



**TrafficQuest**  
CENTRE FOR EXPERTISE ON TRAFFIC MANAGEMENT

*TrafficQuest rapport*

# Analogieën met verkeersmanagement

*Bijlagen bij de workshop  
16 november 2012, Delft*



## Colofon

Auteurs	Ben Immers Charlotte Hemelrijk Walther Ploos van Amstel Martijn van den Heuvel Rob Kooij Arjan van Voorden Edward van Dooren Wytze Schuurmans Rob van der Mei Frances Brazier Kees Stam
Datum	29 april 2013
Versienummer	1.2
Uitgegeven door	TrafficQuest Expertisecentrum Verkeersmanagement Kluyverweg 4 2629 HT DELFT
Informatie	Henk Taale
Telefoon	+31 88 798 24 98
Foto voorkant	beeldbank.rws.nl

TrafficQuest is een samenwerkingsverband van

**TNO** innovation  
for life

**TU**Delft



Rijkswaterstaat  
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

**VAN :** Ben Immers, Henk Taale  
**AAN :** Deelnemers workshop 'Analogieën voor verkeersmanagement'  
**CC :** -  
**DATUM :** 13 november 2012  
**BETREFT :** Programma en informatie workshop

## Informatie over de workshop

Deze memo bevat de informatie betreffende de workshop 'Analogieën voor Verkeersmanagement', die op vrijdag 16 november zal worden georganiseerd. De workshop zal plaatsvinden in **De Lindenhof**, Zocherweg 9 te Delft ([www.delindenhof.nl](http://www.delindenhof.nl)). We verwachten u omstreeks 9.15 uur in de ochtend en we hopen de workshop rond 16.30 af te ronden met een borrel.

Het programma voor de workshop is als volgt:

09:30 – 10:00 uur	Introductie en voorstelrondje
10:00 – 11:00 uur	Presentaties (3 stuks, verkeersmanagement eerst)
11:00 – 11:15 uur	Synthese
11:15 – 11:30 uur	Koffiepaauze
11:30 – 12:30 uur	Presentaties (3 stuks)
12:30 – 12:45 uur	Synthese
12:45 – 13:45 uur	Lunch
13:45 – 15:05 uur	Presentaties (4 stuks)
15:05 – 15:20 uur	Synthese
15:20 – 15:30 uur	Koffie en thee
15:30 – 16:30 uur	Discussie, samenvatting en conclusies
16:30 – 17:00 uur	Borrel

Dr. Ir. Marcel Westerman zal als moderator van de workshop zorg dragen voor een goed verloop van de uitwisseling van informatie en ideeën. Op de volgende pagina's van deze memo vindt u een inhoudelijke toelichting op de workshop. Wij hopen U allen op 16 november te mogen begroeten. En natuurlijk hopen we dat het voor iedereen een interessante en leerrijke dag wordt.

# Workshop "Analogieën voor Verkeersmanagement"

## 1. Doel en aanpak van de workshop

TrafficQuest ziet het als een van haar opgaven om het verkeersmanagementproces zo goed mogelijk te doorgronden en op basis van het begrip van het proces sturingsprincipes te traceren en uit te werken die toegepast kunnen worden bij het (beter) managen van verkeer in een wegenetwerk". Eén van de manieren om meer inzicht in de processen te krijgen is een vergelijking met andere domeinen waarin zich soortgelijke processen afspelen. We doen dit in de vorm van een workshop "Analogieën voor Verkeersmanagement".

De gekozen aanpak houdt in dat het domein verkeersmanagement wordt vergeleken met een aantal andere domeinen waarin zich vergelijkbare processen afspelen. We zijn hier op zoek naar analogieën met het verkeersmanagement proces. De gevonden analogieën worden vervolgens gebruikt om:

- Processen te analyseren en onderling te vergelijken
- Mogelijkheden om processen aan te sturen te inventariseren en te beoordelen
- Op basis daarvan het inzicht in het verkeersmanagement proces te vergroten

Door het onderling vergelijken van de wijze waarop systemen functioneren en ook door te kijken en te vergelijken hoe het functioneren van deze systemen extern en intern wordt beïnvloed, kunnen interessante parallellen worden getrokken in het functioneren van systemen. In deze studie staat verkeersmanagement/netwerkmanagement centraal (het focus systeem).

Verkeersmanagement (ook wel DVM genoemd) heeft als doel verkeersstromen zo te beïnvloeden dat de kwaliteit van de verkeersafwikkeling – gegeven een aantal doelstellingen en randvoorwaarden – optimaal is. Bij verkeersmanagement zijn het de voertuigen en in het bijzonder de bestuurders van die voertuigen die via een reeks van maatregelen geïnformeerd, geadviseerd en gestuurd worden. In andere systemen is vaak ook sprake van stromen die (extern en intern) beïnvloed worden. De wijze waarop deze stromen worden afgewikkeld kan interessante ideeën opleveren voor het management van verkeer en omgekeerd. Kortom analogieën met andere disciplines kunnen helpen om problemen in het eigen vakgebied beter te duiden en processen beter te begrijpen en aan te sturen.

Het vergelijken van verschillende systemen met overeenkomstige kenmerken teneinde hiermee nieuwe kennis op te doen, is overigens niet nieuw. Reeds in 1870 schreef James Maxwell dat "The processes of and the deductions applied in the various branches of science are so similar that familiarity with any branch of science may be highly helpful in the study of another branch." (Maxwell, 1927). Toch vormen analogieën nog steeds een onderdeel van de wetenschap waarvan





de toepasbaarheid en de potentie niet worden gewaardeerd door veel wetenschappers en technici (Miklovic, 1993).

Van geen enkel bestaand verschijnsel (systeem, object, etc.) is een ander verschijnsel te vinden zodanig dat beide verschijnselen volledig gelijk zijn aan elkaar. Het is zelfs zo, dat geen enkel verschijnsel identiek is aan zichzelf wanneer het wordt beschouwd op twee verschillende tijdstippen. Bij analogieën dient dan ook niet gezocht te worden naar systemen die in elk kenmerk analoog zijn met een bepaald focus systeem. Dergelijke analogieën bestaan per definitie niet. Het is wel zinvol om te zoeken naar analogiesystemen die op een aantal aspecten overeenstemmingen vertonen met het focus systeem, of die volledig aan elkaar gelijk zijn gegeven bepaalde vereenvoudigingen, beschouwingswijzen of abstracties die men toepast.

Het hanteren van analogieën voor het vinden van oplossingen voor een bepaald probleem berust dus op het nemen van afstand tot de traditionele en gangbare beschouwingswijzen in het probleemgebied om vervolgens het betreffende probleemgebied te beschouwen door de bril van het analogiegebied. Afhankelijk van het abstractieniveau waarop men het systeem beschrijft, kunnen verschillende analogieën van toepassing zijn.

## 2. Verkeersmanagement

Voor een uitwerking van verkeersmanagement (Wat verstaan we onder verkeersmanagement? Waarom passen we het toe? Waarom werkt het?) wordt verwezen naar het boekje "De toekomst van verkeersmanagement", dat via de website van TrafficQuest is te downloaden ([www.trafficquest.nl](http://www.trafficquest.nl)).

## 3. Analogieën

Bij het zoeken naar analogieën met het verkeersmanagement proces, kan een onderscheid worden gemaakt naar een tweetal categorieën van gebieden waarin gezocht kan worden. De eerste categorie wordt gevormd door de zogenaamde 'nabije analogieën'. Dit zijn vakgebieden en disciplines waarvan op voorhand zou kunnen worden verwacht dat daar sprake zal zijn van analogieën. Het opstellen van een lijst met 'nabije analogieën' kan plaats vinden op basis van kennis en ervaring, aangevuld door de algemene beschrijving van verkeersmanagement in het vorige hoofdstuk. Deze lijst kan aangevuld worden met de tweede categorie analogieën, de zogenaamde 'verre analogieën'. Dit zijn analogieën die niet direct een duidelijke link leggen tussen twee gebieden en dus niet a priori geselecteerd zullen worden. Voor het zoeken naar deze 'verre' analogieën kan gebruik gemaakt worden van een hulpmiddel (zie volgende paragraaf) dat het mogelijk maakt op een systematische en gestructureerde wijze andere vakgebieden in kaart te



brengen en hun analogie met strategische, tactische en operationele processen in het wegverkeer en de sturing hiervan door middel van verkeersmanagement te evalueren.

### **Hulpmiddel bij het zoeken naar analogieën**

Het hulpmiddel dat we willen toepassen bij het zoeken naar 'verre analogieën' ziet er als volgt uit. Op basis van de algemene beschrijving van verkeersmanagement en de verkeersprocessen waarop de verkeersmanagement instrumenten (DVM-instrumenten) ingrijpen (vorige hoofdstuk), is het verkeersmanagement domein geanalyseerd vanuit verschillende invalshoeken. Dit stelt ons in staat specifieke kenmerken van verkeersmanagement te benoemen. In andere vakgebieden en disciplines is vervolgens gezocht naar het voorkomen van deze specifieke kenmerken, dit met als doel mogelijke analogieën met dit vakgebied te achterhalen. Wanneer dit het geval is, zal de mate van analogie/overeenkomst, de soort analogie (kwalitatief/kwantitatief/wetmatigheid) en de relevantie hiervan voor verkeer en verkeersmanagement, nader worden onderzocht.

Bij het zoekhulpmiddel naar verre analogieën onderscheiden we de volgende drie beschouwingwijzen:

#### *1. Gelaagdheid van verkeer en verkeersmanagement*

Het verkeersproces en de DVM-instrumenten die hierop ingrijpen worden gekenmerkt door een opbouw uit een aantal onderling geschakelde lagen. Deze eerste beschouwingwijze richt zich op het beschrijven, analyseren en in kaart brengen van (de samenhang tussen) deze lagen.

#### *2. Processen en componenten binnen verkeer en verkeersmanagement*

Op elke laag van het relevante deel van het verkeerssysteem en de daarmee samenhangende DVM-instrumenten vinden bepaalde processen plaats en spelen bepaalde componenten een rol. Deze tweede beschouwingwijze richt zich op het beschrijven, analyseren en in kaart brengen van de betrokken processen en componenten per laag.

#### *3. Gegevensstromen ten behoeve van verkeersmanagement*

Op elke laag van het relevante deel van het verkeerssysteem en de daarmee samenhangende DVM-instrumenten worden verschillende soorten fysieke verkeersstromen door verkeersmanagement gestuurd, hetgeen verschillende soorten gegevensstromen induceert. Deze derde beschouwingwijze richt zich op het beschrijven, analyseren en laagsgewijs in kaart brengen van de fysieke stromen en de benodigde en gegenereerde gegevensstromen.

In een eerdere studie (Immers en Westerman, 1996) zijn de drie onderscheiden beschouwingwijzen uitgebreid toegelicht en uitgewerkt. Hierbij is aangegeven welke lagen er binnen verkeer en verkeersmanagement te onderkennen zijn, waarbij per laag de aanwezige (fysieke en gegevens-) stromen en processen en componenten zijn weergegeven.

De volgende lagen kunnen worden onderscheiden binnen verkeersmanagement:



#### *Laag 1: Niveau sensoren/signaalgevers*

De onderste laag van het DVM-referentiemodel behelst zeer lokale (punt)posities van het wegennetwerk, namelijk individuele sensoren en individuele apparatuur voor het geven van informatie aan weggebruikers, inclusief de hiervoor benodigde communicatie infrastructuur.

#### *Laag 2: Lokaal niveau*

Op deze laag vindt ver-/bewerking plaats van de gegevens van individuele sensoren en worden individuele signaalgevers aangestuurd.

#### *Laag 3: Wegvakniveau*

Deze laag heeft betrekking op een geheel wegvak, dat in het algemeen voorzien zal (kan) zijn van meerdere sensoren en meerdere signaalgevers op verschillende dwarsdoorsneden van dit wegvak.

#### *Laag 4: Segment/traject/corridor niveau*

Op deze laag vindt coördinatie plaats van verschillende afzonderlijke lokale regelsystemen teneinde de aangeboden verkeersstromen zo optimaal mogelijk over de beschikbare capaciteit van het segment/traject of de corridor af te wikkelen.

#### *Laag 5: Regionaal netwerkniveau*

Op deze laag worden verschillen corridors of trajecten samen beschouwd, met als doelstelling het garanderen van de netwerkfunctie en de betrouwbaarheid, evenals het realiseren van zo beperkt mogelijke vertraging in het gehele netwerk.

#### *Laag 6: Landelijk netwerkniveau*

Deze laag bestaat uit een aaneenschakeling van verschillende regionale netwerken. De doelstelling van deze laag is voornamelijk het geven van informatie aan de weggebruikers tijdens de rit, ter ondersteuning bij het nemen van allerlei (routekeuze)beslissingen.

#### *Laag 7: Multimodaal niveau*

De hoogste laag van het gelaagde DVM-referentiemodel behelst naast het wegverkeer tevens andere vormen van vervoer, waarbij deze laag tevens betrekking heeft op het ontstaan van verplaatsingen.

### **Analogie Aspecten**

Op basis van de toelichting op de principes van sturing van verkeer en vervoer door middel van DVM, en het hulpmiddel voor het zoeken naar verre analogieën, kunnen de gevonden karakteristieken voor verkeer en sturing door DVM als volgt kernachtig worden samengevat:



- De gelaagdheid van het transportsysteem, van de processen die zich daarop afspelen en de sturing ervan (geografie, detailniveau, tijdschaal, organisatiecoördinatie en type maatregel);
- Het optreden van verschillende deels onafhankelijke deels afhankelijke (deel)processen;
- De flexibiliteit/adaptiviteit van de sturing van processen;
- De aanwezigheid van verschillende tijdschalen die op de processen van toepassing zijn;
- Keuzevrijheid van weggebruikers met onderling verschillende attitudes; gewoontevorming in keuzegedrag;
- Het optreden van voorspelbare en onvoorspelbare verstoringen;
- Informatieverschaffing aan weggebruikers (vooraf en tijdens de rit; in het voertuig (RDS-TMC, navigatie) en extern (DRIPS); dynamisch en statisch; voorschrijvend, adviserend en beschrijvend);
- Informatie-uitwisseling tussen beheerder en bestuurder; bestuurders onderling en beheerders onderling (coöperatieve systemen)
- Regels (voorschrijvend, adviserend en beschrijvend) die van toepassing zijn op de afwikkeling van de processen en de naleving hiervan:
- Onderscheid naar doelgroepen waarop verschillende regels van toepassing zijn;
- Handhaving en bewaking;
- De interactie/samenwerking tussen verschillende actoren.

Hieronder worden, vooralsnog zonder analyse, enkele op basis van het voorgaande gesuggereerde (mogelijke) 'nabije analogieën' opgesomd:

### **Mogelijke 'Nabije Analogieën'**

*Binnen het transportsysteem:*

- goederenvervoer/logistiek
- openbaar vervoer (trein/bus/metro/tram)
- automatisch (goederen/personen) vervoer (people movers)

*Vergelijkbare vervoersystemen:*

- luchtvaart
- scheepvaart
- berichtenverkeer/datacommunicatie (OSI)
- geldverkeer
- veilingverkeer
- beursverkeer
- telefonie/datacommunicatie
- civiele techniek (waterlopen)
- deeltjestransport (silo's, buizenpost)
- bagage- en 'mens' afwikkeling (bijv. op vliegvelden)



Tot slot worden enkele (mogelijke) 'verre analogieën' opgesomd. Deze analogieën zijn gevonden door middel van het opgestelde zoekhulpmiddel. Tussen de haakjes is aangegeven wat, volgens de in het zoekhulpmiddel onderscheiden kenmerken van verkeer en vervoer, de overkomst is met het genoemde (mogelijke) analogiegebied.

#### **Mogelijke 'Verre Analogieën'**

- Bedrijfsorganisatie (gelaagde opbouw en sturing)
- Voedselvoorziening in mensen en planten (doorgaande hoofdstromen en ontsluitende stromen)
- Hiërarchie in dierenrijk (gelaagdheid)
- Elektriciteitsvoorziening (stromen)
- Systeem- en regeltechniek (sturingsconcepten)
- Speltechniek (samenvoeging van deeltjes tot groter geheel)
- Civiele techniek (waterlopen/constructietechniek/bouw)
- Biologie (gedrag van dieren en planten)
- Gedragstheorie (gedragingen van weggebruikers)
- Elektronenbanen in chips (stromen over complexe infrastructuur)
- In- en uitstroom van publiek bij stadions (stromen van mensen over beperkte infrastructuur)
- Trek van vogels, wilde dieren, zalm (stromen van wezens met een eigen belang)
- Menselijk lichaam (bloedbanen),
- Winkeland publiek (interactie tussen mensen met eigen belangen)
- Bibliotheek / boekenverkeer

Bovenstaande analogie aspecten kunnen worden gebruikt ter ondersteuning van het zoeken naar analogieën door experts op andere vakgebieden en disciplines.

#### **4. De onderwerpen die vanuit verkeersmanagement centraal staan in de workshop**

Er zijn veel aspecten binnen de toepassing van Verkeersmanagement die zich lenen voor een vergelijking met andere systemen. Het is onmogelijk al deze aspecten in de workshop met de gewenste diepgang te behandelen. Daarom is besloten de vergelijking te beperken tot een drietal aspecten:

- Zelforganisatie versus sturing. Organiseert het systeem (proces) zichzelf en hoe gebeurt dat of wordt bewust sturing van buitenaf opgelegd? Indien beide sturingsprincipes voorkomen: wanneer en hoe grijpt men in?
- In hoeverre is er sprake van een gelaagdheid van het systeem en hoe wordt daarmee omgegaan in de regeling (bij voorbeeld door coördinatie tussen de lagen)?
- Op welke wijze worden de robuustheid (systeem kan tegen een stootje) en de betrouwbaarheid (marges in prestatie-indicatoren zijn klein) van het systeem verzekerd? Welke afwijkende





situaties treden op in het functioneren van het systeem en hoe is het systeem daarop berekend?

Voor een uitgebreide lijst van aspecten wordt verwezen naar Bijlage 1.

## Referenties

Maxwell, J.C., "The Scientific Papers", 1927, pp. 215-229. Address to the Mathematica<sup>1</sup> and Physical Sections of the British Association, on September 15, 1870.

Miklovic, D.T.(1993), "Real-Time Control Networks", Instrument Society of America, North Carolina, USA, 1993, ISBN 1-5561 7-231 -I.

Immers, L.H. en M. Westerman (1996), "Analogieën met verkeer en vervoer met nadruk op dynamisch verkeersmanagement", TNO Afdeling Verkeer en Vervoer. Rapport nr. 95/NV/3 10

## Bijlage 1: Aspecten van Verkeersmanagement die zich lenen voor een vergelijking

### Algemeen

- De gelaagdheid van het transportsysteem, van de processen die zich daarop afspelen en de sturing ervan (geografie, detailniveau, tijdschaal, organisatiecoördinatie en type maatregel).
- De wijze waarop de kwaliteit van een verkeersstroom (het proces) wordt vastgelegd en de maten die worden gebruikt om de kwaliteit van de afwikkeling van een stroom (proces) te definiëren.

### Samenstelling van de stroom

- Is er sprake van een homogene stroom of kan men onderscheid maken naar categorieën met uiteenlopende verplaatsingskenmerken?
- Kan men het verplaatsingsgedrag van de componenten van een stroom beïnvloeden?

### Kenmerken van de stroom

- Op grond van welke kenmerken kan de stroom worden beschreven (dichtheid, snelheid, omvang, etc.)?
- Kunnen verschillende regimes worden onderscheiden voor wat betreft de afwikkeling van de stroom (bijv. laminair en turbulent of vrije en stagnerende doorstroming)?
- In hoeverre treden de volgende verschijnselen op en hoe gaat het systeem (de systeembeheerder) daarmee om (congestie/file, terugslag van file (Spill back), schokgolven, zelforganisatie)?



### **Gegevens/informatie over de stroom**

- Welke gegevens worden ingewonnen om de kwaliteit van de afwikkeling van een stroom of proces vast te stellen en op welke wijze worden deze gegevens ingewonnen?
- Op welke wijze worden de effecten van ingezette maatregelen bepaald?
- Wie is verantwoordelijk voor het inwinnen van gegevens?
- Wie is verantwoordelijk voor het verstrekken van informatie?
- Wordt informatie van verschillende bronnen en/of partijen (publiek en privaat) gecombineerd?
- Op welke wijze wordt de informatie verstrekt?
- Hoe gaat men om met privacy issues?
- Inzetten van maatregelen
- Welke maatregelen kunnen worden toegepast om een stroom te beïnvloeden (informereren, regelen, sturen, optimaliseren)?
- Wie is verantwoordelijk voor een te nemen maatregel?
- Op grond van welke overwegingen (gegevens) wordt besloten om een of meer maatregelen toe te passen?
- Op welk niveau worden maatregelen getroffen (strategisch, tactisch, operationeel); waar ligt het aangrijpingspunt (individuele componenten van een stroom, clusters, specifieke categorieën, stromen op specifieke onderdelen van het netwerk, etc.)

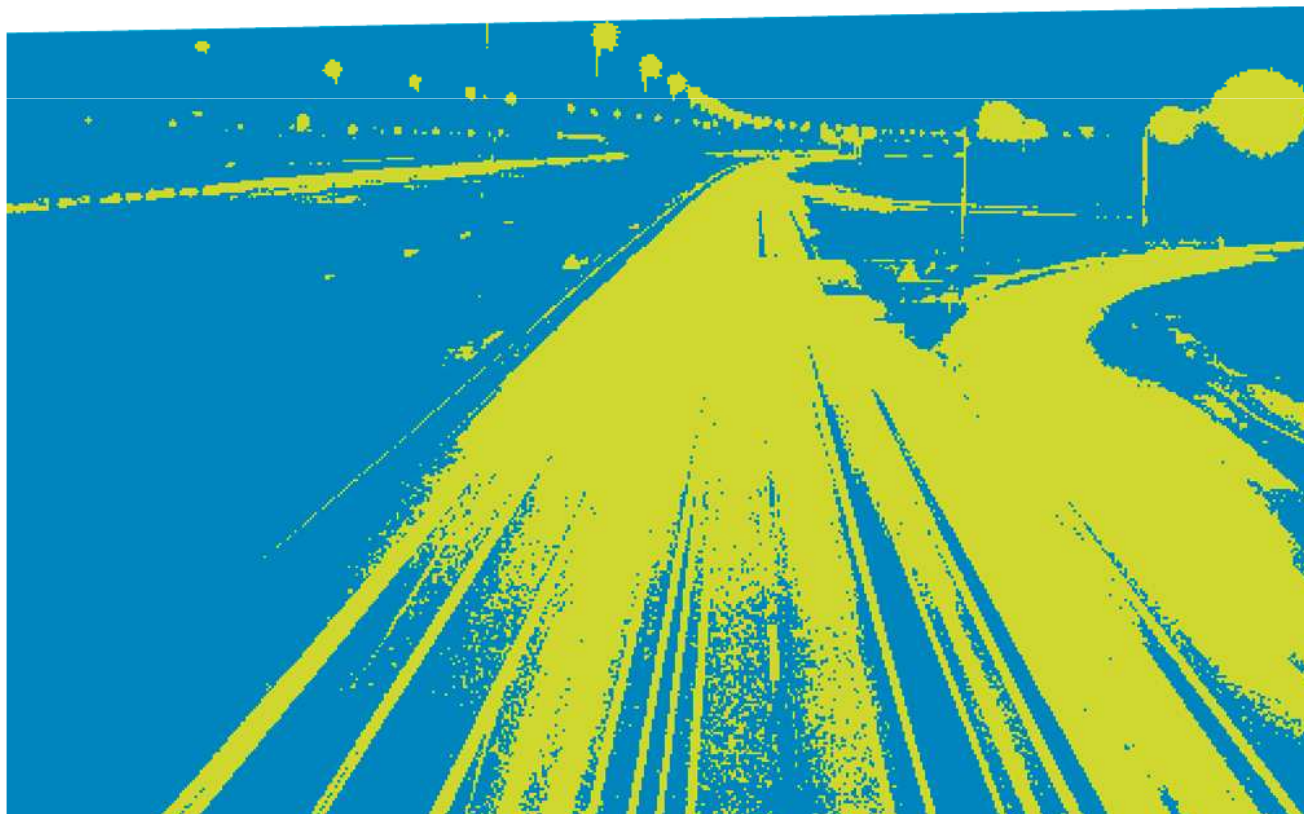
### **Bijzondere(afwijkende) situaties: Incidenten / Evenementen / Evacuaties (IEE)**

- Treden er verstoringen (IEE) op in de stroom (verwacht en onverwacht)?
- Hoe ontstaan deze verstoringen?
- In welke mate kan men de verstoringen voorspellen?
- Wat zijn de gevolgen van de verstoringen?
- Hoe worden verstoringen opgelost?
- Wie is verantwoordelijk voor het oplossen van verstoringen?



