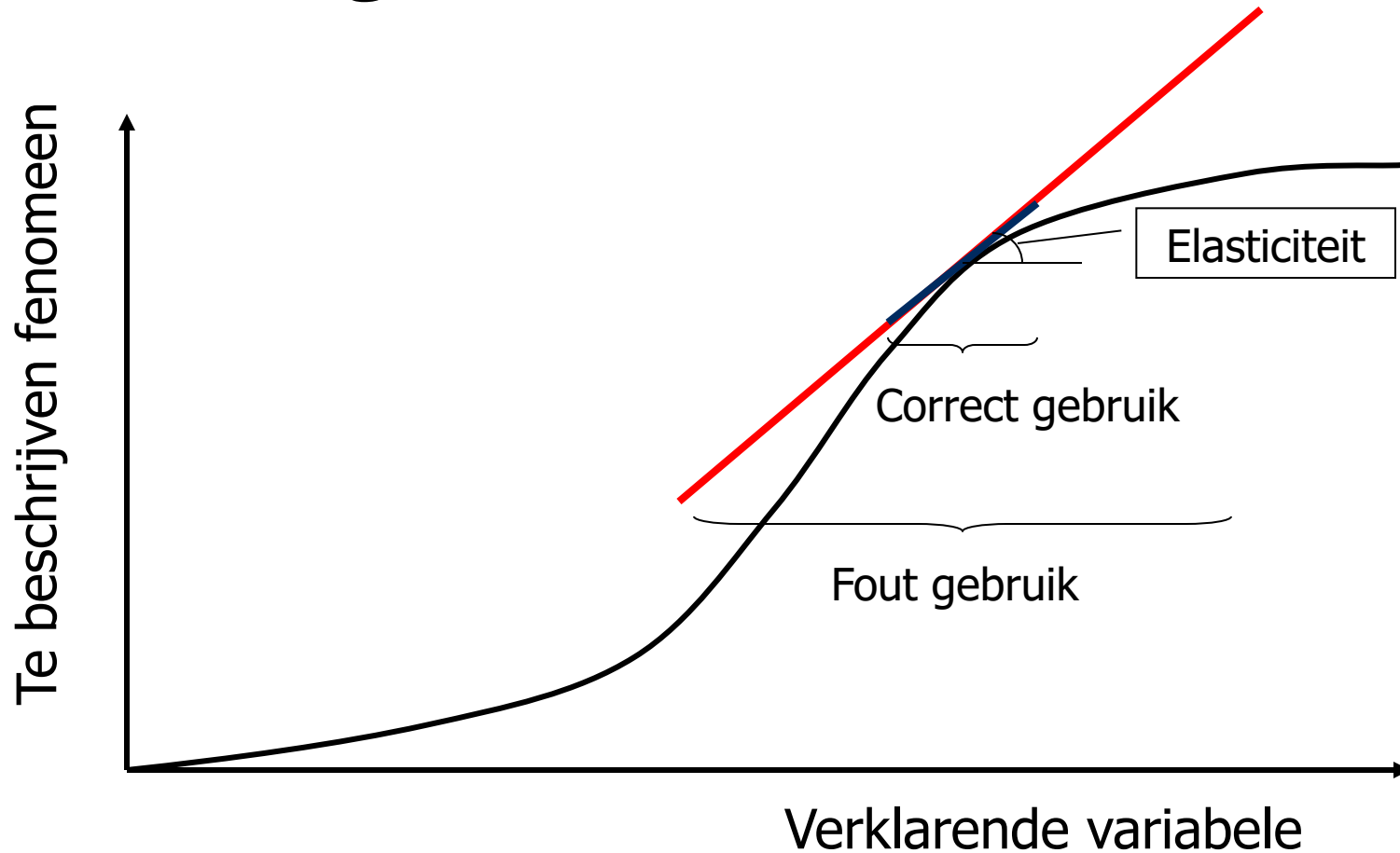
- Landelijk Model Systeem (LMS) en Nederlands Regionaal Model (NRM)
- Productie en attractie
  - Logit "Stop & Go" model voor verplaatsingsketens (tours)
- Simultaan model voor Bestemmingskeuze en Vervoerwijzekeuze
  - Nested Logit-model: attractie- en reiskostenvariabelen plus preferenties
- Routekeuze
  - Toedeling met congestiemodellering