# Analogieën voor Verkeersmanagement

Ben Immers



**TrafficQuest**  
CENTRE FOR EXPERTISE ON TRAFFIC MANAGEMENT

## Vragen

- Zelforganisatie versus sturing. Organiseert het systeem (proces) zichzelf en hoe gebeurt dat of wordt bewust sturing van buitenaf opgelegd? Indien beide sturingsprincipes voorkomen: wanneer en hoe grijpt men in?
- In hoeverre is er sprake van een gelaagdheid van het systeem en hoe wordt daarmee omgegaan in de regeling (bij voorbeeld door coördinatie tussen de lagen)?
- Op welke wijze worden de robuustheid (systeem kan tegen een stootje) en de betrouwbaarheid van het systeem verzekerd? Welke afwijkende situaties treden op in het functioneren van het systeem en hoe is het systeem daarop berekend?

## Wat is verkeersmanagement?

- Het doelbewust beïnvloeden van de kwaliteit van de verkeersafwikkeling in een netwerk door de toepassing van operationele maatregelen zoals verstrekken van informatie, regelen van het verkeer, beïnvloeden keuzegedrag reiziger, tijd- en plaatsgebonden beprijzen, etc.
- Verkeersmanagement is gericht op het beïnvloeden van zowel het vraagpatroon (verplaatsingen per vervoerwijze) als het aanbodpatroon (infrastructuur en daarop aangeboden diensten).
- Bij de keuze van de maatregelen wordt gebruik gemaakt van gegevens over de actuele en voorspelde verkeerssituatie.



# Zelforganisatie versus sturing

Waar kan zelforganisatie optreden?

- Keuzen op wegvakniveau, samenhangende met het deelnemen aan het verkeer (rijstrook, snelheid, volgafstand, inhalen, etc.)
- Keuzen op netwerkniveau, samenhangende met de verplaatsing (bestemming, vertrektijdstip, vervoerwijze, route)

Maar ook:

- Keuzen samenhangend met organisatie van het verkeersmanagement-proces
- Keuzen samenhangend met de beleidsontwikkeling rond verkeersmanagement

# Zelforganisatie versus sturing

Hoe ontstaat zelforganisatie?

- Bestuurders hebben een grote vrijheid in hun verplaatsingskeuzegedrag
- Bestuurders hebben een redelijke mate van vrijheid in hun rijgedrag
- Bestuurders reageren op elkaar (visueel) en op beschikbare informatie
- (in toenemende mate) Toepassing van coöperatieve systemen (V2V en V2I)

# Zelforganisatie versus sturing

Waar wordt zelforganisatie beperkt/vervangen door sturing?

- De verkeerssituatie (toestand weg en/of toestand verkeersafwikkeling) vormt de belangrijkste aanleiding voor een ingreep (sturing)
- Belangrijke trigger: instabiliteit van de verkeersstroom met een capaciteitsval tot gevolg
- Sturing kan ingrijpen op verplaatsingsgedrag en rijgedrag
- Maar de reiziger mag zelf beslissen: dus sturen op welbevinden

# Zelforganisatie versus sturing

Belangrijke sturingsprincipes:

- ‘Bijschakelen’ van capaciteit; ‘neutraliseren’ van filegolven
- Verkeer optimaal over het netwerk verdelen (route-informatie)
- Instroom in een gebied (wegvak) beperken
- Terugslag van wachtrijen voorkomen
- Snelheid beperken of aanpassen (milieu, veiligheid, geluid, doorstroming)

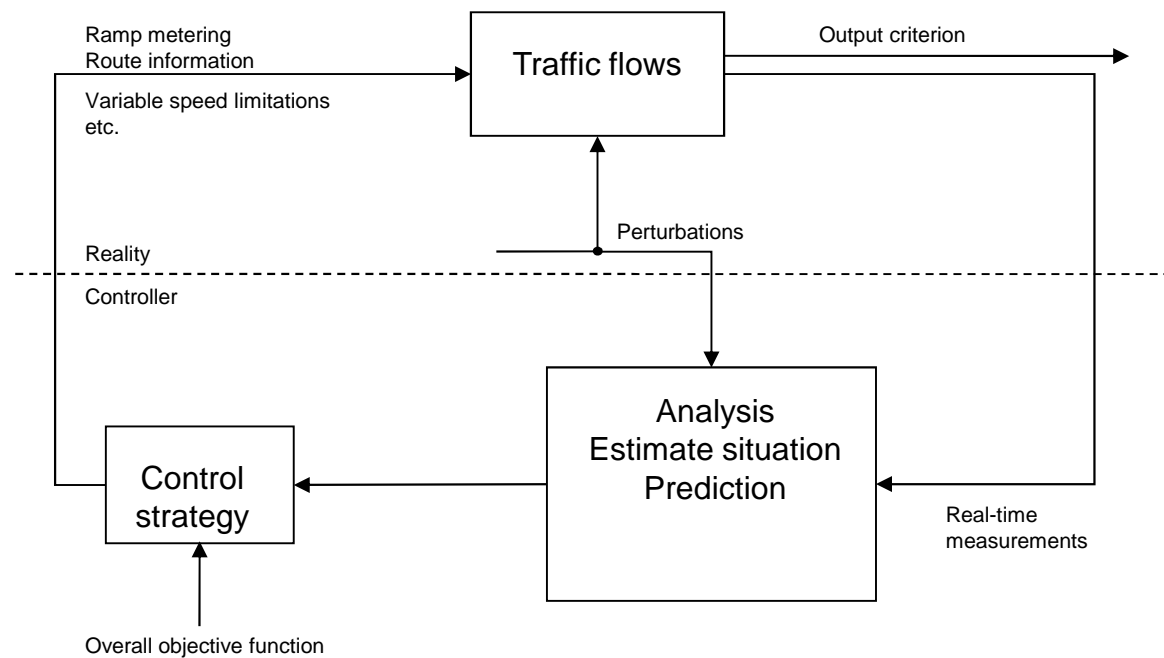
## Gelaagdheid van het systeem

- *Laag 1: Niveau sensoren/signaalgevers*
- *Laag 2: Lokaal niveau*
- *Laag 3: Wegvakniveau*
- *Laag 4: Segment/traject/corridor niveau*
- *Laag 5: Regionaal netwerkniveau*
- *Laag 6: Landelijk netwerkniveau*
- *Laag 7: Multimodaal niveau*



# Gelaagdheid van het systeem

## Centrale aansturing



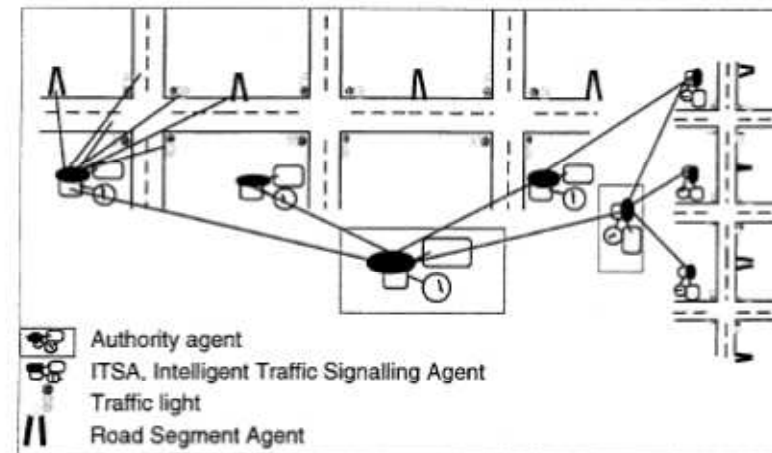
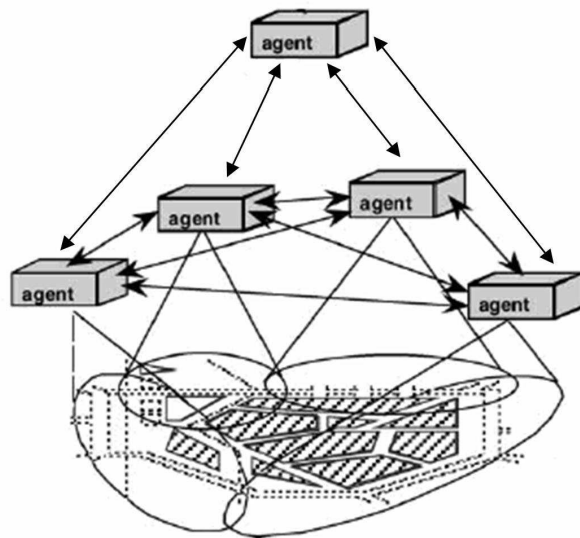
## Gelaagdheid van het systeem

Decentrale, gedistribueerde aansturing, gebruik makend van agents

- Autonome, intelligente controleur/supervisor
- Bewaakt de controle-omgeving (bijv. kruispunt, link, netwerk)
- Agents kunnen onderhandelen met elkaar
- Onderneemt actie om persoonlijke doelstellingen te realiseren
- Bij conflicten kan men een beroep doen op een 'hogere orde' agent

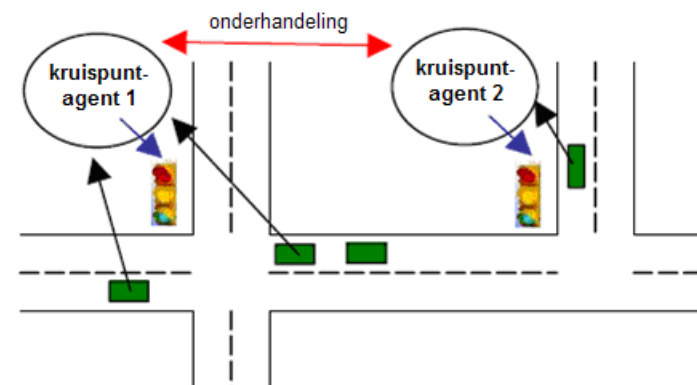
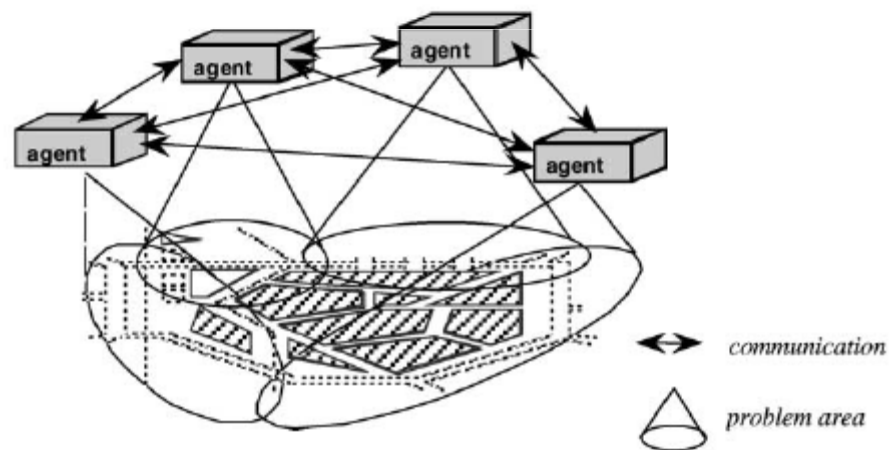
# Gelaagdheid van het systeem

Hiërarchisch systeem met agents



# Gelaagdheid van het systeem

Niet-hiërarchisch systeem met agents



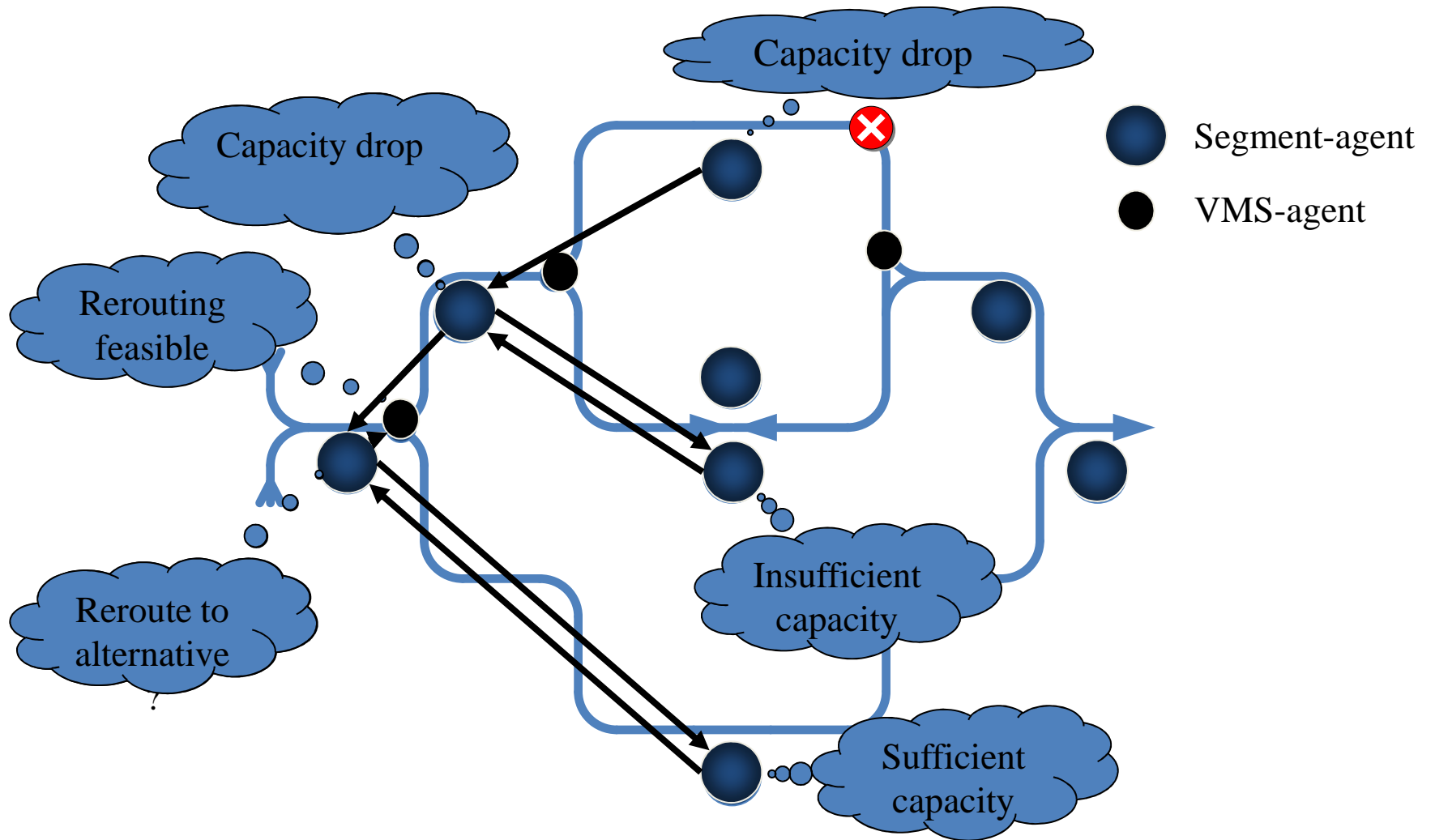
# Verkeersafwikkeling via multi-agent systeem



16 november 2012



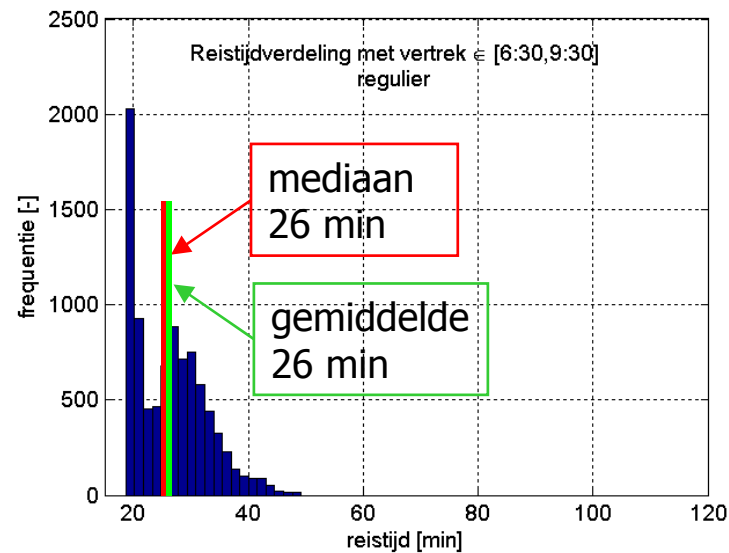
# Verkeersafwikkeling via multi-agent systeem



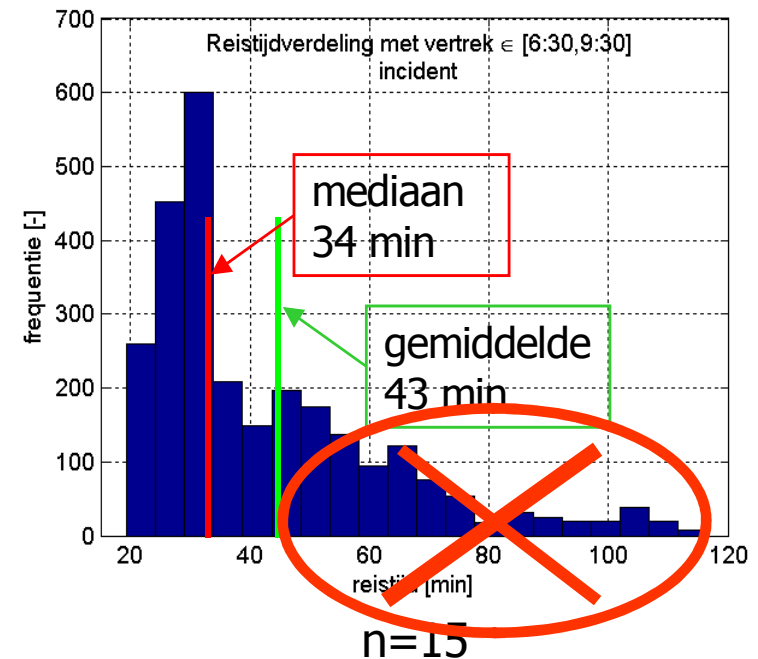
# Robuustheid en betrouwbaarheid van het systeem

## Histogram reistijden

regulier



met incident



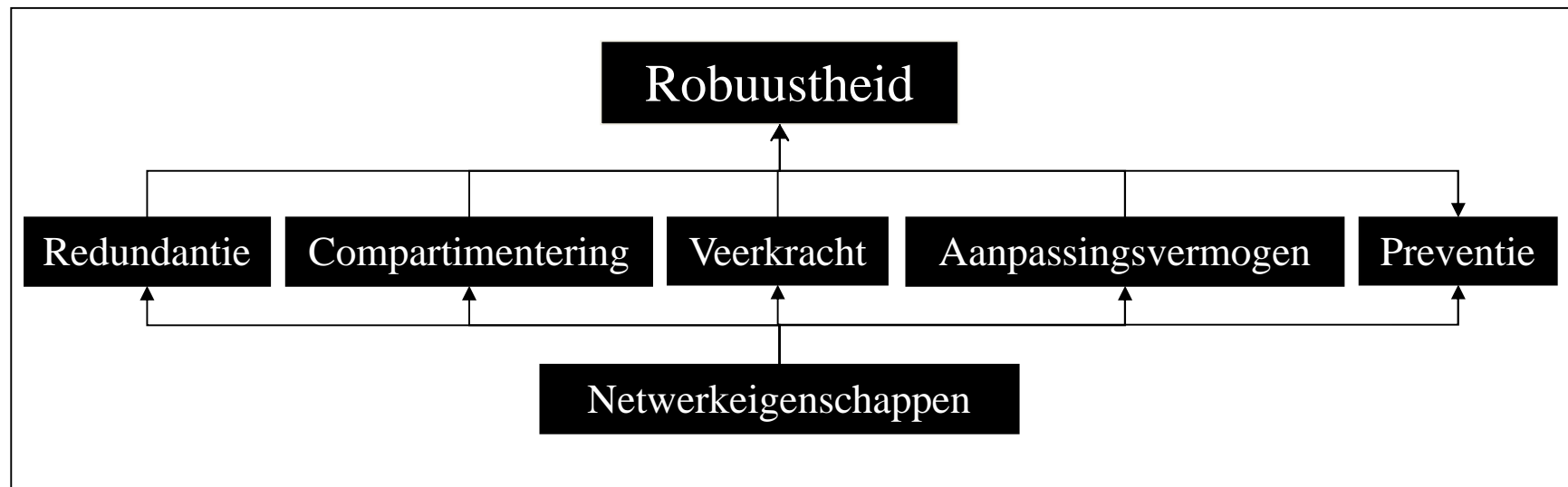
# Robuustheid en betrouwbaarheid van het systeem

## Optredende (afwijkende) verkeerssituaties

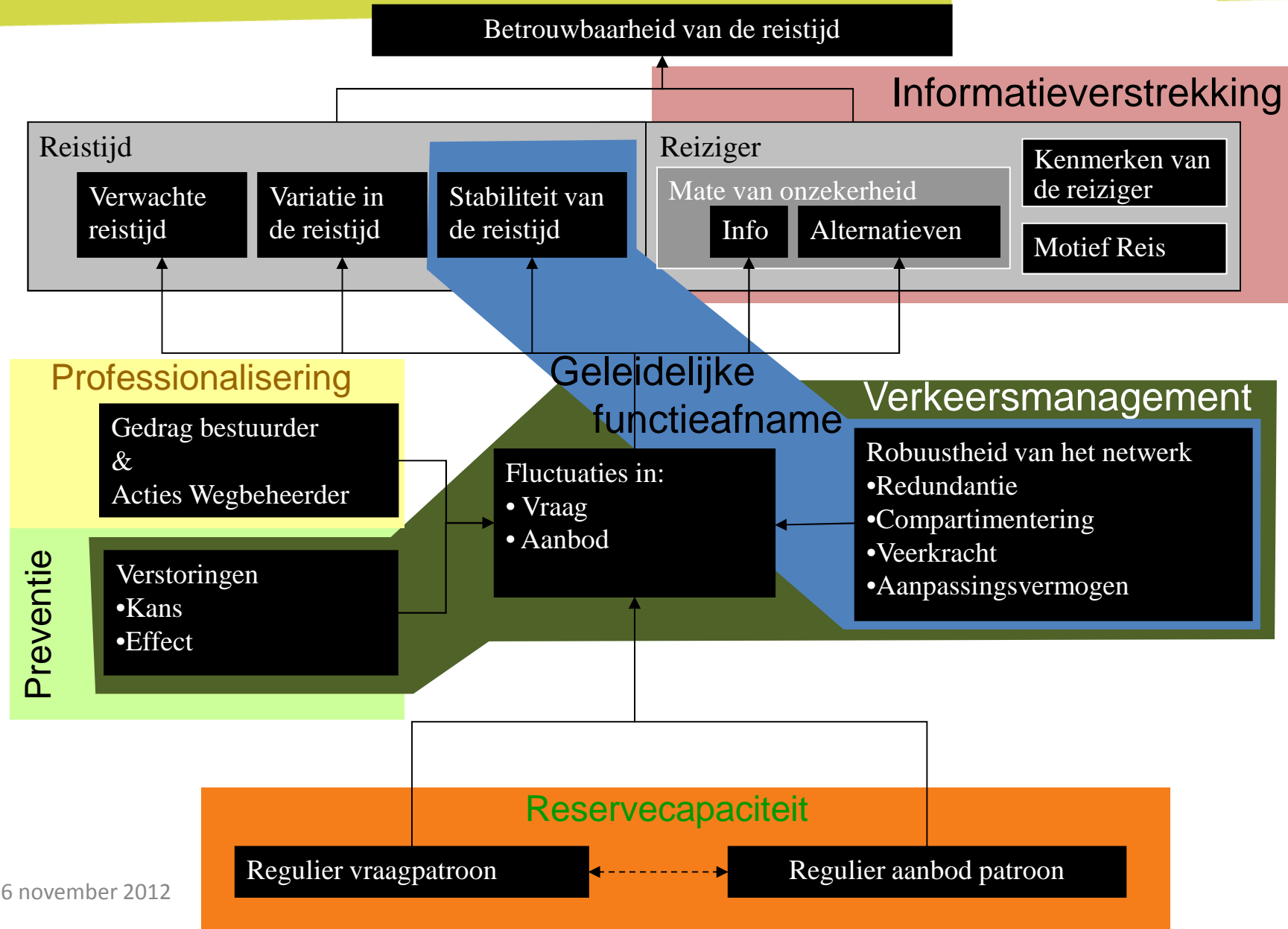
	<b>Voorspelbaar</b>	<b>Niet voorspelbaar</b>
<b>Regulier</b>	ochtendspits, avondspits, weekeinde verkeer, brugopeningen, klein wegenonderhoud	kleine incidenten, slechte weersomstandigheden
<b>Niet regulier</b>	vakantie verkeer, evenement, groot wegenonderhoud, uitzonderlijke weersomstandigheden	ernstige ongevallen/calamiteiten, kritieke situaties (crisis), ineenstorting infrastructuur

## Robuustheid en betrouwbaarheid van het systeem

Onder robuustheid verstaan we het vermogen om de functie waarvoor het netwerk ontworpen is te blijven vervullen, ook in situaties die sterk afwijken van de reguliere gebruikersomstandigheden.



# Causale relaties



## Contact

Ben Immers

TrafficQuest

E-mail: [ben.immers@gmail.com](mailto:ben.immers@gmail.com)

Zie ook:

<http://www.traffic-quest.nl>

## Notitie voor workshop TrafficQuest door Prof. dr. C.K. Hemelrijk, Rijksuniversiteit Groningen

### Zich voortbewegende groepen van dieren (met nadruk op vissholen en vogelzwermen)

#### I. Zelforganisatie versus sturing.

Voortbewegende groepen van dieren organiseren zichzelf (via zelforganisatie). In tegenstelling tot het menselijk autoverkeer, ontstaat hun gezamenlijke beweging doordat ze tot elkaar aangetrokken zijn, niet doordat ze dezelfde wegen kiezen. Ze worden vooral beïnvloed door elkaar, behalve als ze een gradient volgen (bijvoorbeeld een temperatuurgradient of een chemische gradient, zie onder Gelaagdheid), dan worden ze ook gestuurd van buitenaf.

#### Zelforganisatie van coördinatie in groepen:

Met behulp van computermodellen is aangetoond dat coördinatie van beweging in groepen ontstaat door zelforganisatie. Hierbij neemt men aan dat alle individuen gelijk zijn in hun gedrag (dus er is geen leider) en dat de individuen hun bewegingen wederzijds aan elkaar aanpassen. In deze modellen bewegen individuen zich volgens drie regels: Ze zijn aangetrokken tot anderen over een grote afstand, ze richten zich dezelfde kant op als hun burens op middelgrote afstand en ze vermijden botsingen met burens vlakbij<sup>1</sup>. De groep coördineert zich in dezelfde richting en neemt soms een bocht naar links of rechts door zelforganisatie. Dit gebeurt doordat door toeval net iets meer individuen dan een bepaalde drempelwaarde zich juist naar de dezelfde kant gedraaid hebben. Automatisch draaien hun burens zich ook in die richting en zo volgt de hele groep.

#### Kenmerken van de stroom:

##### *Beschrijvende parameters:*

Bewegende groepen van dieren worden voornamelijk beschreven met drie parameters<sup>1</sup>:

- de gemiddelde afstand tot de buur die het meest nabij is (Nearest Neighbour Distance, NND)
- snelheid van de groep (gemeten als snelheid van het middelpunt)
- mate waarin groepsleden dezelfde kant op gericht zijn (polarisatie, gemeten als lengte van de vector die resulteert als het gemiddelde van alle eenheidsrichtingsvectoren)

##### *Regimes*

Groepen kunnen zich in verschillende toestanden bevinden (misschien te vergelijken met turbulent en laminair) betreffende de mate van polarisatie, dus de mate van gelijkgerichtheid, bijvoorbeeld:

- in een *ongeorganiseerde* toestand is de richting van individuen toevallig (dus polarisatie is laag). Dit is kenmerkend voor dieren die fourageren en dus nauwelijks coördineren met anderen (vergelijk winkelende mensen).
- *rondcirkelend* achter elkaar aan (zoals een kat achter zijn staart aan kan lopen), Fig. 1 A
- in een *gepolariseerde* toestand: de individuen bewegen allemaal dezelfde kant op met een kleine afwijking (Fig. 1B) (vergelijkbaar met verkeer)

Interessant genoeg, blijkt in computer modellen <sup>2</sup> dat de toestand van de groep niet alleen afhangt van de parameters (en wel de sterkte en afstand waarover individuen op elkaar reageren betreffende hun aantrekking tot, meerichting met, en uitwijking voor anderen), maar ook van de voorgaande toestand (*hysteresis*). Namelijk als we uitgaan van een ongeorganiseerde groep met lage polarisatie (y-as, Fig. 1C) en we verhogen het bereik waarover individuen hun richting aanpassen aan anderen (x-as, Fig. 1C), dan zal de groep eerst rondcirkelen en bij een groter bereik van richtingsaanpassing zal de groep in een gepolariseerde toestand geraken (Fig. 1C). Als we de omgekeerde weg volgen, waarbij we uitgaan van de groep in gepolariseerde toestand en we het bereik verkleinen waarover individuen hun richting aanpassen aan anderen, dan wordt de kleinste waarde van het bereik waarop de groep nog (net) in een gepolariseerde toestand is, bereikt bij veel lagere waarden dan als de begintoestand ongepolariseerd is en men de omgekeerde weg volgt.

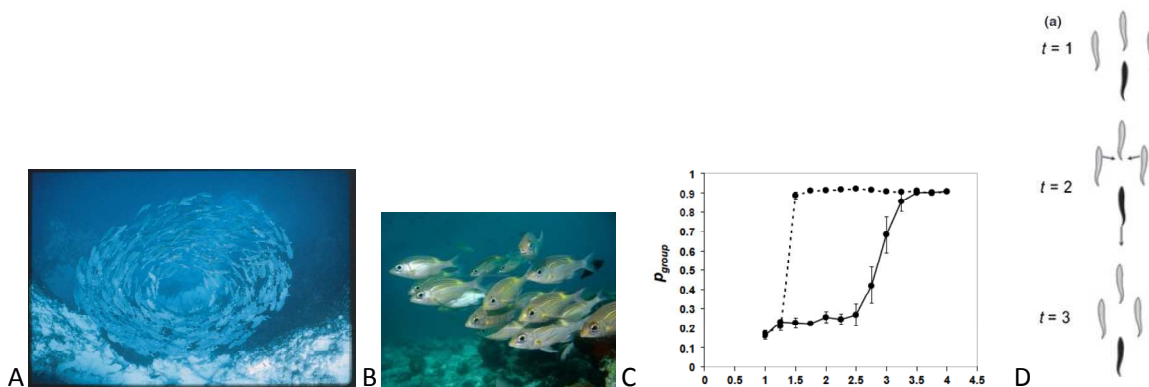


Fig. 1. Visscholen. A: Ronddraaien van visschool <sup>3</sup>, B: gepolariseerde visschool (web), C: hysteresis <sup>2</sup> met op x-as het bereik van richtingsaanpassing en op y-as de polarisatie, D: vorming van langwerpige school <sup>4,5</sup>

### Verschuiven in de stroom, filevorming, terugslag, schokgolven, zelforganisatie en groene golf

- *Filevorming* (gezien als vertraging van snelheid van een bewegende groep) is niet beschreven voor diergroepen. Dat gebrek hangt samen met de overvloed aan ruimte die dieren meestal hebben en dus is filevorming niet een probleem dat belangrijk lijkt bij dieren. Wel is beschreven voor visscholen, met behulp van modellen en met echte data, dat de snelheid waarop individuen zich meestal voortbewegen, de kruissnelheid, een effect heeft op het schoolgedrag: het blijkt dat als de kruissnelheid lager is, het gevolgde pad kronkeliger is (wat wij wijden aan minder inertia op lagere snelheid), de polarisatie in de school lager is (doordat individuen meer heen en weer draaien) en, als gevolg hiervan, is de onderlinge afstand groter <sup>4,6</sup>. Echter wij hebben wel ongepubliceerde data die laten zien dat ruimtegebrek tot een soort file-vorming kan leiden: Naarmate grotere scholen door



een smalle passage in ons aquarium zwemmen, zijn ze dichter, minder gepolariseerd en langzamer. De snelheidsvertraging (een soort file-vorming) en verminderde polarisatie wijdt ik aan een toename van noodzakelijke vermijding van botsingen tussen de groepsleden (geen data) doordat individuen zich dichter op bij elkaar bevinden. Dit zou experimenteel onderzocht kunnen worden.

- Een soort lichte vorm van *terugslag* (d.w.z. dat individuen binnen de school naar achteren bewegen) ontstaat in visscholen vermoedelijk bij het starten van de beweging van een groep na een periode van bijvoorbeeld fourageren. In computer modellen ontstaat zo'n soort terugslag doordat wanneer individuen gaan bewegen, bijvoorbeeld vanuit een ongeorganiseerde zwerm, ze zich allemaal dezelfde kant oprichten, door wederzijdse aantrekking dichter bij elkaar komen, aanvankelijk een bolvormige school vormen en daarna een langwerpige school. Deze langwerpigheid ontstaat door afremming wanneer een individu bijna op zijn voorganger botst, zodat hij naar achteren in de school beweegt. Als gevolg hiervan ontstaat een langwerpige school waarin de dichtheid het hoogst is aan de voorkant. Deze hoge dichtheid aan de voorkant, wordt ook voor echte visscholen beschreven<sup>4</sup>.
- Iets als *schokgolven* ontstaan in visscholen en vogelzwermen als ze aangevallen worden door roofdieren<sup>7,8</sup> (zie III Robuustheid en Verstoringen).
- Alle natuurlijke zwempatronen ontstaan door *zelforganisatie*.
- Vermijding van botsingen gebeurt op verschillende manieren in visscholen en vogelzwermen volgens ons model-gebaseerde onderzoek. Vissen vermijden botsingen door af te remmen, maar hierdoor komen de individuen dichter op elkaar te zitten dan wanneer ze niet afremmen (met eventueel filevorming tot gevolg, zie boven), en vogels vermijden botsingen door gemeenschappelijk ongeveer dezelfde snelheid aan te houden, waardoor nauwelijks gevaarlijke momenten ontstaan<sup>9</sup>. Dit heeft iets van een *groene golf*.

## II. Gelaagdheid: detailniveau, organisatiecoördinatie, tijdschaal, geografie en beïnvloeding van de stroom

Ten aanzien van de samenstelling van de stroom, lijkt mij deze bij visscholen en vogelzwermen homogener dan in het verkeer. Dit geldt voor het *detailniveau* van gedrag: ik vermoed dat in visscholen en vogelzwermen de individuele verschillen in kruissnelheid en acceleratie kleiner zijn dan in ons autoverkeer met vrachtwagens en verschillende typen personenauto's. Grote verschillen zijn er wel tussen verschillende soorten vogels of vissen, maar die bevinden zich zelden gezamenlijk in een zwerm. Qua *organisatie van coördinatie* zijn er soms verschillen tussen individuen in:

- a) *Dominantie* (kans op het winnen van gevechten) of in *motivatie*, bijvoorbeeld honger: dominantere koeien lopen meer voorop in de wei, hongerige vissen zwemmen meer voorop in de school en hebben zo waarschijnlijk meer invloed op de bewegingsrichting
- b) *Ervaring en starheid*: duiven die bijvoorbeeld meer ervaring hebben met het trekken naar een (overwinterings-) gebied, hebben een sterkere voorkeur voor een bepaalde richting en door hun grotere starheid hebben ze meer invloed op de route die de groep volgt

Verder zijn er *subgroepen*: hoewel in spreekuuzwermen (en in computer modellen ervan, gebaseerd op zelforganisatie) individuen hun beweging slechts met die van 6 tot 7 van hun meest nabije buren coördineren, zijn hun snelheids- en richtingsveranderingen desondanks gecorreleerd met die van een

groter aantal burens. Het blijkt dat naarmate de groep groter is, de voortbeweging van elk individu met een (lineair) groter aantal burens gecorreleerd is, dus dat de subgroepen groter worden in grotere groepen. De samenstelling van welke burens behoren tot een subgroep varieert voortdurend en daardoor blijft het geheel bij elkaar.

Zwermbewegingen vinden plaats op verschillende *tijdschalen* en over verschillende *geografische afstanden*. Migratie over grote afstanden vindt meestal twee maal per jaar plaats en gebeurt veelal in grote groepen. Migratie tussen verschillende voedselplaatsen gebeurt meermaals op een dag, meestal in kleinere groepen (vermoedelijk zijn deze groepen minder gepolariseerd). Migratie tussen slaappleats en voedselplaats gebeurt elke dag twee keer en in een bepaalde periode in het jaar vormen bepaalde vogelsoorten (bijvoorbeeld bij spreeuwen in de periode voorafgaand aan de migratie) hele grote groepen op de slaappleats (rond de 20.000 individuen).

### III. Robuustheid en verstoringen (vergelijk incidenten/evenementen/evacuaties)

#### Robuustheid van groepscoördinatie

De coördinatie van dieren in groepen blijkt robuust, doordat dieren in groepen beter beschermd zijn tegen roofdieren dan als ze alleen zijn. In een groep kunnen ze nooit allemaal gegeten worden door het roofdier (verdunningseffect), ze zien het roofdier al op een grotere afstand aankomen (waarschuwingseffect), ze brengen het roofdier in verwarring als ze met zo velen kriskras door elkaar bewegen (verwarringseffect), ze blijven minder snel in een lokaal minimum steken als ze een gradiënt volgen (opheffing van vele fouten), en ze hebben de neiging om tijdens hun jaarlijkse migratie terug te keren naar waar hun ouders succesvol vandaan zijn gekomen.

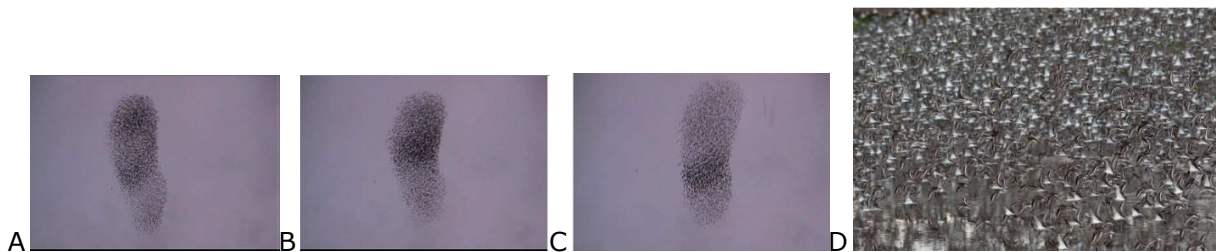


Fig. 2 A-C Een golf van schrik door een spreeuwenzwerm boven Rome als reactie op een valkenaanval<sup>7</sup>. Opeenvolgende videobeelden van neerwaartse puls (donkere band beweegt naar beneden). 2D bonte strandloper, witte onderkant en donkere bovenkant

#### Verstoringen, hun ontstaansoorzaken, de gevolgen en hoe ze opgelost worden

Hoe het systeem berekend is op verstoringen:

1. Aanval door een roofdier op een groep: de prooi kan het roofdier ontvluchten of weggagen. *Ontvluchten* van een aanval door een roofdier: dit heeft allerlei indrukwekkende groeps patronen tot gevolg, prooivissen vluchten in alle richtingen (bekend als flash expansion), de visschool of vogelzwerm verdicht zich tot een bal, een verticale kolomvormige vogelzwerm ontstaat of er beweegt zich met hoge snelheid een golf van schrik van de ene kant naar de andere kant van de zwerm, Fig. 2 (misschien vergelijkbaar met schokgolven in het verkeer?). Dat prooivogels onderling

niet botsen in deze situaties is opmerkelijk. Van vissen weten we dat ze wel soms botsen en wel met de roofvis wanneer hij midden door de school schiet. Vogels en vissen hebben in een groep een veel kleinere kans om gepakt te worden door het roofdier dan als ze alleen zijn. Alhoewel ze even uit elkaar vluchten soms, komen de individuen daarna weer bij elkaar. De groepen zijn dus robuust in de zin dat de individuen bij elkaar blijven, individuen in een groep weinig (of niet) botsen, zelfs tijdens een verstoring door een roofdier en het aantal individuen dat gevangen wordt door het groepsverband verlaagd wordt. Manieren waarop de informatie van een naderend roofdier doorgegeven wordt is veelvuldig, bijvoorbeeld door te alarmeren (waardoor anderen over grote afstand snel op de hoogte zijn) en vluchtgedrag. Informatieoverdracht is speciaal raadselachtig in de schrikgolven (Fig. 2). Bijvoorbeeld bij spreuwenzwermen zijn er golven die zichtbaar zijn als een dikke zwarte band die zich in een bepaalde richting beweegt over de zwerm (Fig. 2abc) en bij bonte strandlopers (Fig. 2d) kan de hele zwerm razendsnel van kleur veranderen tussen bruin en wit (boven- en onderkant van de vogel).

Verjagen (mobbing) van roofdier: prooivogels kunnen gezamenlijk een roofvogel verjagen.

2. Gaten in een gradiënt: vissen in een school volgen een gradiënt beter dan vissen apart doen. Dit komt doordat vissen apart vastlopen in locale maxima, maar scholen niet.
3. Afwezigheid van ervaren individuen tijdens migratie, betekent dat de groep naar een nieuwe locatie migreert. De groep blijft wel bij elkaar. Kennelijk is dit meestal geen probleem.
4. Een foute voorkeursrichting: gedachtenexperiment over wat er gebeurt als een robotvis de foute richting aangeeft, bijvoorbeeld deze robotvis leidt naar een doorgang waarin een roofvis wacht. Dan zullen een aantal vissen volgen, maar ik verwacht dat daarbij enkele van hen het roofdier zullen ontdekken en alsnog weg zullen vluchten. Doordat elk dier apart informatie verwerkt, is er veel kans dat ze dus toch het veiligere pad zullen kiezen. Dus is het systeem robuust door informatie van binnenuit.

De verantwoordelijkheid bij het oplossen van de verstoringen ligt dus altijd bij de dieren zelf en hun 'maatregelen' zijn evolutionair geselecteerd.

## Referenties

NB De referentielijst is bewust incompleet gehouden om het eenvoudig te houden. Uiteraard ben ik graag bereid meer informatie te geven indien gewenst.

## References

1. Huth, A. & Wissel, C. The Simulation of the Movement of Fish Schools. *J. theor. Biol.* **156**, 365-385 (1992).
2. Couzin, I. D., Krause, J., James, R., Ruxton, G. D. & Franks, N. R. Collective memory and spatial sorting in animal groups. *J. Theor. Biol.* **218**, 1-11 (2002).
3. Parrish, J. K. & Edelstein-Keshet, L. Complexity, pattern, and evolutionary trade-offs in animal aggregation. *Science* **284**, 99-101 (1999).
4. Hemelrijk, C. K. & Hildenbrandt, H. Self-organized shape and frontal density of fish schools. *Ethology* **114**, 245-254 (2008).
5. Hemelrijk, C. K., Hildenbrandt, H., Reinders, J. & Stamhuis, E. J. Emergence of oblong school shape: models and empirical data of fish. *J. theor. Biol.* **116**, 1099-1112 doi: 10.1111/j.1439-0310.2010.01818.x (2010).
6. Viscido, S. V., Parrish, J. K. & Grunbaum, D. The effect of population size and number of influential neighbors on the emergent properties of fish schools. *Ecol. Model.* **183**, 347-363 (2005).

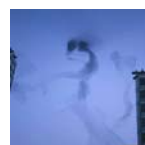
Hemelrijk, Notitie voor TrafficQuest, 6

7. Procaccini, A. *et al.* Propagating waves in starling, *Sturnus vulgaris*, flocks under predation. *Anim. Behav.* **82**, 759-765 (2011).
8. Gerlotto, F., Bertrand, S., Bez, N. & Gutierrez, M. Waves of agitation inside anchovy schools observed with multibeam sonar: a way to transmit information in response to predation. *Ices Journal of Marine Science* **63**, 1405-1417 (2006).
9. Hemelrijk, C. K. & Hildenbrandt, H. Schools of fish and flocks of birds: their shape and internal structure by self-organization. *Interface Focus*, 1-12 (2012).

## Visscholen, vogelzwermen en autoverkeer

Charlotte K. Hemelrijk  
Behavioural Ecology and Self-organisation  
Centre for Ecological and Evolutionary Studies  
University of Groningen  
The Netherlands

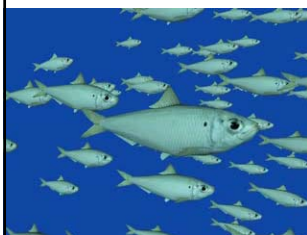
## Voortbewegende groepen dieren



Spreeuwenzwermen (C. Carere)

## Computer model van visschool

Hemelrijk & Hildenbrandt, 2008, *Ethology*



Identieke individuen bewegen zich voort, en coördineren volgens

### Drie gedragsregels

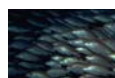
- aantrekking tot anderen
- aanpassen van richting
- botsingvermijding door vertraging

Door zelforganisatie: een bocht maken, .....

## Regimes en zelforganisatie



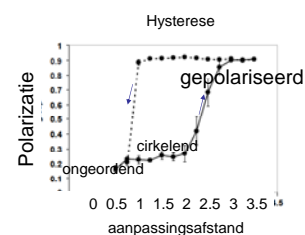
ongeordend



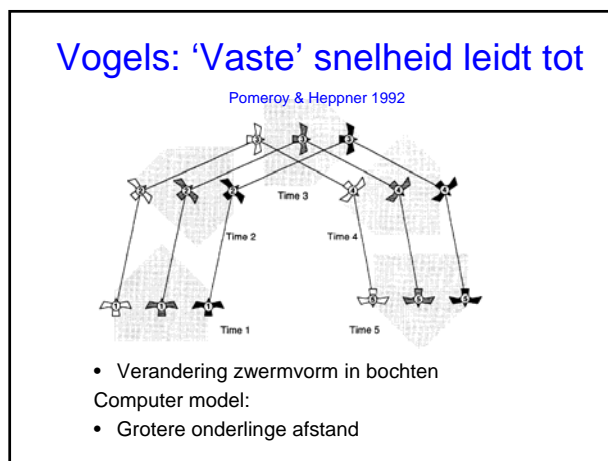
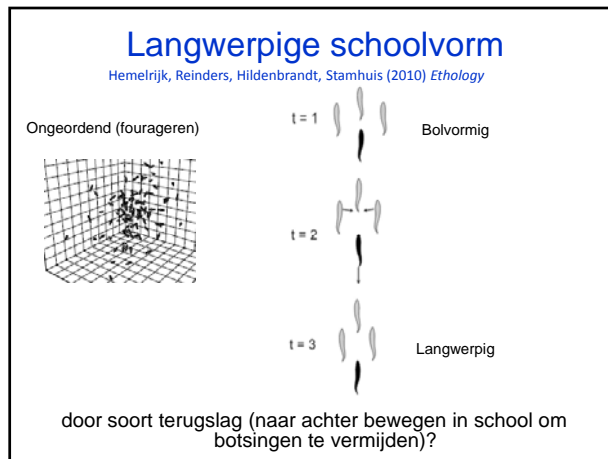
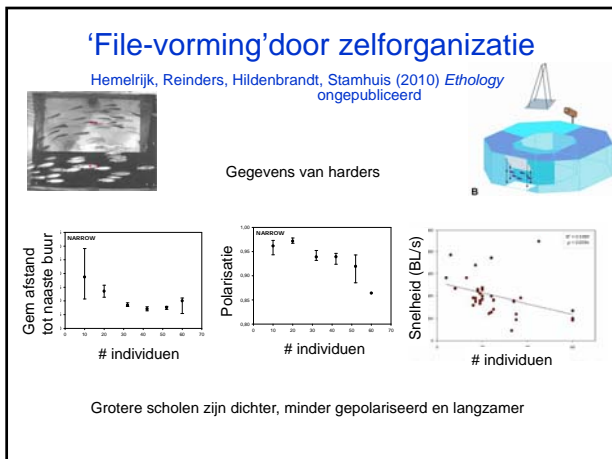
gepolariseerd



rondcirkelend



Regime hangt af van afstand waarover individuen hun bewegingsrichting aanpassen en van vorige toestand (hysteresis)

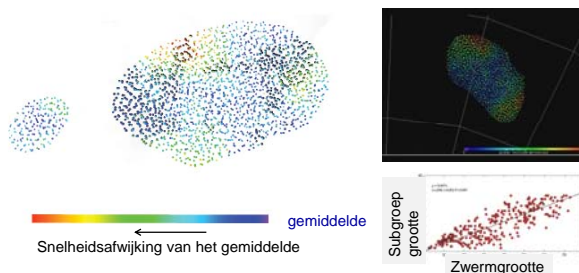


### Subgroepen in grote zwerm, 20.000 individuen



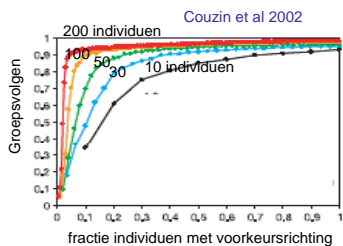
### Grotere zwerm, grotere sub-zwerm

Hemelrijk & Hildenbrandt, 2011, PlosOne



net als bij echte spreeuwen

### Gelaagdheid: individuen met een 'leidersfunctie' of een voorkeursrichting



In grotere groepen kunnen relatief minder individuen de hele groep een voorkeurskant op bewegen

### Gelaagdheid

Oorzaken 'leidersfunctie':

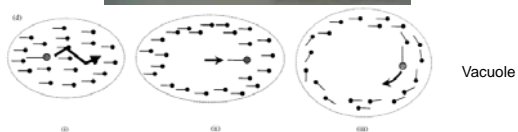
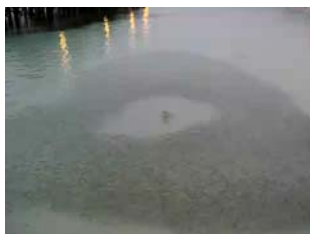
- Ervaring (bij duiven)
- Dominantie (bij koeien)
- Honger (bij vissen)

Sturing van groep is mogelijk met behulp van:

- robotten

## Robuustheid van school

Visschool is  
aangevallen  
door haai



## Robuustheid : Informatie overdracht en schokgolven



Schokgolven in spreuwenzwermen?