# Varianten op modelstructuur



Tussen vervoerwijzekeuze en toedeling: periodekeuze

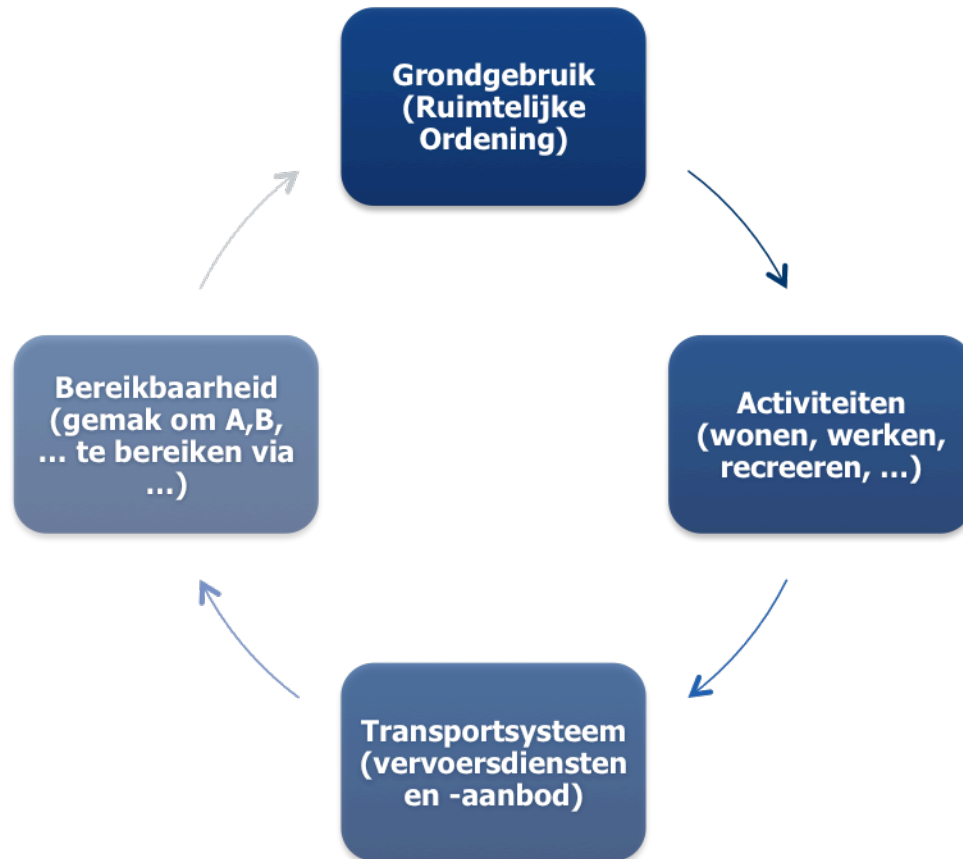
# Vuistregels: Elasticiteiten



# Voorbeeld elasticiteiten (LMS, 1990)

Personen- kilometrage	Reistijd auto	Brandstof- prijs	Reistijd trein	Reistijd overig OV	Tarief trein	Tarief overig OV
Autobestuurder	-1.27	-0.48	+0.03	+0.05	+0.02	+0.02
Autopassagier	-0.68	+0.15	+0.03	+0.08	+0.02	+0.05
Trein	+0.50	+0.14	-1.61	-0.33	-0.77	-0.04
OV grote steden	+0.34	+0.14	-0.03	-1.22	-0.03	-0.65
Overig OV	+0.45	+0.15	-0.12	-1.54	-0.06	-0.68
Langzaam verkeer	+0.20	+0.11	+0.02	+0.06	+0.01	+0.03

# Transport en grondgebruik



TIGRIS XL

Transportmodel plus:

Grondmarkt

Bedrijfslocatiekeuze

Woninglocatiekeuze