Snelle informatie overdracht onder  
strandpleiertjes

## Robuustheid als aangevallen

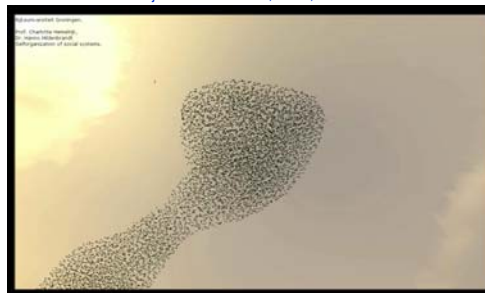
Spreuwenzwermen



Youtube Hoograven

## Computer model : zelforganizatie van spreuwenzwermen

Hemelrijk & Hildenbrandt, 2011, PlosOne



Model spreuwenzwerm:  
• 3 regels van coördinatie  
• vlieggedrag

Prooi:  
• Vermijding aanval  
• Bij zwerm blijven



## **Analogieën voor Verkeersmanagement**

Walther Ploos van Amstel

Vrije Universiteit

23 oktober 2012

### **Sense and respond in logistiek**

In het domein van goederenvervoer zijn verschillende 'nabije analogieën' te trekken met DVM. Deze worden in het logistieke domein vaak aangeduid met 'sense and respond logistics'. In deze bijdrage worden voorbeelden aangedragen, waarbij in het bijzonder synchromodaal transport als analogie wordt uitgewerkt.

De communicatie begint bij de onderdelen van het netwerk en niet bij een centrale computer. Of het nou pakketjes, pallets, containers of vers geplukte rozen uit Afrika zijn: ze geven aan wat ze zijn, hoe zwaar ze zijn, waar ze naartoe moeten en hoe laat ze daar moeten zijn. Stel je voor: een vrachtauto is onderweg en rijdt in de buurt van een van de magazijnen. Een pakket in het magazijn vraagt of het mee mag. De vrachtauto bekijkt vervolgens of de reeds ingeladen pakketten door deze ophaalactie niet te laat arriveren.

S&R biedt nieuwe mogelijkheden om snel te kunnen schakelen. De achterliggende intelligente logistieke concepten maakt het mogelijk om ketenlogistieke proces te verbeteren. Zelforganisatie, synchronisatie en proactiviteit zijn sleutelwoorden bij deze concepten. Centraal daarbij staat de toepassing van op Intelligent Agents gebaseerde softwarecomponenten. Daarin liggen veel overeenkomsten met verkeersmanagement.

Het concept 'sense and respond' komt oorspronkelijk bij Defensie vandaag:

*Sense and Respond Logistics is a transformational network-centric concept that enables Joint effects-based operations and provides precise, agile support. Sense and Respond Logistics relies upon highly adaptive, self-synchronizing, and dynamic physical and functional processes. It predicts, anticipates, and coordinates actions that provide competitive advantage spanning the full range of military operations across the strategic, operational, and tactical levels of war. Sense and Respond Logistics promotes doctrinal and organizational transformation, and supports scalable coherence of command and control, operations, logistics, intelligence, surveillance, and reconnaissance. Implemented as a cross-service, cross-organizational capability, Sense and Respond Logistics provides an end-to-end, point-of-effect to source-of-support network of logistics resources and capabilities. Within Sense and Respond Logistics, every entity, whether military,*

*government, or commercial, is both a potential consumer and a potential provider of logistics. It delivers flexibility, robustness, and scalability for Joint expeditionary warfare through adaptive, responsive, real-time, demand and support networks within U.S., allied, and coalition operations. This concept is based on The OODA loop (for observe, orient, decide, and act) is a concept originally applied to the combat operations process, often at the strategic level in military operations. It is now also often applied to understand commercial operations and learning processes. The concept was developed by military strategist and USAF Colonel John Boyd.*

Het verzamelen van informatie uit complexe logistieke netwerken om de juiste beslissingen te nemen is niet eenvoudig. Gelukkig zorgt de ICT-sector voor informatieverwerkingscapaciteit om steeds betere beslissingen te kunnen nemen. Dat zien we ook bij verkeersmanagement. De communicatie begint bij de onderdelen van het logistieke netwerk en niet bij een centrale computer. Daar ligt een overeenkomst met verkeersmanagement.

### **Situational awareness**

De bedoeling is de Situational Awareness (SA) te vergroten voor de logistieke beslisser; in het geval van verkeersmanagement de bestuurder. Dit houdt in dat elke medewerker informatie heeft om een situatie beter te kunnen beoordelen en zo beter kan beslissen en sturen. SA is niet een scherm vol cijfertjes en lettertjes. Het zijn dashboards en virtuele verkeerstorens, of cockpits, digitale werktafels, die zichtbaar maken wat er in de wereldwijde goederenstromen gebeurt; visualisering. Daar ligt een overeenkomst met verkeersmanagement.

Met die enorme hoeveelheid informatie, maar dan goed gepresenteerd en op de individuele ervaring en kennis afgestemd, moet de logistieke beslisser snel en trefzeker de juiste beslissingen kunnen nemen, waarbij de beslisser 'train as you fight' leert. Dit ontbreekt (nog) aan het concept van DVM.

### **Containerlogistiek**

In de containerlogistiek worden intelligente logistieke concepten ontwikkeld om de douane-afwikkeling in import- en exportprocessen te faciliteren en door ketentransparantie de zichtbaarheid in de keten te vergroten. Intelligente containerlogistiek integreert verschillende technologieën zoals satellietplaatsbepaling, RFID en sensortechnologie (temperatuur, trillingen). De electronic container device ofwel e-seal, die aan de container wordt bevestigd speelt daarbij een belangrijke rol.

In het Europese onderzoeksproject SMART-CM (Container Management) wordt innovatieve containerlogistiek ontwikkeld. Met douane en logistieke ketenpartijen wordt aan een standaard gewerkt om zogenoemde 'secure trade lanes' of 'green lanes' te ontwikkelen. Dat zijn transportlijnen tussen gecertificeerde partners, Authorised Economic Operators (AEO), waardoor douanecontroles tot een minimum kunnen worden beperkt. Het informatieplatform dat wordt ontwikkeld in SMART-CM,

gebaseerd op e-seals en andere informatiebronnen, automatiseert de documentenuitwisseling met de douane en andere ketenpartijen en minimaliseert douanecontroles. Het e-seal registreert ook ongeautoriseerde handelingen aan de container, zoals het openmaken van de deuren. Ook geeft het situational awareness, bijvoorbeeld doordat de temperatuur of schokgevoeligheid van de container door het e-seal wordt gevolgd. Afwijkingen worden automatisch in standaardberichten naar de juiste ketenpartijen gestuurd.

### **Planning op tactisch niveau: predict and prepare**

Ervaringen met just-in-time en S&R-logistiek, voor de beheersing op operationeel niveau, leren dat je kunt plannen tot je een ons weegt, maar als de capaciteiten in het logistieke netwerk gewoonweg niet voldoende zijn, je toch niet tijdig kunt leveren. Daar ligt een overeenkomst met verkeersmanagement.

Je moet enige tijd vooraf nadenken over robuuste scenario's en alternatieven als er de vraag onverwacht stijgt, of uitvalt. Het is zinvol kritieke capaciteiten in het logistieke netwerk te onderkennen en je daarop voor te bereiden met strategische en tactische scenario's.

Sense and respond kijkt vooral naar de huidige, actuele stand van zaken in het netwerk en reageert vervolgens. Predict and Prepare gaat een stap verder door vooraf de beste, alternatieve, contingency plannen voor het netwerk uit te werken. Je kunt sneller en beter beslissen als de situatie echt verandert. Daarmee legt P&P de basis voor S&R, door vooraf, wanneer er nog voldoende opties zijn, na te denken wat de beste response is. Dit is een belangrijk uitgangspunt voor ook verkeersmanagement; kunnen met grote gebruikers op langere termijn afspraken worden gemaakt. De ervaringen met verkeersmanagement bij werkzaamheden op de A12 waren positief.

### **Innovatie in logistiek**

De 'sense and respond' concepten biedt kansen op innovatie in onder meer:

1. Het ontvangen van lege zeecontainers bij Heineken met dynamic dock planning.
2. Het verkorten van laad- en lostijden in de levensmiddelenlogistiek met het project Speed Docking; geo-fencing en dynamic dock planning.
3. De plannen rond synchromodaal vervoer (deze worden later beschreven).
4. Het gebruik van 'speedprofiling' data door het Centraal Boekhuis (in samenwerking met Ortec).
5. Het inzetten van zeecontainers voor het vervoer van rozen uit Afrika; 'flowerwatch'.
6. De planning van bussen voor het halen en brengen van passagiers naar vliegtuigen op Schiphol (Ortec met Schiphol).
7. Het KLM Operations Control Center.

TNO brengt op dit moment de ervaringen met 'sense and respond' in kaart.

Een basisvoorwaarde voor het gebruik van deze en dan met name dynamische gegevens is Connected Navigation, dat door steeds meergebruikers van die infrastructuur met de inzet van boordcomputers en navigatiesystemen werkelijkheid is geworden. Connected Navigation in vervoersmiddelen geeft een realtime inzicht in het gebruik van de infrastructuur die gekoppeld aan ITS (Intelligente Transport Systemen) van grote waarde is voor het verkeersmanagement (zogenoemde 'floating car data'). Het transportmiddel is in de toekomst zelfs in staat zelfstandig te onderhandelen met de infrastructuur over het handigste moment om de weg op te gaan en over de slimste route op dat moment en biedt daarmee mogelijkheden voor gericht DVM. Zo loopt Connected Navigation over in Smart Logistics Interactive Mobility (SLIM). SLIM opent de weg naar nieuwe mogelijkheden voor het verbeteren van de mobiliteit in Nederland met onder meer verkeersmanagement.

### Synchromodale netwerken

Een specifieke analogie is te vinden bij synchromodaal transport. Dit is een relatief nieuw begrip in de transportwereld. Dit kan volgens een rapport van ECT (2011) leiden tot kostenefficiëntie, duurzamere transporten en een optimaal gebruik van infrastructuur en vervoersmiddelen. Volgens Verweij (2011) is het begrip geïntroduceerd door het Strategisch Platform:

"Bij synchromodaal transport kun je op elk gewenst moment kiezen tussen verschillende modaliteiten, op basis van de actuele omstandigheden... Dit betekent dat je iedere keer weer een afweging kunt maken wat de meest wenselijke manier van vervoeren is en welke modaliteiten je daarbij inzet." (Topteam Logistiek, 2011)



Veel elementen van synchromodaliteit zijn namelijk ook terug te vinden in andere vormen van transport. Synchromodaliteit wordt gezien als een specifieke en innovatieve

uitwerking van erkende transportstructuren, zoals intermodaal en co-modaal transport. Hieronder staan de hoofdstructuren van transport puntsgewijs weergegeven met de basiskenmerken in volgorde van conventioneel naar meer ontwikkelde systemen.

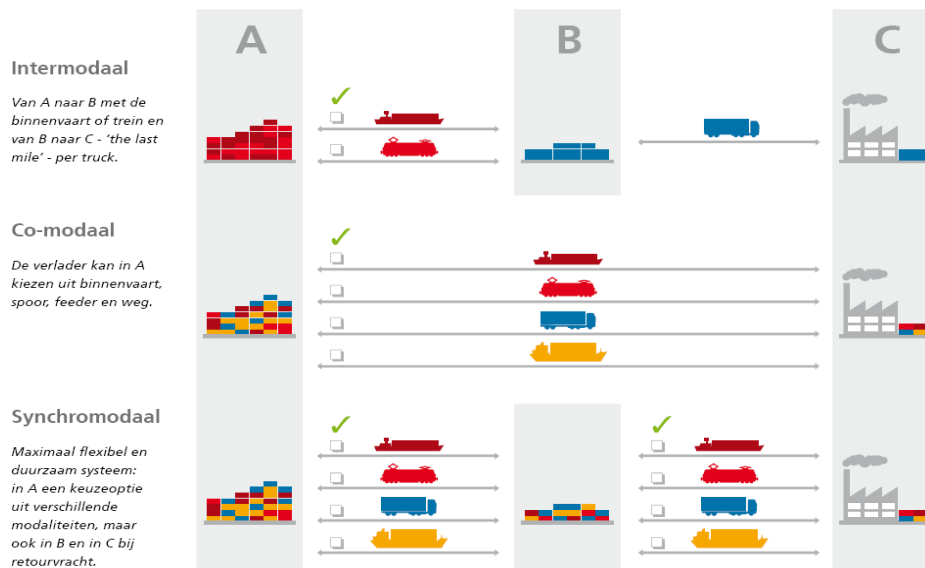
Tabel 1: Transportsystemen (ontleend aan Verweij, 2011)

Vorm transport	Basiskenmerken
<b>Unimodaal</b>	Transport van A naar B door middel van één modaliteit.
<b>Multimodaal</b>	Transport van A naar B door middel van twee of meer modaliteiten.
<b>Intermodaal</b>	Transport van A naar B door middel van twee of meer modaliteiten.  Goederen worden vervoerd in een standaard laadeenheid (bv: container).
<b>Co-modaal</b>	Transport van A naar B met één of meerdere modaliteiten naast elkaar of in combinatie met elkaar, met als doel een optimaal en duurzaam gebruik van resources te behalen.  Geïntroduceerd door EU Commissie om af te stappen van het aanbodsdenken en te werken naar een uitgangspunt van logistiek ketenmanagement.  Nadruk ligt op ketenregie in plaats van transportmanagement.
<b>Synchromodaal</b>	Transport van A naar B waarbij op elk moment gedurende het transport gekozen kan worden om van modaliteit te wisselen.  Geïntroduceerd door Strategisch Platform Logistiek om bereikbaarheid en duurzaamheid van transport te bevorderen, aangezien op basis van actuele omstandigheden (lage waterstand, real-time verkeersinformatie, etc.) op elk moment de meest wenselijk vorm van transport gekozen kan worden.  Nadruk ligt op het managen van het logistieke netwerk (netwerkregie) in plaats van aparte ketens (ketenregie)

Waarin synchromodaliteit dus het meest verschilt, van de traditionele vormen, is de flexibiliteit bij het kiezen tussen verschillende modaliteiten. Op elk gewenst moment kan de dienstverlener beslissen met welk type transportmiddel het vervoer van een bepaalde vracht naar een bestemming wordt gebracht. Dit lijkt sterk op verkeersmanagement.

De kern van dit concept zit hem dan ook in de afstemming tussen goederenketens, vervoerketens en infrastructuurketens. Hierdoor kan, gegeven de actuele en totale

vervoersvraag, op elk moment de juiste modaliteit gekozen worden. Hier liggen dus ook veel raakvlakken met verkeersmanagement.

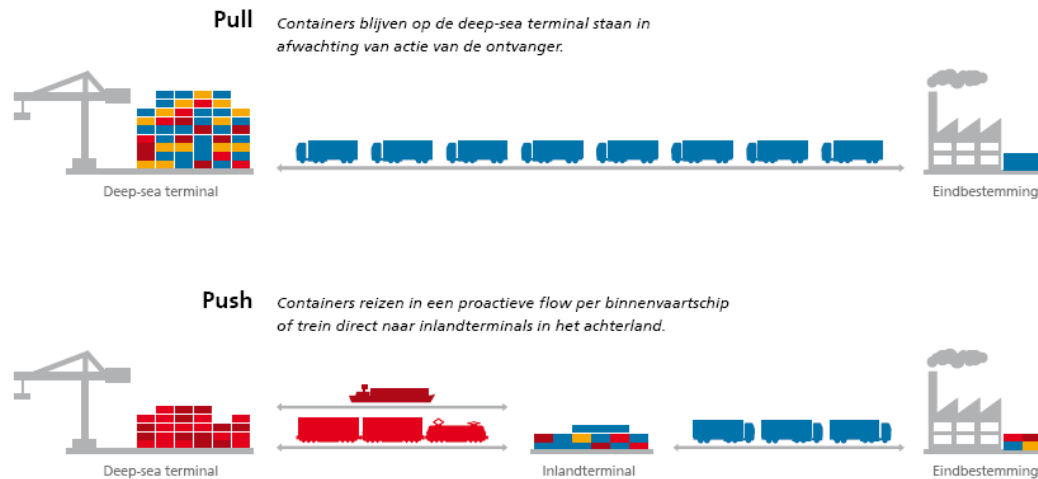


Figuur 1: Verschil tussen vervoersystemen vanuit zeehavens (uit: ECT - De toekomst van het goederenvervoer, 2011)

Een belangrijk element van synchronodaal transport is netwerkregie. In plaats van het management over ketens, zoals bij co-modaal transport, is er een netwerkregisseur nodig die in staat is om de status en beschikbaarheid van verschillende vervoersmiddelen te overzien en deze te beheersen en besturen. Op deze manier kan er een passend traject voor een transport worden gekozen en kan, afhankelijk van de wensen van de consument, de voordeligste, snelste en/of meest duurzame dienst worden aangeboden. Zo wordt de klant ook niet gedwongen tot een bepaalde modaliteit, maar zal hij garanties krijgen over start- en leveringstijden, kosten en kwaliteit van het transport, en zal de vervoerder de uiteindelijk meest aantrekkelijke optie voor de klant leveren. Wanneer deze logistieke dienstverleners openheid van informatie hebben **bij** de afkomst en eindbestemming van goederen, kan het deze goederen gaan bundelen om een hogere efficiëntie in een transport te bewerkstelligen.

Samenwerking en informatievoorziening tussen meerdere partijen en systemen in synchronodaal transport zijn dus de basis voor het succes van een dussdanig netwerk. De goederenstromen zijn niet meer vast geklonken aan een type vervoerswijze en/of vervoerder maar worden door de netwerkregisseur naar hun eindbestemming gedirigeerd. In plaats van acties van de ontvangende partij (pull) zal de regisseur de goederen proactief en zo efficiënt mogelijk door de transportketen duwen (push) (zie figuur 8) (ECT, 2011)

Verwijderd: met betrekking tot



Figuur 2: Synchronodaal transport: van Pull naar Push vanuit zeehavens (figuur uit: ECT - De toekomst van het goederenvervoer, 2011)

Dat zal uiteindelijk resulteren tot een betere benutting van de beschikbare infrastructuur en dus een efficiëntere inzet van de beschikbare vervoersmiddelen. Een ander punt van aandacht is dat bij een synchronodaal transportnetwerk inlandterminals aanwezig zijn. Op deze terminals kan er van modaliteit gewisseld worden. Dus niet alleen in zeehavens, maar ook verder in het traject van een transport is er de mogelijkheid om van modaliteit te wisselen.

Het invoeren en in gebruik nemen van een synchronodaal transportnetwerk is makkelijker gezegd dan gedaan. De diensten van vervoerders in de huidige vervoersmarkt zijn veelal unimodaal, multimodaal of intermodaal van aard. Om deze diensten te bundelen in synchronodale transportdiensten zijn er volgens Verweij (2011) twee zaken cruciaal.

Ten eerste moeten verschillende verladers samen werken om het bundelen van de te vervoeren goederen mogelijk te maken. Alleen wanneer er grotere volumes bereikt worden is het aantrekkelijk voor verladers om te kiezen voor alternatieve vormen van transport; zoals de binnenvaart en het gebruik van het spoor. De kosten zijn te hoog voor verladers wanneer kleine hoeveelheden met dergelijke modaliteiten vervoerd worden en het is gecompliceerd om deze diensten op te zetten en op maat te krijgen. Wanneer er echter samengewerkt wordt door verschillende partijen is dit beter te bewerkstelligen en kunnen de kosten voor het opzetten van een dergelijk systeem gedeeld worden. Een tweede voorwaarde voor een succesvolle synchronodale dienst is de aanwezigheid van een open, transparant en competent ICT platform. Middels zo'n platform kan het netwerk geregisseerd worden en is er informatie beschikbaar voor belanghebbende partijen aangaande hoeveelheden, beschikbaarheid en up-to-date omstandigheden waardoor de juiste dienst op het juiste moment gekozen kan worden.

Wanneer er onvoorziene omstandigheden optreden kan op basis van een informatieplatform gekozen worden voor de beste optie op elk moment van het transport.

Een derde voorwaarde is de noodzaak van de benodigde infrastructurele faciliteiten. Ook hier is een analogie met verkeersmanagement. Wanneer er bijvoorbeeld gesproken wordt over de binnenvaart moeten er wel geschikte rivieren en kanalen aanwezig zijn die deze vorm van transport mogelijk maken en ook zullen de beheerders van spoornetwerken internationaal moeten samenwerken om de infrastructuur op elkaar aan te sluiten. Daarnaast is het van belang dat er faciliteiten aanwezig zijn om de overslag tussen verschillende modaliteiten te bewerkstelligen. Organisatorische maatregelen en initiatieven kunnen op relatief korte termijn ondernomen worden, maar de aanleg en ingebruikname van terminals, spoorwegen en andere infrastructuur kan alleen op de lange termijn mogelijk gemaakt worden. Investerings van deze aard zijn daarnaast vaak moeilijk te realiseren. Veelal is de overheid verantwoordelijk voor infrastructurele netwerken en moet hierin dus worden samengewerkt met belanghebbenden uit het bedrijfsleven en publieke stakeholders.

De betrokkenheid van de overheid is van belang om synchromodaal transport mogelijk te maken. Alhoewel de verantwoordelijkheid en het initiatief niet voor rekening van de overheid moet liggen kunnen overheden op verschillende niveaus toch bijdragen aan het succesvol opzetten van een synchromodaal netwerk. Er zijn drie mogelijke rollen voor de overheid. De eerste rol heeft betrekking op de wet- en regelgeving. Door aanpassing van regelgeving op het gebied van voertuig- en milieurestricties kunnen barrières voor vervoerders weggenomen worden, wat zal leiden tot efficiëntere inzet van transportmiddelen. De tweede rol is een faciliterende rol; het ontwikkelen van infrastructurele trajecten, netwerken en knooppunten, die synchromodaliteit moet ondersteunen. De laatste rol voor de overheid heeft volgens Verweij te maken met het stimuleren van synchromodale initiatieven. Dit kan door centrale aanspreekpunten en loketten op te zetten en daarnaast extra aandacht te besteden aan projecten die duurzaam transport als uitgangspunt hebben.

### **Verre analogieën**

Kort wil ik ook nog enkele verre analogieën bespreken.

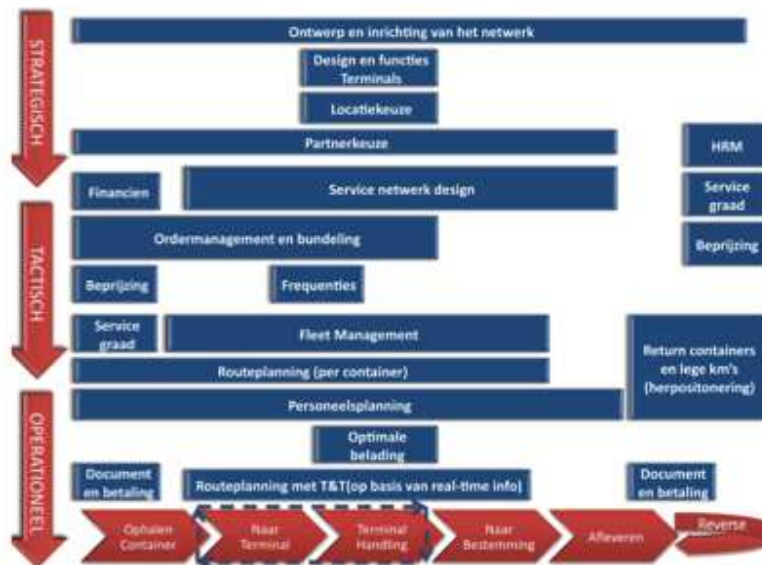
Douane: De 'Sense and respond' gedachten worden ook gebruikt door de douane en Koninklijke Marechaussee. Gegevens over reizigers, en hun bagage, zijn actueel en betrouwbaarder in de hele keten bekend. Het credo hierbij is 'situational awareness'; omgevingsbewustzijn. Dit houdt in dat elke grenstoezichthouder informatie heeft om zijn of haar situatie beter te kunnen beoordelen en dus beter te kunnen beslissen.

Schiphol bagage: Door integratie van RFID en IA-technologie is het in de toekomst mogelijk dat pallets, bakken en dozen zelf hun weg door het magazijn zoeken en zelf conveyors, sorters, kranen en robots aansturen om verplaatst te worden naar de juiste locatie. Op Schiphol gebeurt dat al met bagage die verschillende routes over de



geautomatiseerde systemen wordt toegekend (inclusief een 'kofferhotel' voor bagage met een langere verbijfstijd)

PostNL: Sinds 1 juni 2007 worden in 6 postsorteercentra in Nederland medewerkers flexibel ingepland met software op basis van agent-technologie. John Simons (directeur ICT bij Post NL): "De software van ASK zorgt ervoor dat de bezettingsgraad binnen de zes sorteercentra van TNT Post in Nederland continu afgestemd is op de benodigde arbeidscapaciteit. Zonder ASK zouden we dit nooit gedaan krijgen. We plannen wekelijks ongeveer 2500 mensen in met ASK. Als je hen één voor één zou moeten benaderen, zou dat minimaal 20 planners 2 dagen in de week bezighouden. Met ASK kan 1 planner dit in een paar uur doen. En dan regelt het systeem de rest." Bij de inroosting van medewerkers houdt het systeem, behalve met de post volumes, ook rekening met de contracturen en voorkeuren van medewerkers. Medewerkers geven via een online planbord aan wanneer ze niet kunnen werken, zodat het systeem weet wanneer ze wel beschikbaar zijn. Wanneer de roosters ingevuld zijn, communiceert het systeem de individuele roosters per telefoon naar alle medewerkers. Als zich daarna nog wijzigingen voordoen, door ziekte of een verlofaanvraag bijvoorbeeld, regelt het systeem automatisch een vervanger.



### Reflectie (synchronodaal)

*Zelforganisatie versus sturing. Organiseert het systeem (proces) zichzelf en hoe gebeurt dat of wordt bewust sturing van buitenaf opgelegd? Indien beide sturingsprincipes voorkomen: wanneer en hoe grijpt men in?*

Bij synchronodaal vindt zelforganisatie plaats, maar speelt een ketenregisseur de rol van tactische en strategisch planner (predict and prepare). Die kan ingrijpen met modal shift of andere afspraken met de logistieke partijen (wel zijn er nog veel vraagtekens bij de 'governance' modellen, transparantie van prestaties van het netwerk en 'gain sharing').

*In hoeverre is er sprake van een gelaagdheid van het systeem en hoe wordt daarmee omgegaan in de regeling (bij voorbeeld door coördinatie tussen de lagen)?*

Het model is gelaagd. Er is een duidelijk onderscheid naar operationele, tactische en strategisch planning en besturing.

*Op welke wijze worden de robuustheid (systeem kan tegen een stootje) en de betrouwbaarheid (marges in prestatie-indicatoren zijn klein) van het systeem verzekerd? Welke afwijkende situaties treden op in het functioneren van het systeem en hoe is het systeem daarop berekend?*

Predict and Prepare gaat een stap verder door vooraf de beste, alternatieve, contingency plannen voor het netwerk uit te werken. Je kunt sneller en beter beslissen als de situatie echt verandert. Daarmee legt P&P de basis voor S&R, door vooraf, wanneer er nog voldoende opties zijn, na te denken wat de beste response is.

**Aandachtspunten voor vervolg DVM (vanuit perspectief goederenvervoer):**

- Impact van in- en uitvoegen van vrachtwagens op snelwegen. Hoe wordt dit straks meegenomen? Hier ligt ook een link met het project Weegnet.nl.
- De noodzaak voor een goede tactische planning: predict and prepare.
- De mogelijkheden van 'key account management' met grote verladere en logistiek dienstverleners. De open data zijn er om op tactisch niveau afspraken te maken over aantal 'slots' dat nog beschikbaar is op verschillende modaliteiten.
- Link transporttijd en laad- en losstijd (zie project 'Speed docking').
- Zie aandachtspunten TNO studie DVM in goederenvervoer (bijlage)
- Behoeftte aan informatie voor transportplanning (zie hieronder).

*Informatiebehoefte bij verschillende processtappen in transportplanning:*

		maken planning		aanpassen planning (volgorde ritten)		aanpassen route
	Informatie	vaste routes	dag tot dag	voor de rit	tijdens de rit	tijdens de rit
statisch	Infrastructuurkenmerken	√	√	√	√	√
	Venstertijden	√	√	√	√	√
	Wegafsluitingen en voorkeursroutes		√	√	√	√
semistatisch	Reguliere files		√	√	√	√
	Reistijdvoorspellingen lange termijn		√	√	√	√
	Incidenten			√	√	√
	Actuele reistijden			√	√	√
dynamisch	Reistijdvoorspellingen komende uren			√	√	√
	Rijstrooksignalering				√	√
	Toeritdosering				√	√
	Dynamisch Route Informatie Panelen				√	√

(DRIP's)

Dynamische wegmarkering	√	√
Dynamische maximum snelheden	√	√

### Literatuur

ECT. (2011), De toekomst van het goederenvervoer. Rotterdam: Europe Container Terminals

ECT (2012), Een stip op de horizon: Synchronodaal vervoer in 2020. European Container Terminal

Lammers, B., Ploos van Amstel, W. e.a. (2011), Het verbinden van logistiek en dynamisch verkeersmanagement, Connekt/TNO Delft

Kind, T. De (2012), Synchronodaal voor duurzaam containertransport, VU scriptie 2012

Ploos van Amstel, W. (2008), Mobiliteit met een beetje sense and respond, in: Ben Immers et al, de Logistieke Familie van Kees Ruijgrok, TNO Bouw en Ondergrond

Topteam Logistiek (2011), Partituur naar de top, Connekt

Verweij, C. A. (2011), Synchronodaal Transport: Efficient en Duurzaam Transport via Netwerkregie, Buck Consultants International

## **Bijlage:**

### **TNO-onderzoek DVM in goederenvervoer**

TNO heeft eerder in opdracht van Connekt onderzoek gedaan naar DVM in goederenvervoer. Uit gesprekken is gebleken dat alle betrokken partijen, overheid, markt, vervoerder/verladers, positief zijn over de ontwikkelingen van DVM binnen de logistieke sector. De volgende DVM voordelen zijn benoemd; reductie van brandstofverbruik en emissies, kortere reistijden, betere verkeersveiligheid, meer veiligheid voor de chauffeur, betrouwbaardere planning waardoor efficiencywinst op voorraadbeheer.

Hoewel de baten voor overheden in termen van leefbaarheid en duurzaamheid moeilijker in geld zijn uit te drukken, zijn ook overheden overtuigd van het nut van DVM in logistiek.

Naast de voordelen van dynamische informatie is er ook nog veel te winnen in het gebruik van (semi)statische informatie over wegwerkzaamheden, venstertijden en wegkenmerken. Dit is dus geen DVM, maar wel een belangrijk deel van de potentiële besparingen. Hoe de voordelen van het gebruik van dynamische en (semi)statische informatie zich verhouden is niet duidelijk. Nader onderzoek is wenselijk.

Een goede samenwerking en een verbeterde uitwisseling van informatie tussen wegbeheerder enerzijds en verladers en logistieke dienstverleners anderzijds door afstemming van werkwijze en procedures, levert grote voordelen op voor beiden en draagt bij aan een verduurzaming van de logistieke keten.'

De belangrijkste conclusie is dat deze visie wordt gedeeld door de betrokken partijen. Uit de gesprekken is gebleken dat alle betrokken partijen, overheid, markt, vervoerders/verladers, positief zijn over het verder ontwikkelen van DVM binnen de logistiek. De verwachte voordelen van DVM zijn reductie van brandstofverbruik en emissies, kortere reistijden, betere verkeersveiligheid, meer veiligheid voor de chauffeur, betrouwbaardere planning en reductie van voorraadkosten. Hoewel de baten voor overheden in termen van leefbaarheid en duurzaamheid moeilijker in geld zijn uit te drukken, zijn ook overheden overtuigd van het nut van DVM in logistiek.

Een tweede belangrijke conclusie is dat, naast de voordelen van dynamische informatie, er ook nog veel te winnen is, in het gebruik van (semi)statische informatie als wegwerkzaamheden, venstertijden en wegkenmerken. Hoe de grootte van de potentiële voordelen van het gebruik van dynamische en (semi)statische informatie zich verhouden is niet precies duidelijk. Wel is duidelijk dat DVM, en daarmee het actueel sturen, geleiden en informeren van weggebruikers, in logistiek en transport nog nauwelijks wordt toegepast. Innovaties die hard nodig zijn om de transportsector mobiel te houden druppelen maar mondjesmaat binnen bij verladers, vervoerders en

wegbeheerders. In transport en logistiek wordt bijvoorbeeld de reistijd nog met teveel veiligheidsmarges omgeven. Tegelijkertijd is bij wegbeheerders nog beperkt bekend wat de wensen zijn van de logistieke sector om te komen tot een optimale toepassing van DVM. Hiermee is ook een belangrijke kennisvraag beschreven, namelijk hoeveel levert het op om DVM toe te passen in logistiek? Belangrijkste onzekerheid hierin is de beperkte kennis van de beschikbare wegcapaciteit op alternatieve routes op desbetreffend moment. Dit verklaart ook dat DVM op dit moment nog beperkt wordt toegepast binnen logistiek en transport.

De belangrijkste redenen dat DVM maar beperkt wordt toegepast zijn de versnippering en beperkte dekking van actuele verkeersdata. Hierdoor is de kwaliteit van de informatie over het verkeerssysteem nog onvoldoende. Dit is cruciaal voor zowel de inzet van DVM maatregelen door wegbeheerders als voor het gebruik van dynamische informatie door verladers en logistieke dienstverleners via planning- en navigatiesystemen. Passende integrale planning- en navigatiesystemen met connected navigation zijn nauwelijks beschikbaar en onvoldoende betrouwbaar, waardoor het vertrouwen hierin minimaal is. Veel informatie-uitwisseling gebeurt nog handmatig.

De verladers en logistieke dienstverleners willen graag dat wegbeheerders ook (semi)statische en statische informatie aanleveren, zoals voertuigbeperkingen, venstertijden, wegwerkzaamheden, milieuzones, inrijdbeperkingen, etc. Deze informatie is nu niet inzichtelijk en niet actueel. Het compleet en in gemakkelijk bruikbare vorm beschikbaar komen van dit type informatie kan de planning al enorm vergemakkelijken. En maakt het mogelijk om in de toekomst ook op automatische wijze deze gegevens mee te nemen in plannings en routing, via planningssoftware en navigatiesystemen.

Om de verwachte baten van DVM in logistiek te realiseren heeft TNO aanbevelingen geformuleerd.

#### *Uniforme informatie*

Om dynamische verkeersinformatie (beter) te kunnen gebruiken in de logistieke processen, bijvoorbeeld bij het aanpassen van plannings en het kiezen van de optimale route, zal informatie beschikbaar moeten zijn in eenduidig formaat. Tevens moet de daarvoor gebruikte standaard worden afgestemd met marktsystemen en getoetst op effectiviteit. Omdat de beperkte beschikbaarheid van actuele verkeersinformatie op het onderliggend wegennetwerk een beperking is voor kwalitatief goede dynamische planning wordt een vervolgproject aanbevolen waarin floating car data van vrachtwagens een waardevolle aanvulling kan zijn.

Om leefbaarheid te verbeteren en doorstroming te waarborgen is afstemming nodig over uitwisseling van gegevens tussen wegbeheerders en de (vertegenwoordigers van) bedrijven die een logistieke functie vervullen, Hierbij gaat het om werkwijzen, procedures, voorkeursroutes, wegkenmerken en aanspreekpunten en moet er tevens een terugmelding bestaan van vervoerders over hun planning en actuele reisgegevens (floating car data) aan wegbeheerders. Zodat ook zij de juiste input krijgen om hun

beleid te optimaliseren. De brancheorganisaties kunnen hier een belangrijke rol in vervullen.

#### *Kopgroep*

Voor dynamische verkeersinformatie lijkt raadzaam om niet uit te gaan van een top down aanpak via centralisatie en 'alle wegbeheerders moeten direct meedoen', maar om bottom up te starten met regio's die vele knelpunten kennen. Verstandig is het een kopgroep te formeren die echt aan de slag gaat en later de regio's aan te sluiten met minder problemen als het gaat om benutting van het wegennetwerk.

#### *Creëren van draagvlak*

Bij aanbevelingen voor het creëren van draagvlak is het van belang onderscheid te maken tussen twee redenen voor het gebrek aan draagvlak. De eerste reden is een politieke reden, namelijk dat voorkeursroutes of adviezen van wegbeheerders niet zijn opgesteld vanuit het belang van de verlader of logistieke dienstverlener. Hiervoor zullen afspraken gemaakt moeten worden zoals hierboven beschreven. Een andere reden voor gebrek aan draagvlak is het gebrek aan vertrouwen in planning- en navigatie systemen door onvolledige of oude informatie, bijvoorbeeld over afgesloten wegen.

Voor verladers en logistieke dienstverleners kan het vertrouwen in planning- en navigatie systemen worden vergroot door ze beter te laten aansluiten op elkaar en op de rolverdelingen tussen planner en chauffeur. Naast een structurele oplossing voor centraliseren van informatie zoals hierboven is voorgesteld kan worden gedacht aan het informeren van de chauffeur over de totstandkoming van het navigatieadvies, en het faciliteren van communicatie tussen planners en chauffeurs. Daarom wordt een vervolgpriject aanbevolen waarin leveranciers van navigatiesystemen en van planningsystemen samen een geïntegreerd systeem voor dynamische planning realiseren.

Om duurzame logistiek te realiseren door DVM dienen er heldere afspraken te komen, onder andere over uitwisseling van gegevens. Hierbij gaat het om procedures, een plan, aanspreekpunten, et cetera om DVM en Logistiek lokaal op integrale wijze van de grond te krijgen. Het is daarbij ook nodig om gegevens rond verkeersmanagement te verzamelen (regelsenario's, geplande verstoringen), en tevens een terugmelding te ontvangen van vervoerders over hun actuele planning, aan wegbeheerders. Vooral het creëren van vertrouwen in elkaar is belangrijk en het openlijk uitspreken van het feit dat het voor ieder wat oplevert om gezamenlijk een stapsgewijze invoering en tevens evaluatietraject te doorlopen. Indien hierbij in eerste instantie gefocust wordt op het beschikbaar en bruikbaar maken van bestaande informatie (en dus nog niet nieuwe beleidsmaatregelen) wordt voorkomen dat partijen zich ingraven in hun eigen positie, maar zich richten op de baten van betere informatiebundeling en uitwisseling.

#### *Afspraken over voorkeursroutes*

Om leefbaarheid te verbeteren en doorstroming te waarborgen is afstemming nodig tussen wegbeheerders en de logistieke sector over voorkeursroutes en de inrichting van het wegennetwerk. De brancheorganisaties kunnen hier een belangrijke rol in vervullen. De afgesproken 'kwaliteitsnetten' zijn hiervoor een goed uitgangspunt en DVM kan de relevantie van deze kwaliteitsnetten voor wegbeheerders vergroten.

Verladers en logistieke dienstverleners, overheid, markt zijn positief over het verder ontwikkelen van DVM binnen de logistiek. Een goede samenwerking en een verbeterde uitwisseling van informatie tussen wegbeheerder enerzijds en verladers en logistieke dienstverleners anderzijds door afstemming van werkwijze en procedures, levert grote voordelen op voor beiden en draagt bij aan een verduurzaming van de logistieke keten. Daarbij kan met een betere informatievoorziening en DVM de verkeersstroom over het wegennet in de toekomst beter worden afgewikkeld.

De verwachte voordelen van DVM in de logistiek zijn reductie van brandstofverbruik en emissies, kortere reistijden, betere verkeersveiligheid, betrouwbaardere planning en daardoor reductie van voorraadkosten, en verbeterde leefbaarheid, duurzaamheid en bereikbaarheid. Het verbinden van de DVM-wereld met de logistieke wereld biedt kansen voor een meer duurzame logistiek.

*Bron:*

Lammers, B., Ploos van Amstel, W. e.a. (2011), Het verbinden van logistiek en dynamisch verkeersmanagement, Connekt/TNO Delft



# Zelforganisatie in transport en distributie?

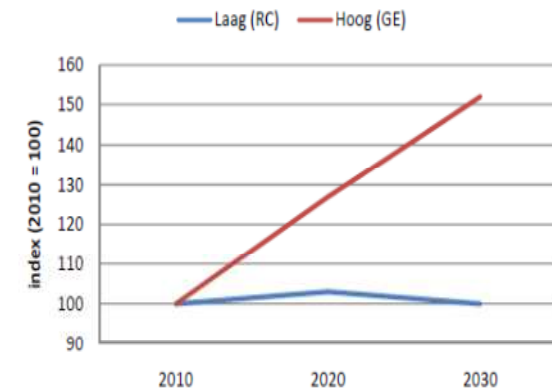
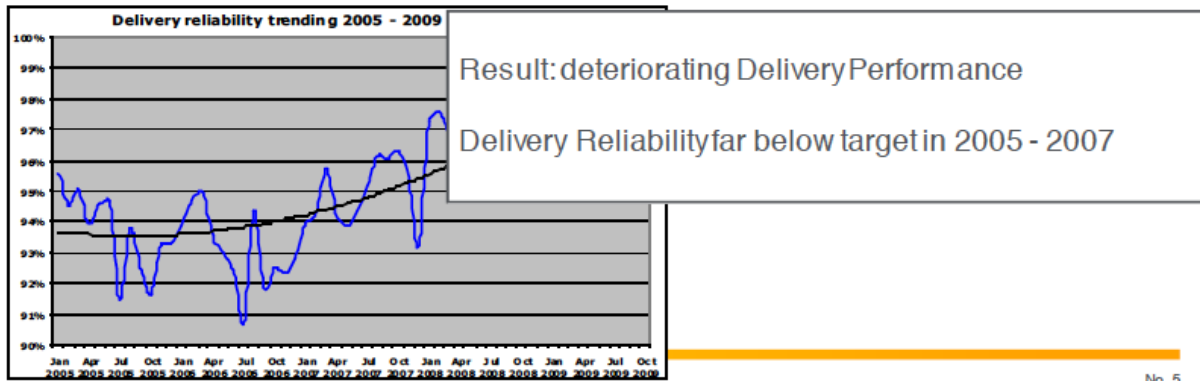


# Zorgen over transport

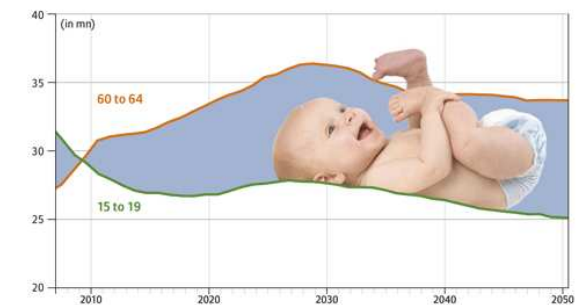


## SCM ISSUES & CONSTRAINTS 2005

- Focus on lowest cost LSP's
- Too many transport incidents in the supply chain
- High growth versus limited capacity causes many truck availability issues which were solved reactively
- Fire fighting was name of the game. No resources and time for proactive solutions
- No resources and time to source new capacity.



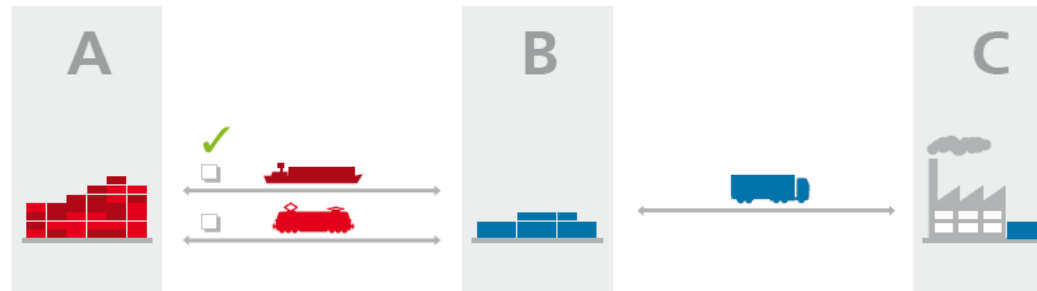
## High workforce gap in the EU



# Van inter- naar synchromodaal

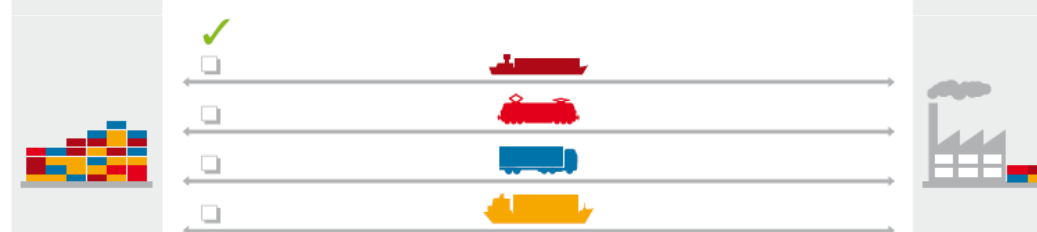
## Intermodaal

*Van A naar B met de binnenvaart of trein en van B naar C - 'the last mile' - per truck.*



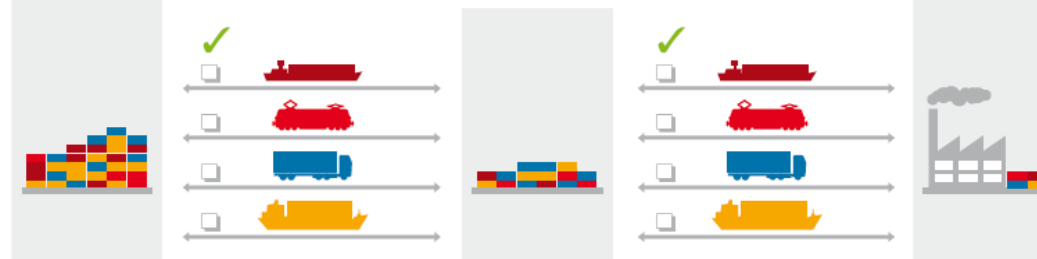
## Co-modaal

*De verlader kan in A kiezen uit binnenvaart, spoor, feeder en weg.*



## Synchromodaal

*Maximaal flexibel en duurzaam systeem: in A een keuzeoptie uit verschillende modaliteiten, maar ook in B en in C bij retourvracht.*



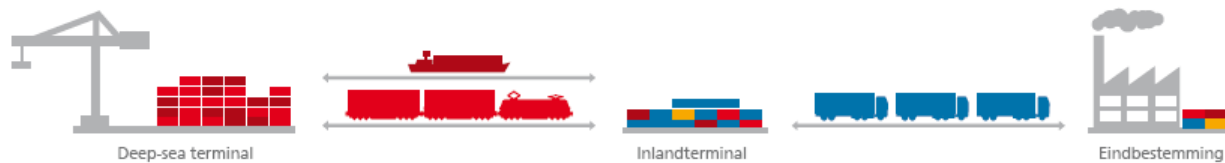
# Van pull naar push...

## Real time besturing

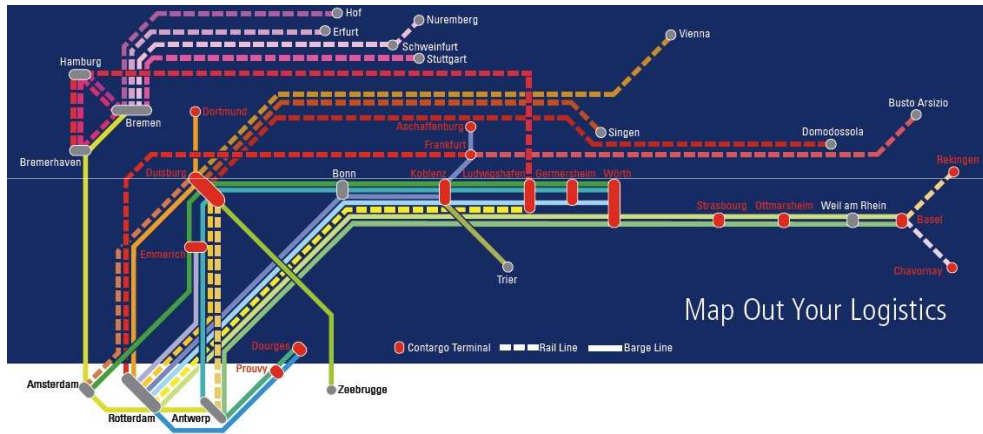
**Pull** Containers blijven op de deep-sea terminal staan in afwachting van actie van de ontvanger.



**Push** Containers reizen in een proactieve flow per binnenvaartschip of trein direct naar inlandterminals in het achterland.



# Synchromodaal



Zelforganisatie versus sturing. Organiseert het systeem (proces) zichzelf en hoe gebeurt dat of wordt bewust sturing van buitenaf opgelegd? Indien beide sturingsprincipes voorkomen: wanneer en hoe grijpt men in?

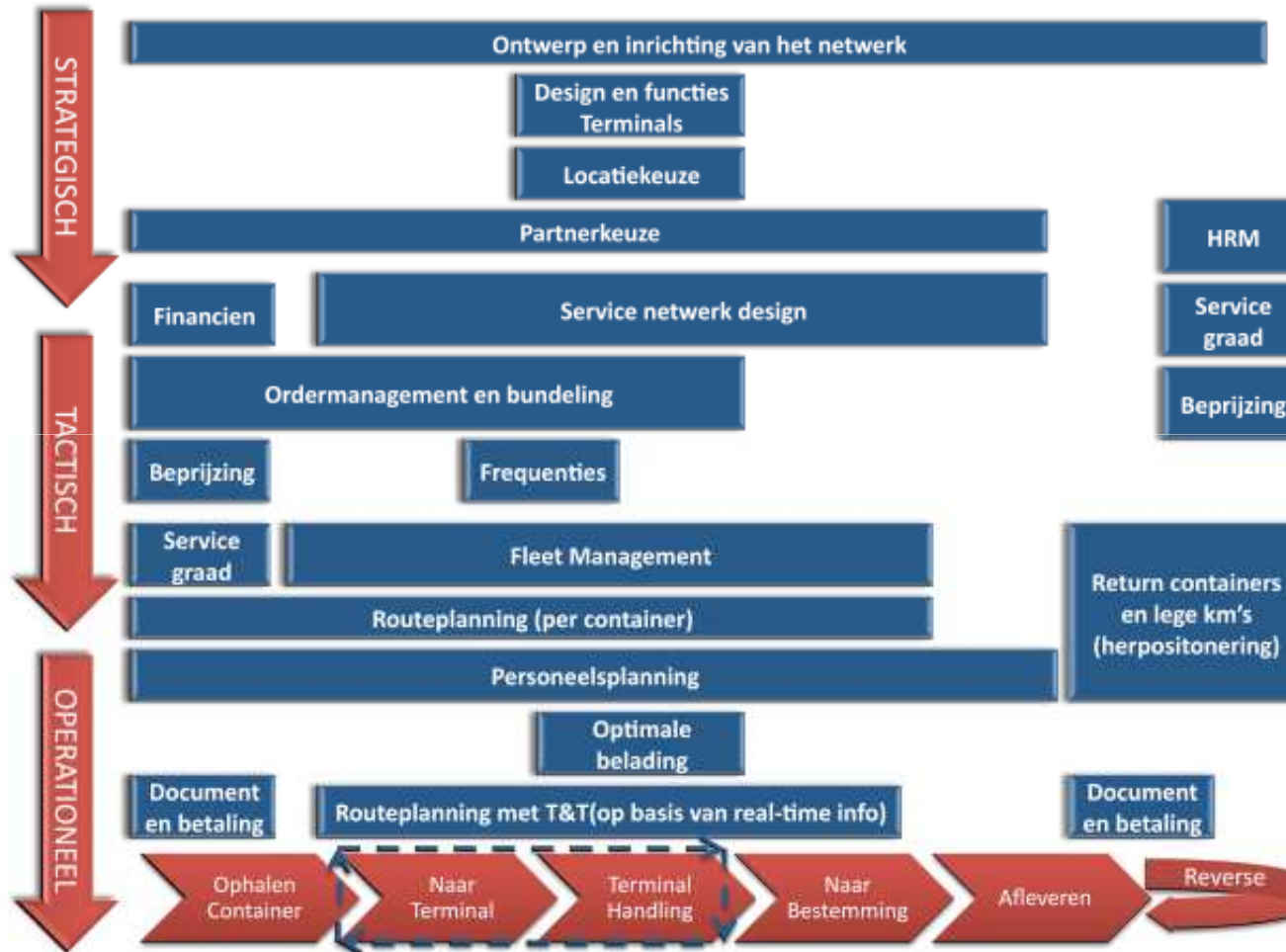
In hoeverre is er sprake van een gelaagdheid van het systeem en hoe wordt daarmee omgegaan in de regeling (bij voorbeeld door coördinatie tussen de lagen)?

Op welke wijze worden de robuustheid (systeem kan tegen een stootje) en de betrouwbaarheid (marges in prestatie-indicatoren zijn klein) van het systeem verzekerd? Welke afwijkende situaties treden op in het functioneren van het systeem en hoe is het systeem daarop berekend?

# Planning en besturing

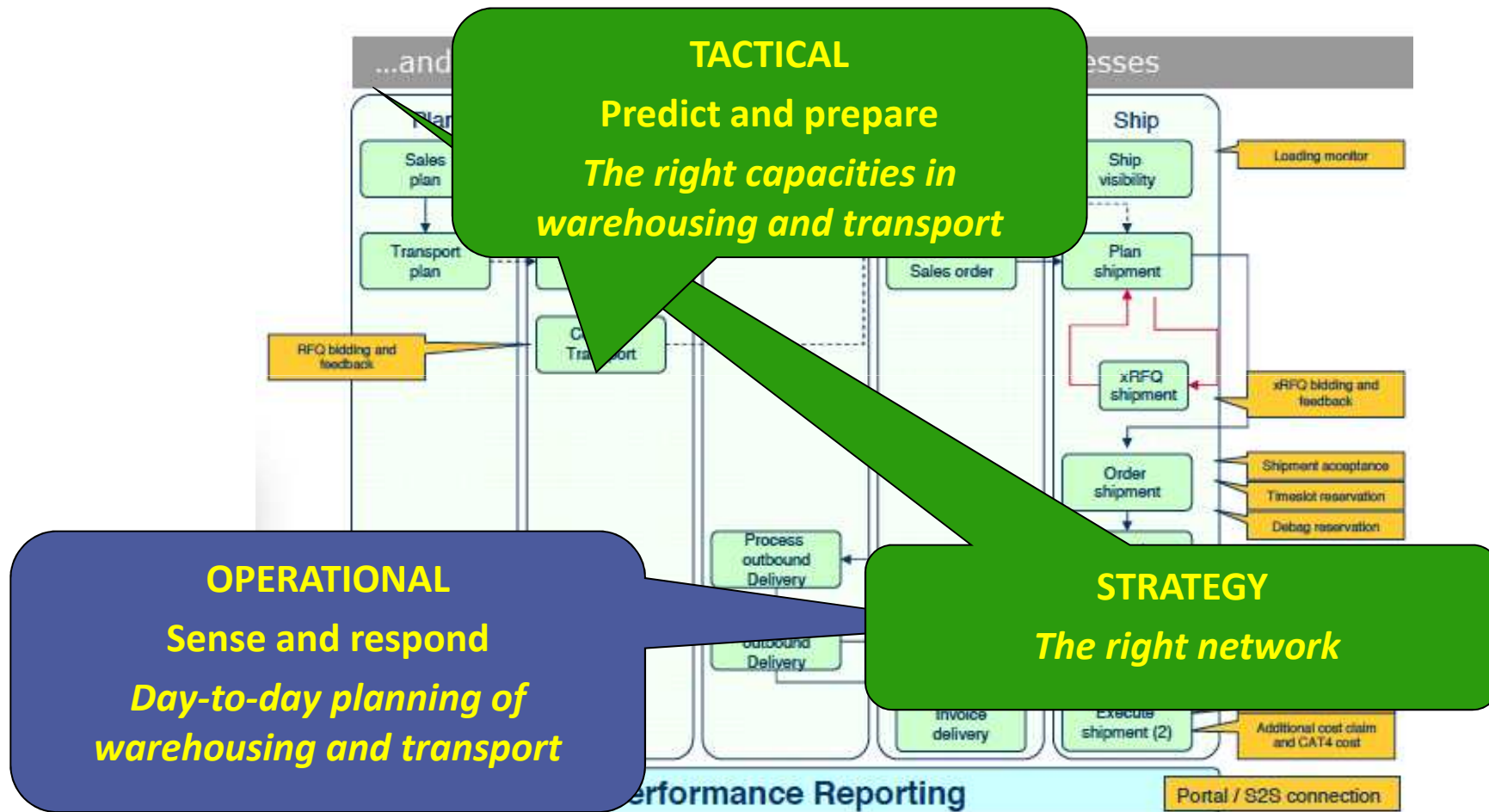
<b>Beslissingsniveau</b>	<b>Planning</b>	<b>Besturing</b>
<b>Strategisch</b>	Creëren netwerk en partnerkeuze Financiële planning	Netwerkstructuur en beheersing Ontwikkelingsbeleid
<b>Tactisch</b>	Bepaling algemene transportroute Service netwerk design	Toewijzing acties en materieel Optimaliseren netwerk
<b>Operationeel</b>	Inplannen personeel en materieel Dag tot dag planning van transporten	Real time informatieverwerking Dag tot dag processmanagement

# Planning en besturing

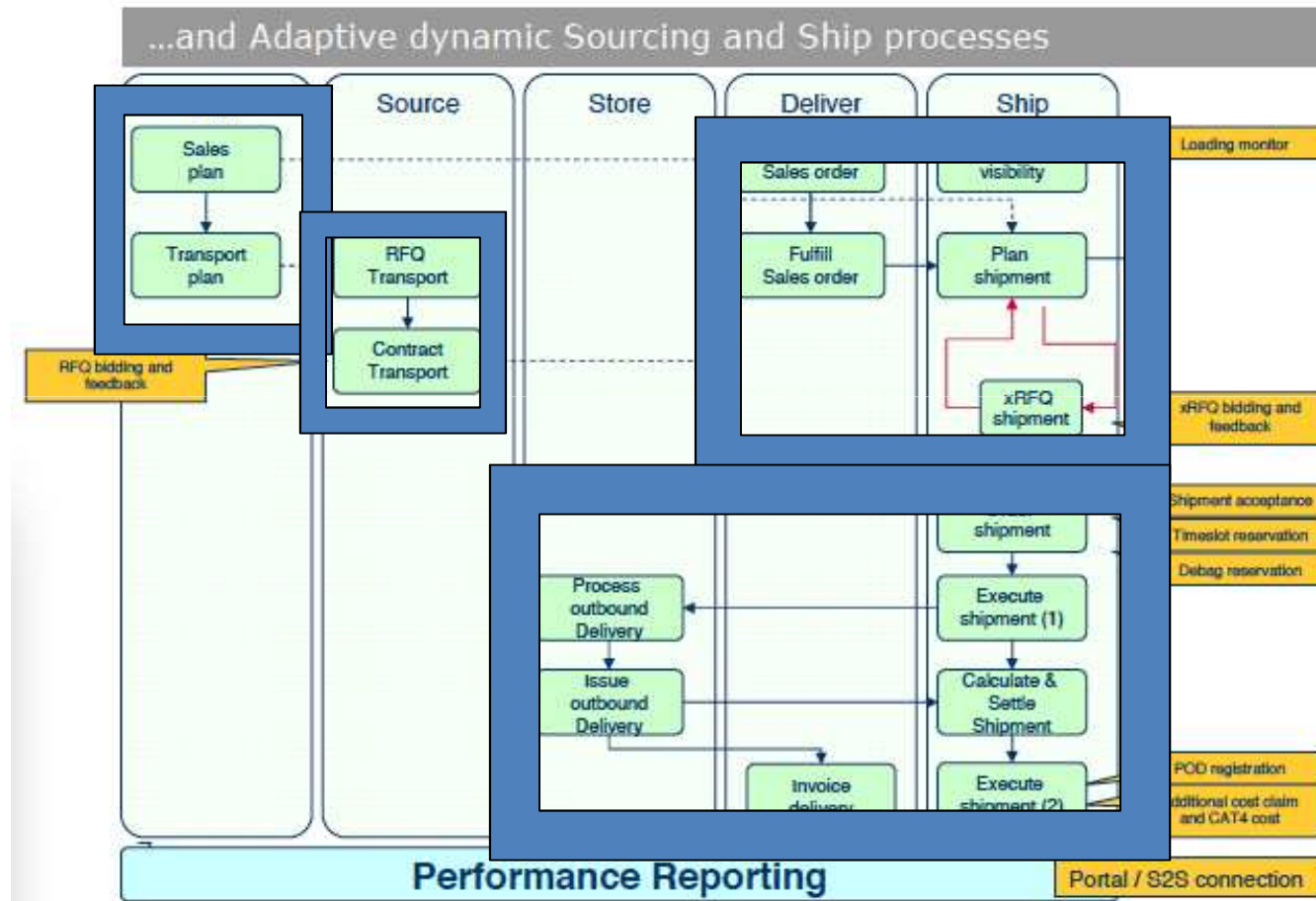




# Delen van planningsgegevens



# Delen van planningsgegevens



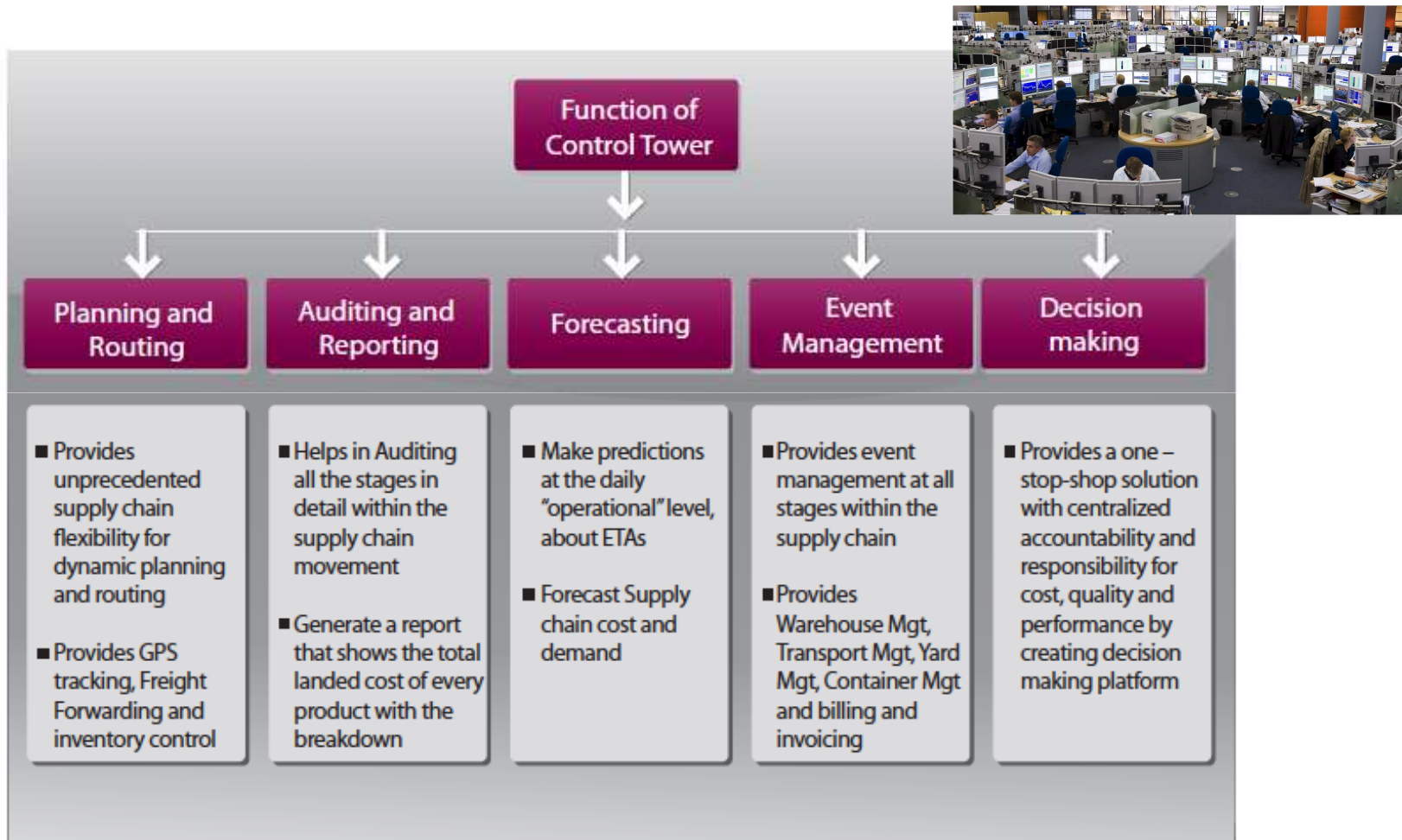
# Open data en papierloze processen

AMaDEUS  
Your technology partner

portbase®  
home of logistics intelligence



# Cross chain control towers: co-ordination as a service (CAAS)



# Wat doet 'control tower'?

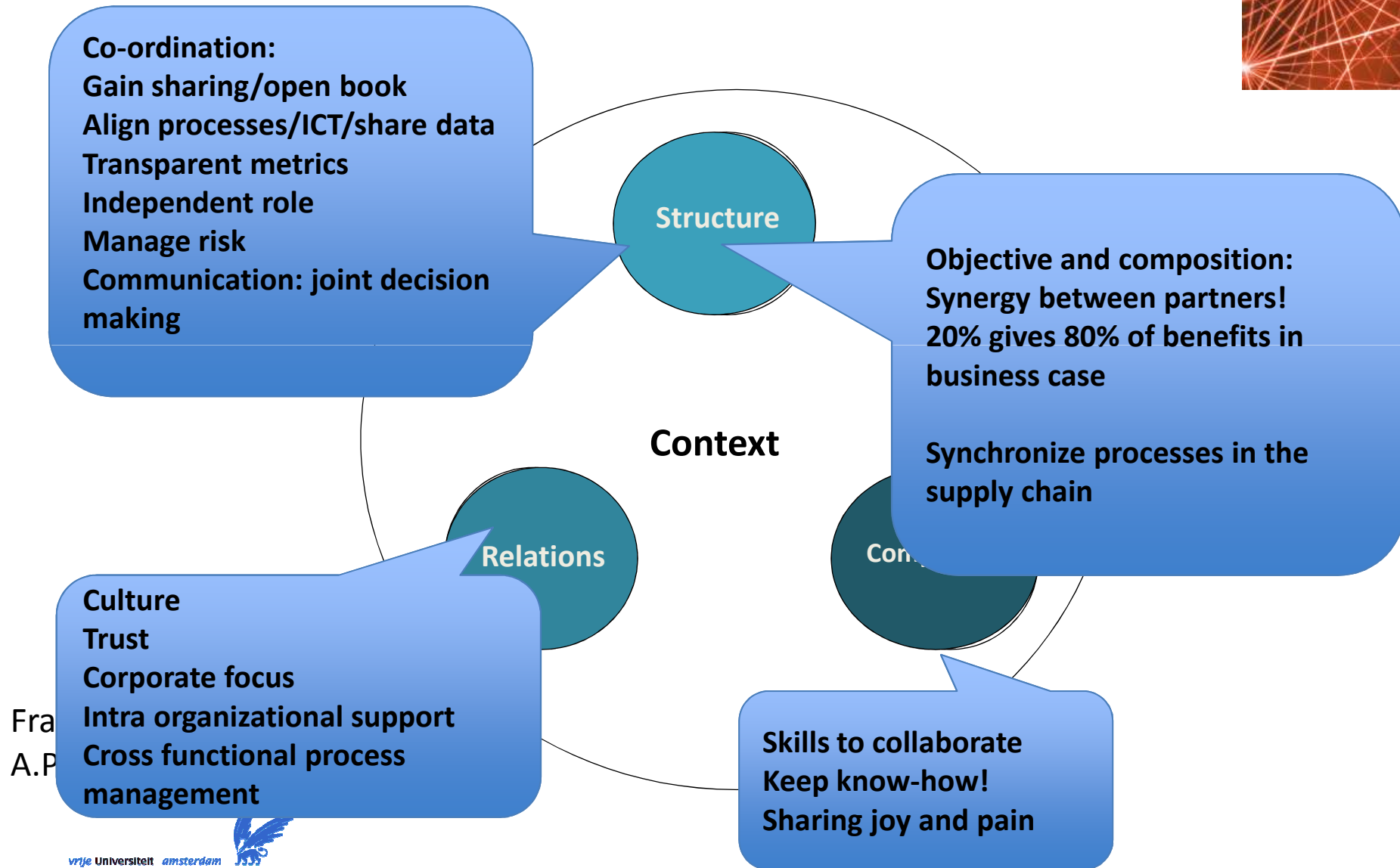
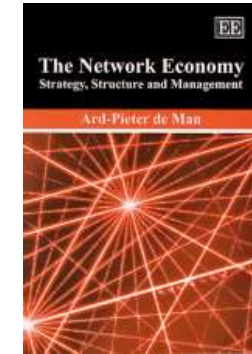
<b>Functies:</b>	<b>Strategisch</b>	<b>Tactisch</b>	<b>Operationeel</b>
<b>Planning en Routing</b>	- Inrichting van het infrastructureel netwerk	- Toewijzing middelen en personeel - Routeplan individueel transport - Herpositionering	- Track & Tracing - Herpositionering - Monitoren infrastructurele trajecten voor doorstroming
<b>Auditing and Reporting</b>	- Ontwerpen procedures administratie en financiële processen	- Rapporteren gemaakte en verwachte kosten - Douaneactiviteiten stroomlijnen	- Facturatie - Betalingen
<b>Forecasting</b>	- Voorspellen benodigde capaciteit voor terminals en trajecten	- Voorspellen transportkosten en vervoersvraag - Fleetmanagement	- Aankomsttijden - Kostenfuncties
<b>Event Management</b>	- Terminal functies en processen bepalen	- Ordermanagement en bundeling	- Optimale belading transportmiddelen
<b>Decision making</b>	- Partnerkeuze - Locatiekeuze	- Fleetmanagement - Bepalen servicegraad	- Wijzigingen in trans-portroute bepalen

# Samenwerking: Horizontaal en verticaal





# Succesvol samenwerken



# Samen innoveren: agenda 2012-2040

2020-2040: Public private partnerships

2020-2030: Nieuwe transporttechnologie

2015-2025: Sense and respond

2015-2025: Synchronodale netwerken

2012-2020: Samenwerking in logistieke ketens

2012-2020: Open data en papierloze processen





## Traffic Quest workshop 'Analogieën voor Verkeersmanagement'

Martijn van den Heuvel

Dutch Connectome Lab, Department of Psychiatrie, Rudolf Magnus Institute of Neuroscience, University Medical Center Utrecht, Utrecht, The Netherlands  
www.myconnectome.nl

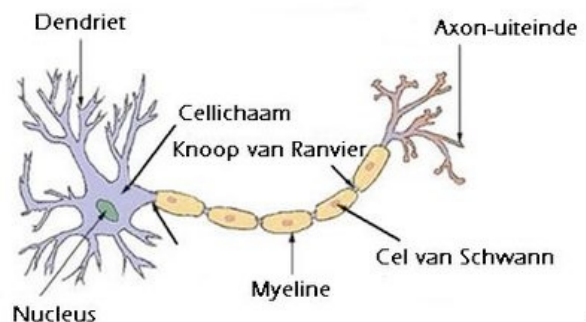
### Korte beschrijving van de verbindingen van de menselijke hersenen

De hersenen bestaat uit zenuwcellen die 'neuronen' zijn genaamd. Neuronen (figuur 1) hebben -net als de meeste andere cellen in ons lichaam- een 'lichaam', ook wel soma of cellbody genoemd. De cellbody bevat o.a. de celkern (waar ons DNA opgeslagen ligt). De meeste zenuwcellen hebben naast een cellichaam ook meerdere 'inkomende' vertakkingen (dendrieten) die het cellichaam inlopen, en een uitgaande vertakking (het axon). Figuur 1 laat een schematische versie van een zenuwcel zien. Grofweg zou men kunnen zeggen dat de dendrieten zorgen voor de inkomende signalen van een zenuwcel, en dat het axon zorgt voor het uitgaande signaal van een zenuwcel. Een zenuwcel is met een andere zenuwcel verbonden doordat het axon van neuron A aansluit op een dendriet van neuron B. Deze aansluiting wordt een 'synaps' genoemd.

Het axon van een zenuwcel kan kort zijn, waardoor het vooral verbonden is met naburige neuronen, of juist lang, waardoor het met name verbonden is met zenuwcellen op langere afstand. De cellichamen samen (en de korte afstandsverbindingen tussen hen) worden samen de 'grijze stof' van de hersenen genoemd. Op lokaal niveau vormen grote groepen neuronen door onderling sterk verbonden te zijn lokale 'hersengebieden'.

Zo hebben we (tot op een bepaalde hoogte) gebieden voor visuele informatie, motorische informatie, taal, geheugen etc. Sommige neuronen hebben echter zeer lange axonen waardoor ze de grijze stof laag verlaten en meer door het midden van het brein lopen, waarnaar ze op een andere plek weer de grijze stof ingaan en verbindingen hebben met neuronena daardar. De bundeling van deze meer langeafstandsaxonen noemen we de 'witte stof' en bundels van axonen die cel populaties in verschillende plaatsen van de hersenen verbinden noemen we 'witte stof bundels'. Door lokale (in de grijze stof) en meer langeafstandsverbindingen (witte stof) vormen miljarden neuronena en honderden hersengebieden op zowel microscopisch als op macroscopisch niveau een netwerk: het hersennetwerk<sup>1,2</sup>.

Structuur van een neuron



Een neuron (figuur wikipedia)

### *Neuronale signalen*

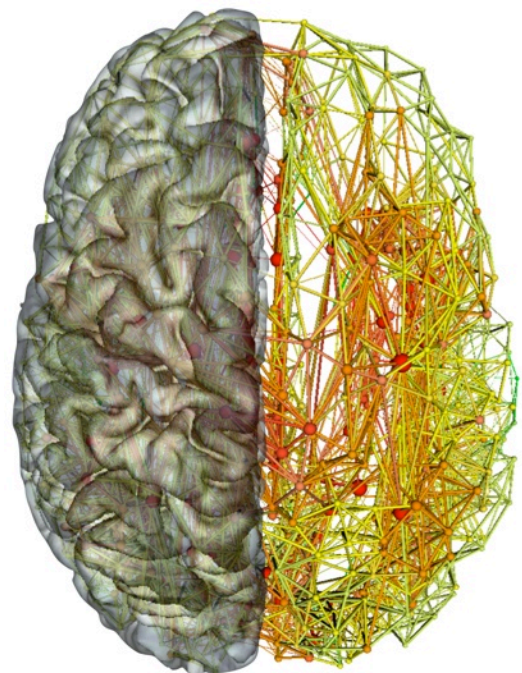
Langs een zenuwvezel (dendriet of axon) worden impulsen doorgegeven doormiddel van een verandering van de elektrische polarisatie over het celmembraan. Deze puls begint vaak in het cellichaam, waarna er als het ware een elektrisch signaaltje gaat over het axon heen op weg naar de aansluitingen met andere neuronen. Het elektrisch signaaltje zou men kunnen opvatten als het 'verkeer' over het structurele netwerk. Aangekomen bij de synaps tussen neuron A en neuron B (de aansluiting van het ene neuron op het andere) vindt er of een elektrische of een chemische signaaloverdracht plaats. Als het signaalpotentiaal in neuron B vervolgens hoog genoeg is dan 'vuurt' neuron B een signaal over haar axon naar andere neuronen etc etc. Doordat er op de dendrieten van neuron B meerdere (soms tot enkele duizenden) synapsaansluitingen van axonen van allerlei neuronen zijn, worden alle signalen opgeteld en vindt er een continue strijd plaats tussen wel of niet vuren van het neuron <sup>3</sup>.

### *Het connectome*

De menselijke hersenen bestaan uit ongeveer 80 miljard neuronen en 1000-10000 keer zoveel connecties. Samen vormen deze neuronen, dendrieten en axonen dan ook een groot neurale netwerk. Een volledige beschrijving van alle neurale connecties van een zenuwstelsel, wordt ook wel een 'connectome' genaamd (naar analogie van het genome, een volledige beschrijving van ons genetisch materiaal) <sup>1</sup>. Op dit moment is er echter van nog maar een diersoort een volledige kaart van connecties bekend, dat van het kleine wormpje de C Elegans (302 neuronen en ~5000 connecties)<sup>4</sup>. Een volledige beschrijving van het 'connectome' van de menselijke hersenen is nog niet aanwezig en technologisch een enorme uitdaging. Op macroscopisch niveau kan er met behulp van in vivo imaging technieken (zoals MRI, EEG, MEG) gepoogd worden om een zo goed mogelijke reconstructie te maken van de grotere bundels van axonale connecties van de hersenen (figuur 2) <sup>5-8</sup>.

### *Hersennetwerken*

In de afgelopen jaren zijn studies begonnen met de verschillende hersengebieden (een grote lap grijze stof) wiskundig te beschrijven als 'nodes' en de bundels van axonale connecties tussen deze gebieden te beschrijven als 'verbindingen' tussen deze nodes. Op die manier kan het connectome wiskundig worden beschreven als een 'graaf' en ontstaat er een 'wegenkaart' van de connecties van de menselijke hersenen. Met behulp van



Figuur 2. Het menselijk 'connectome'. Een (rudimentaire) wegenkaart van de connecties in de menselijke hersenen (figuur J Neuroscience 2011, Martijn van den Heuvel)

netwerk theorie kan men de eigenschappen van deze wegenkaart bestuderen en de impact van de organisatie van het hersennetwerk op bijvoorbeeld het functioneren van de hersenen onderzoeken.

### *Eigenschappen van hersenconnecties*

Graaf-analytisch onderzoek naar het menselijk connectome heeft verschillende non-random eigenschappen van de menselijke hersenen laten zien, zoals een 'small-world' (hoge clustering met korte algemene diameter), modulaire organisatie en de aanwezigheid van mogelijk neurale hubnodes<sup>7</sup>. Studies laten zien dat de organisatie van het hersennetwerk mogelijk een belangrijke rol speelt in het functioneren van de hersenen. Efficiënter verbonden hersennetwerken laten bijvoorbeeld een hoger cognitief functioneren zien<sup>9-11</sup>. Anderzijds, is het aannemelijk dat een verstoring van de connectiviteit van de hersenen en andere bedrading van het hersennetwerk een grote rol speelt in de ontwikkeling van neurologische en psychiatrische ziektes (e.g. <sup>12-14</sup>). Recent onderzoek suggereert verder een mogelijke onderverdeling van de connecties in verschillende categorieën in analogie met een verkeersnetwerk, namelijk 'locale wegen' - de witte stof verbindingen tussen perifere gebieden, 'provinciale wegen', de witte stofbanen tussen perifere gebieden en meer centrale hub gebieden, en 'de snelwegen', zijnde de witte stof banen die verschillende hubgebieden van de hersenen verbinden<sup>15, 16</sup>. Elk van deze type connecties spelen mogelijk een andere rol in hersencommunicatie<sup>6, 16</sup>.

## **Overeenkomsten en verschillen tussen verkeersnetwerken en hersennetwerken**

### *Zelforganisatie versus sturing*

Het is aannemelijk dat neuronen in de hersenen 'dom' zijn. Ze zijn waarschijnlijk enkel 'bewust' van hun naburige omgeving, i.e. de informatie die ze direct binnen krijgen van andere neuronen en van andere cellen in de buurt. Het systeem organiseert zich waarschijnlijk zonder dat er bewuste sturing van buitenaf wordt opgelegd. Communicatie van in de hersenen vindt dan ook vooral op 'lokaal' niveau plaats (waarbij lokaal topologisch is en niet spatiel). Neuronen hebben dus geen 'tomtom' waarbij ze informatie van de ene plek naar de andere plek kunnen sturen. Of anders gezegd, hoogstwaarschijnlijk is actieve routing van informatie in de hersenen beperkt. Echter, recente studies suggereren dat de organisatie van het netwerk als geheel (aanwezigheid van hubs, snelwegen etc) mogelijk de efficiëntie van langeafstandscommunicatie bevordert en daardoor bepaalde routing-like communicatie mogelijk maakt (16). Er is echter nog weinig directe empirische evidentie voor dit soort theorieën.

Nu kan er mogelijk wel een onderscheid gemaakt worden tussen de *aanleg* (groei) van het netwerk en het *aanwezig zijn* van het netwerk. Bij de aanleg van de hersenen spelen ons DNA een belangrijke rol. Studies hebben een middelmatige erfelijkheid (dus spelen onze genen een rol) aangetoond van connectiviteit in de hersenen. Onze genen spelen dus mogelijk een belangrijke rol in de aanleg en mogelijk ook in het onderhoud van het

hersennetwerk. Op die manier is er dus een vorm van sturing aanwezig. Ook bij de aanwezigheid (en op latere leeftijd afbraak) van het netwerk speelt genetische informatie een mogelijk belangrijke (sturende) rol. Ook onze omgeving (wat we leren, wat we tegenkomen, onze herinneringen, wat we eten etc) speelt een belangrijke rol in het sturen (aanleg/afbouw/verandering) van de hersenconnecties.

Men zou kunnen stellen dat 'verkeersmanagement' (1) opgeslagen zit in de menselijke genen, welke een rol spelen in de aanleg van de connecties van de hersenen. Deze invloed is mogelijk echter beperkt en (tot op zekere hoogte) eenmalig. De verdere groei en ontwikkeling van het hersennetwerk wordt bepaald door (2) onze omgeving. Ook doormiddel van manipulatie van de omgeving kan men mogelijk de organisatie van het hersennetwerk 'sturen', denk bijvoorbeeld aan het instuderen van een bepaalde vaardigheid (sport, muziek) en gezonde/ongezonde voeding.

### *Gelaagdheid*

Er is nog weinig directe informatie bekend over de gelaagdheid van het hersennetwerk (van neuron niveau -> hersengebieden -> hele brein). Er zijn wel mogelijk indirecte aanwijzingen voor een gelaagdheid. 1) zowel op micro (neuron) als op meer macro-niveau (hersengebieden) zijn bepaalde organisatie structuren aangetoond (small-world, hub formatie etc). 2. Op vooral macro-niveau is er aanleiding om te denken dat er een hiërarchische structuur is van connectiviteit met bepaalde gebieden van de hersenen die een belangrijkere rol spelen in globale integratie (denk aan de gebieden die verbonden zijn met de hersensnelwegen). Er is dus aanleiding om aan te nemen dat er een vorm van gelaagdheid is (waarbij bepaalde gebieden een meer integrale rol spelen dan anderen), maar over het effect (en mogelijk functie) van deze gelaagdheid is nog weinig bekend. Een balans in gelaagdheid (niet te veel als dit kan leiden tot teveel top-down besturing, maar ook niet te weinig omdat dit mogelijk leidt tot te weinig efficiënte communicatie) speelt mogelijk ook een rol in het (cognitief) functioneren van de hersenen<sup>9</sup>. Een mogelijke les voor verkeersmanagement is dan ook de hersenen laten zien dat te veel 'management' niet altijd hoeft te leiden tot een betere configuratie van het systeem.

### *Robuustheid*

Het wordt algemeen aangenomen dat de hersenen zeer robuust zijn. Computer simulaties van schade aan de hersenen lijken hier *in silico* bewijs voor te geven<sup>6,17</sup>. Dit geldt echter voor het algemeen functioneren van de hersenen. Een paradox lijkt te ontstaan omdat gelokaliseerde schade (bv een tumor/bloeding) aan de hersenen zeker kan leiden tot ernstige uitval (verlamming of niet meer kunnen spreken). Op neuron niveau is er mogelijk een sterke robuustheid (je kan prima een paar neuronen missen), maar op gebiedsniveau is er voor bepaalde functies (aansturing spieren, visueel, gehoor, taal) relatief weinig robuustheid. Enige robuustheid zit hem mogelijk in het feit dat de rechter en linker kant van ons lichaam apart aangestuurd wordt. Schade leidt dan ook meestal tot

een eenzijdige verlamming. Zelden leidt dit soort schade (bv een bloeding) tot een totale verstoring van het systeem. Anderzijds, kan een lokale verstoring wel leiden tot een tijdelijke verstoring van het hele systeem (denk aan een epileptische aanval). Interessant is dat ogenschijnlijk subtiele veranderingen aan het systeem (bv door een afwijkende ontwikkeling) grote gevolgen voor de globale werking kunnen hebben. Denk hiervoor bijvoorbeeld aan psychiatrische ziektes waarbij aangenomen wordt dat een abnormale ontwikkeling van het hersennetwerk een belangrijke rol speelt in de ziekte, bv schizofrenie, autisme, ADHD).

### **(Beperkte) literatuurlijst**

1. Bullmore E, Sporns O. Complex brain networks: graph theoretical analysis of structural and functional systems. *Nat Rev Neurosci.* 2009;10(3):186-198.
2. van den Heuvel MP, Hulshoff Pol HE. Exploring the brain network: a review on resting-state fMRI functional connectivity. *Eur Neuropsychopharmacol.* 2010;20(8):519-534.
3. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. Principles of Neural Science. 2000.
4. White JG, Southgate E, Thomson JN, Brenner S. The structure of the nervous system of the nematode *Caenorhabditis elegans*. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 1986;314(1165):1-340.
5. Van den Heuvel MP, Mandl RC, Hulshoff Pol HE. Normalized group clustering of resting-state fMRI data. *PLoS ONE.* 2008;3(4):e2001.
6. van den Heuvel MP, Sporns O. Rich-club organization of the human connectome. *J Neurosci.* 2011;31(44):11.
7. Hagmann P, Cammoun L, Gigandet X, Meuli R, Honey CJ, Wedeen VJ, Sporns O. Mapping the Structural Core of Human Cerebral Cortex. *PLoS biology.* 2008;6(7):e159.
8. Achard S, Salvador R, Whitcher B, Suckling J, Bullmore E. A resilient, low-frequency, small-world human brain functional network with highly connected association cortical hubs. *J Neurosci.* 2006;26(1):63-72.
9. van den Heuvel MP, Stam CJ, Kahn RS, Hulshoff Pol HE. Efficiency of functional brain networks and intellectual performance. *J Neurosci.* 2009;29(23):7619-7624.
10. Li Y, Liu Y, Li J, Qin W, Li K, Yu C, Jiang T. Brain anatomical network and intelligence. *PLoS computational biology.* 2009;5(5):e1000395.
11. Bassett DS, Bullmore ET, Meyer-Lindenberg A, Apud JA, Weinberger DR, Coppola R. Cognitive fitness of cost-efficient brain functional networks. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2009;106(28):11747-11752.
12. van den Heuvel MP, Kahn RS. Abnormal brain wiring as a pathogenetic mechanism in schizophrenia. *Biol Psychiatry.* 2012;70(12):1107-1108.
13. Fornito A, Zalesky A, Pantelis C, Bullmore ET. Schizophrenia, neuroimaging and connectomics. *Neuroimage.* 2012.
14. Buckner RL, Sepulcre J, Talukdar T, Krienen FM, Liu H, Hedden T, Andrews-Hanna JR, Sperling RA, Johnson KA. Cortical hubs revealed by intrinsic functional connectivity: mapping, assessment of stability, and relation to Alzheimer's disease. *J Neurosci.* 2009;29(6):1860-1873.
15. Harriger L, van den Heuvel MP, Sporns O. Rich club organization of macaque cerebral cortex and its role in network communication. *PLoS ONE.* 2012.
16. van den Heuvel MP, Kahn RS, Goni J, Sporns O. A high cost, high capacity backbone for global brain communication. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2012.
17. Alstott J, Breakspear M, Hagmann P, Cammoun L, Sporns O. Modeling the impact of lesions in the human brain. *PLoS computational biology.* 2009;5(6):e1000408.

# analogieën hersennetwerk en verkeersmanagement

16 november 2012

martijn van den heuvel

[m.p.vandenheuvel@umcutrecht.nl](mailto:m.p.vandenheuvel@umcutrecht.nl)

[www.myconnectome.nl](http://www.myconnectome.nl)

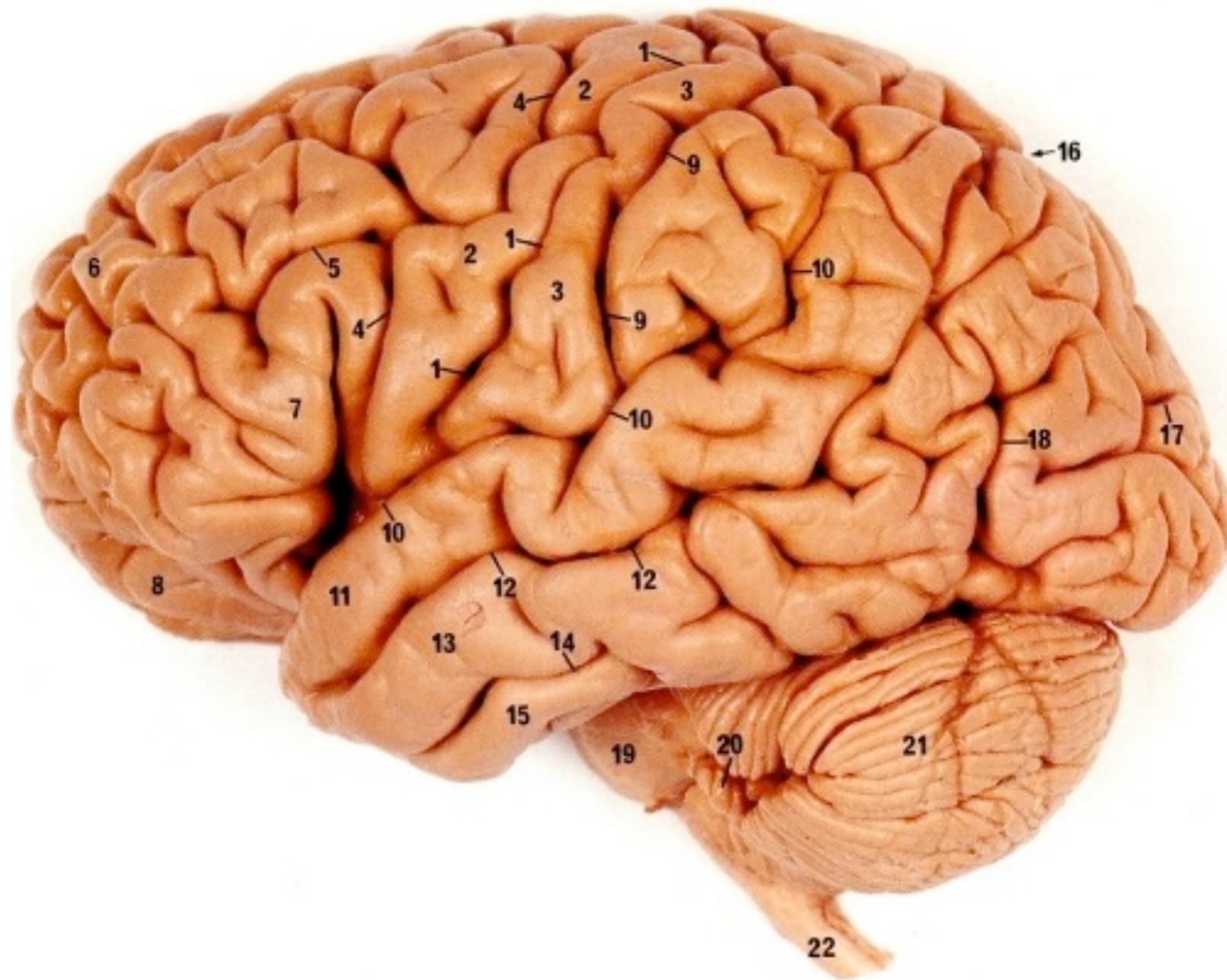
rudolf magnus institute of neuroscience

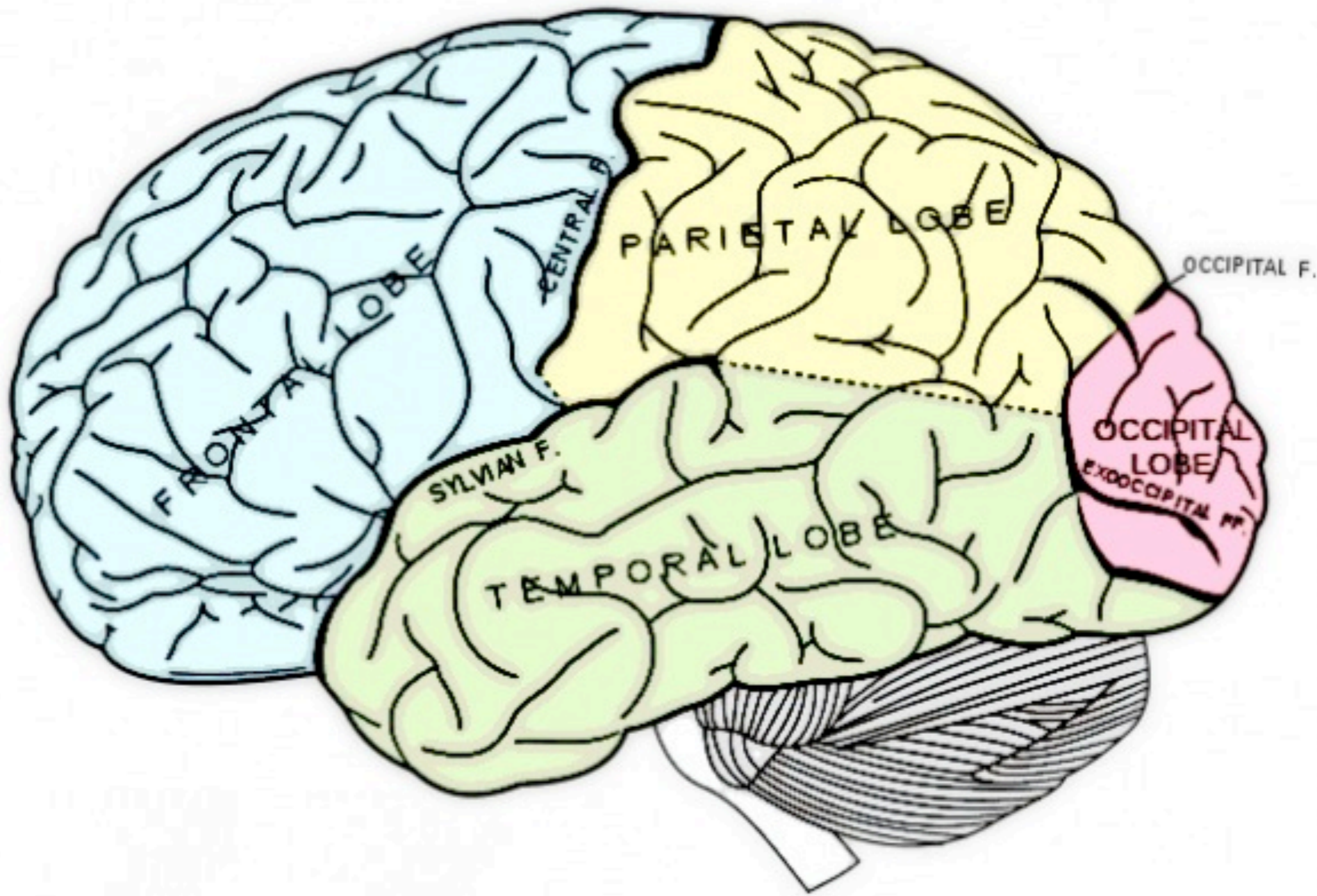
university medical center utrecht



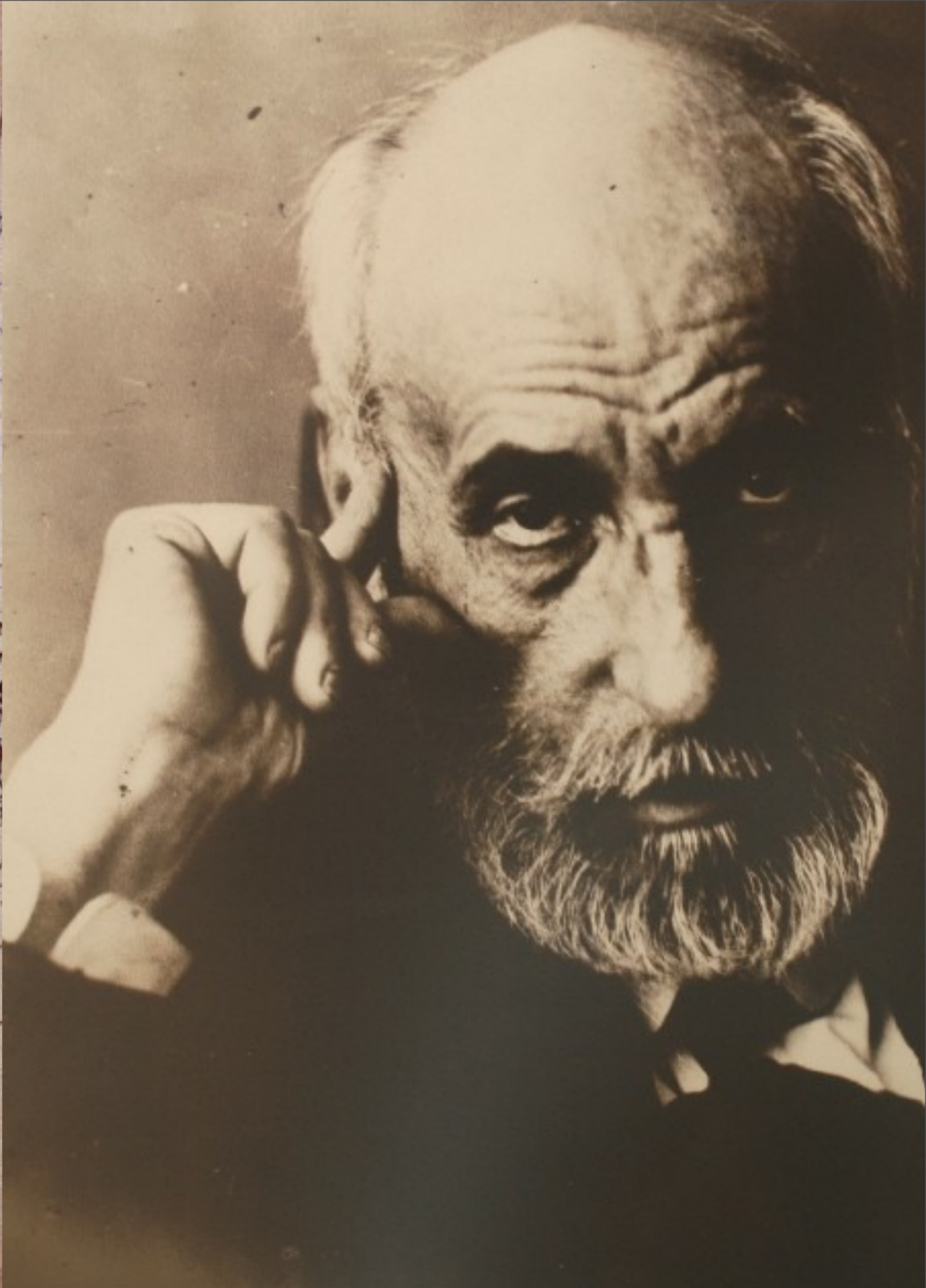
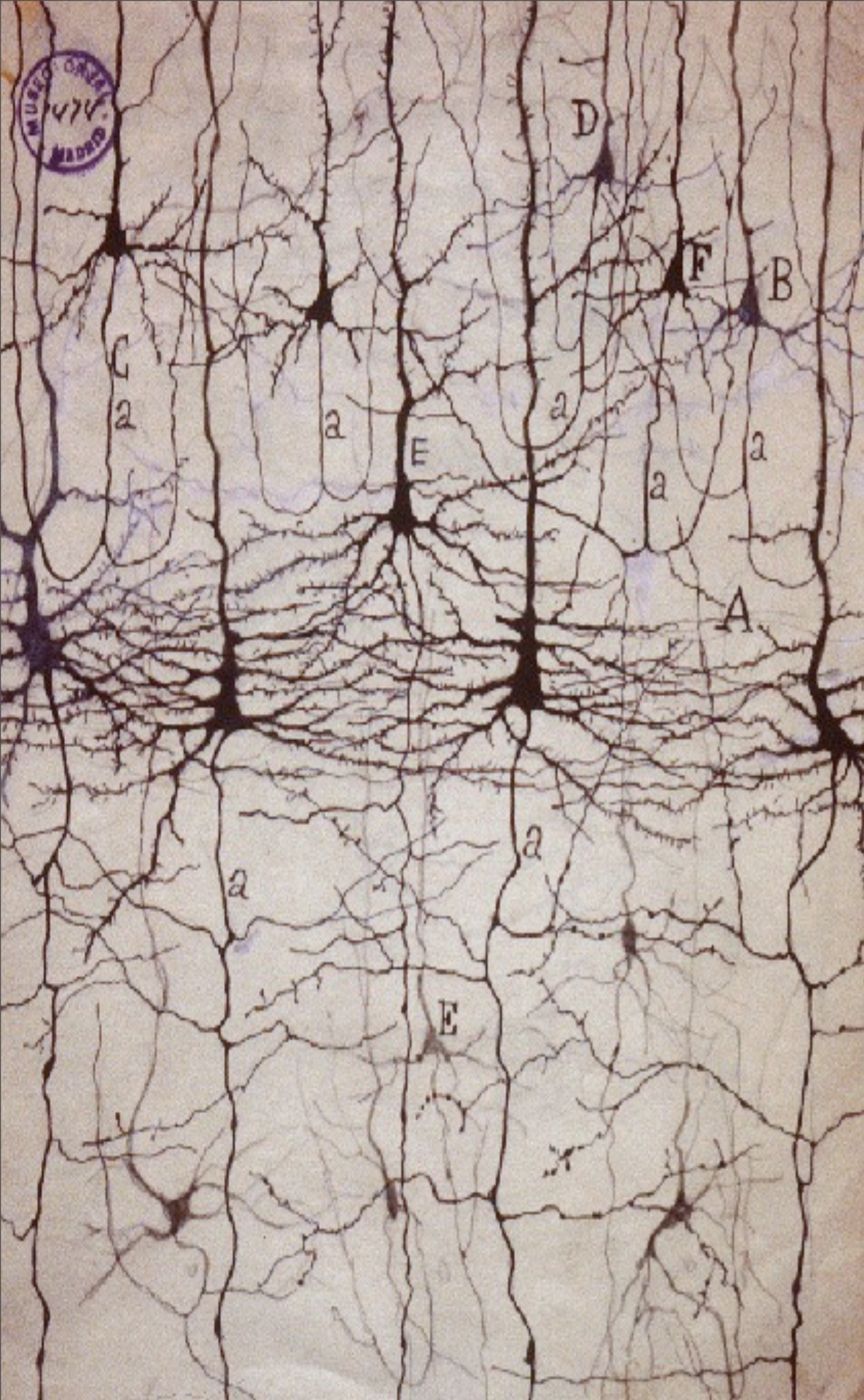
University Medical Center  
Utrecht



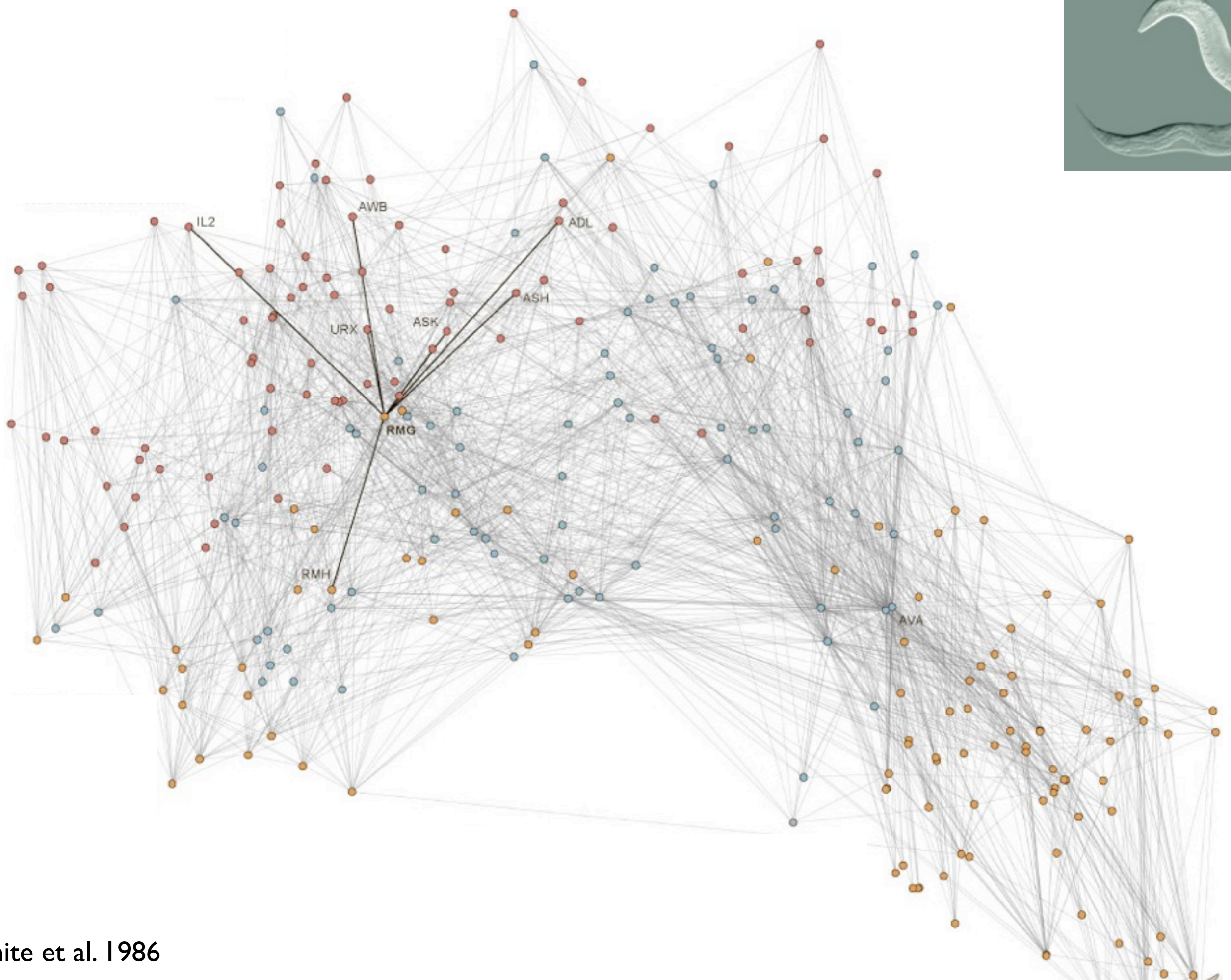
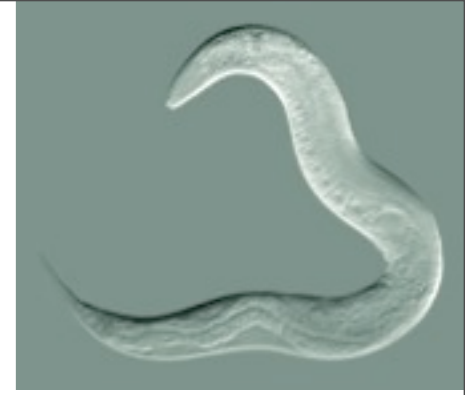










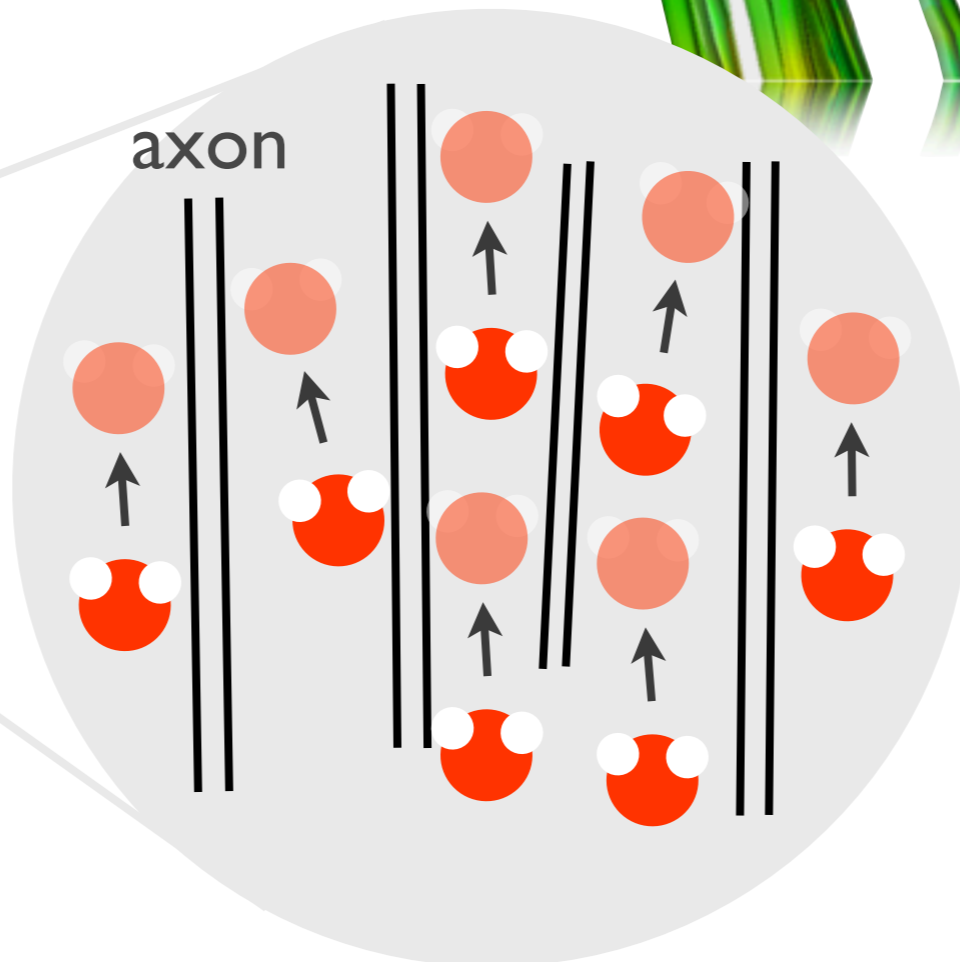
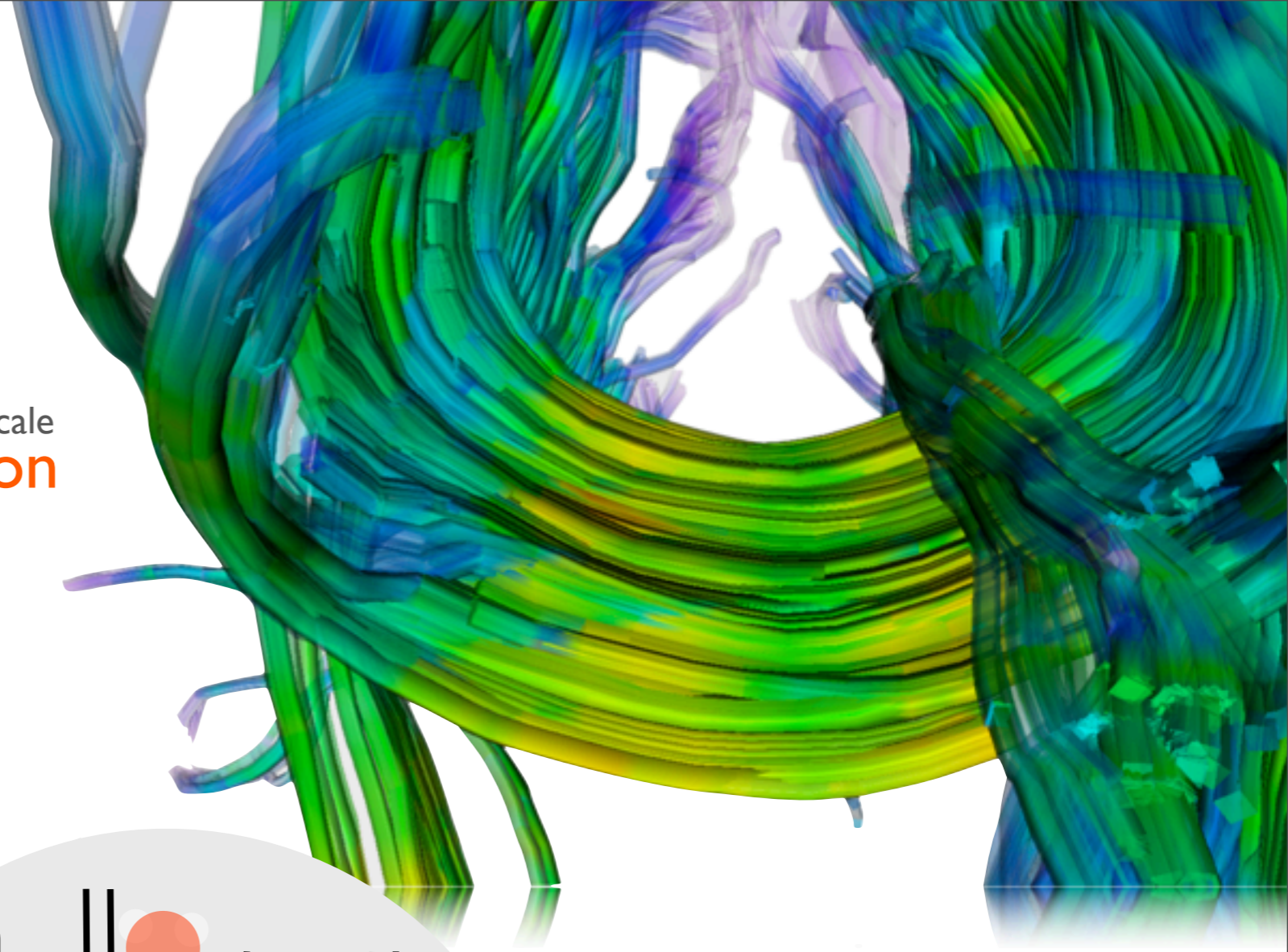


white et al. 1986



# structural connectivity

mesoscopic scale  
**region-to-region**

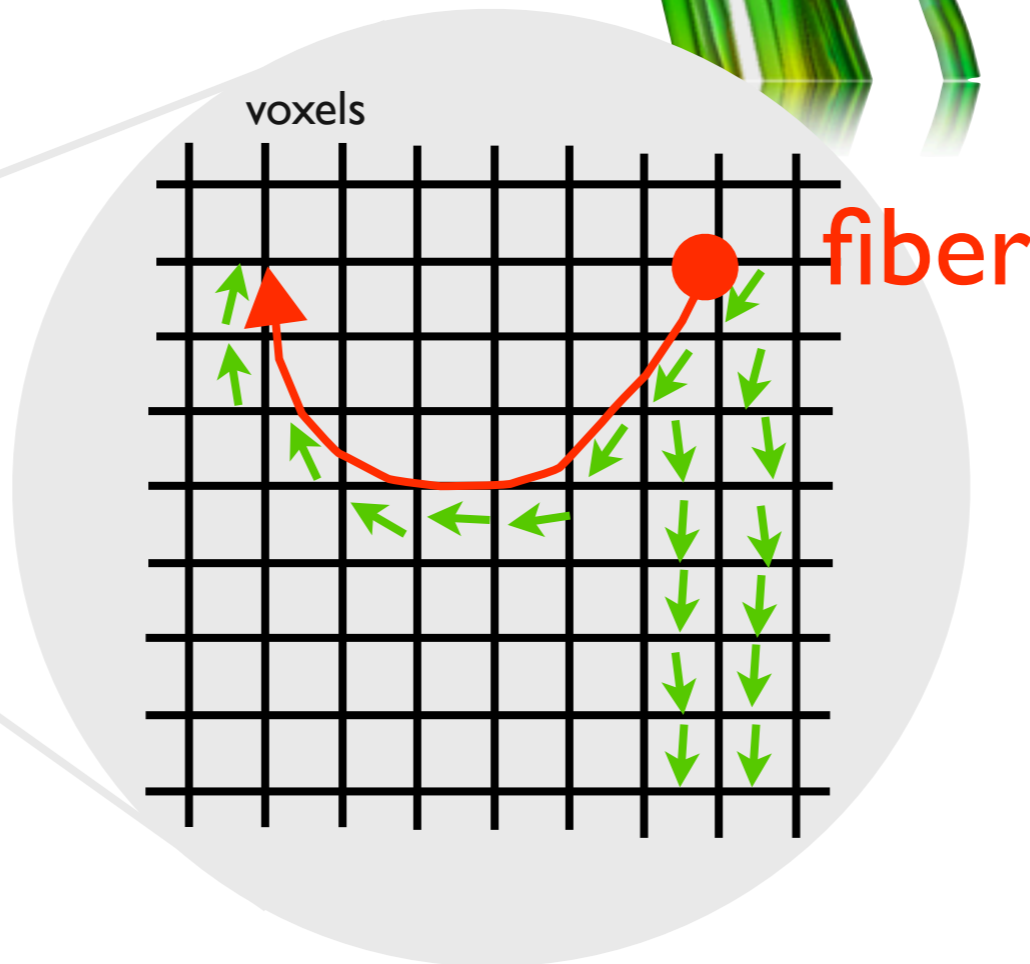
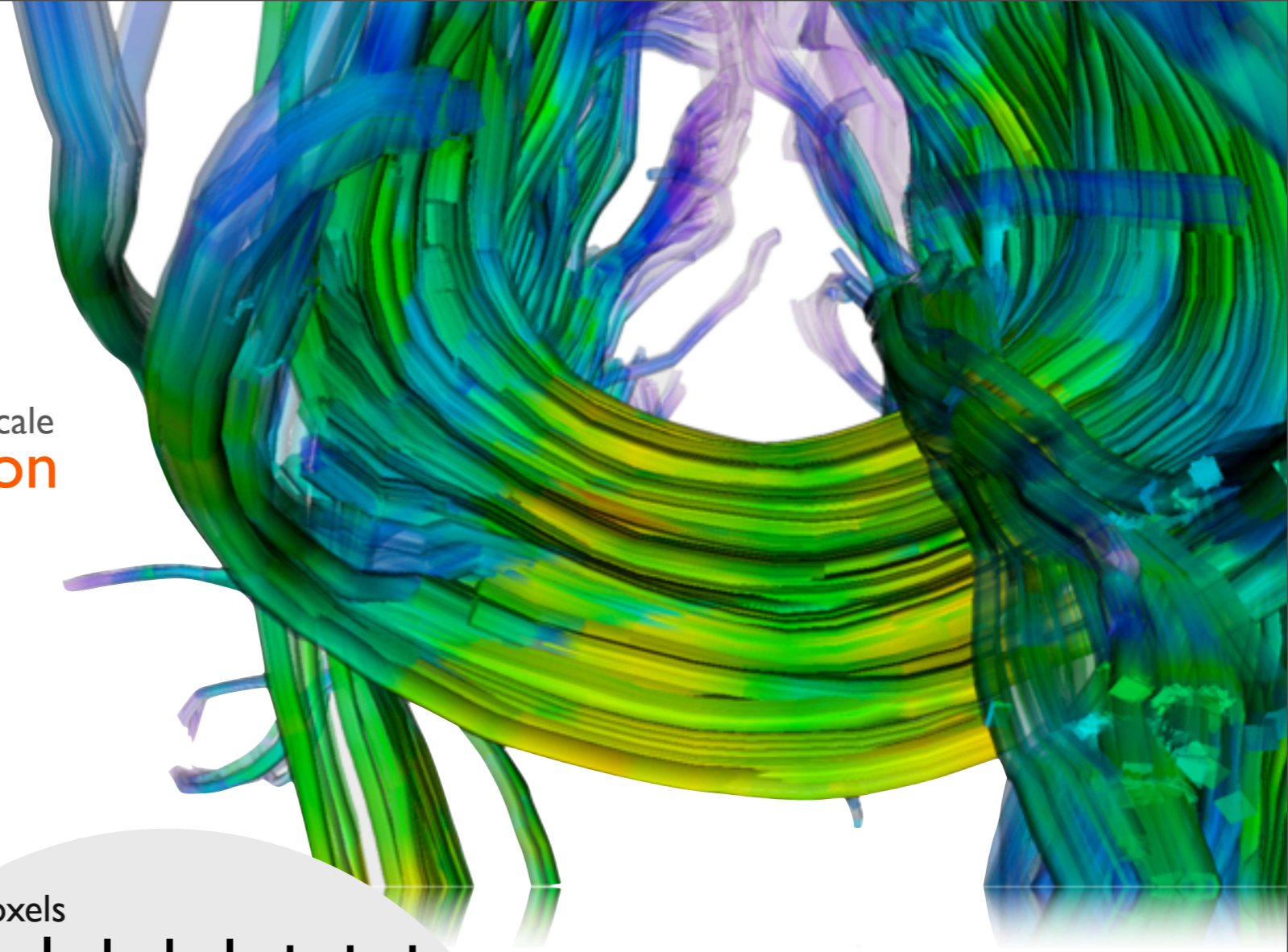


↑  
net  
diffusion

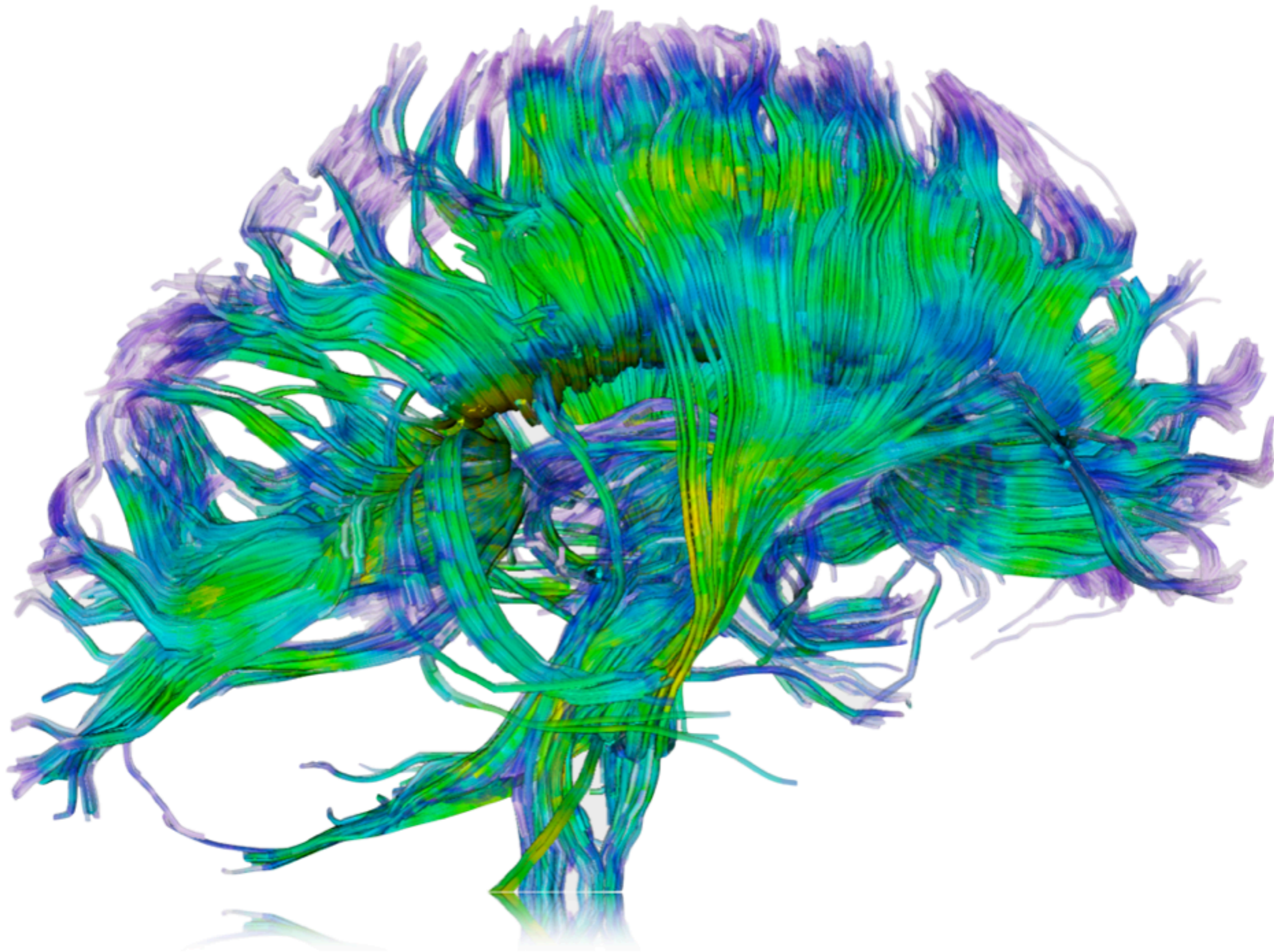


# structural connectivity

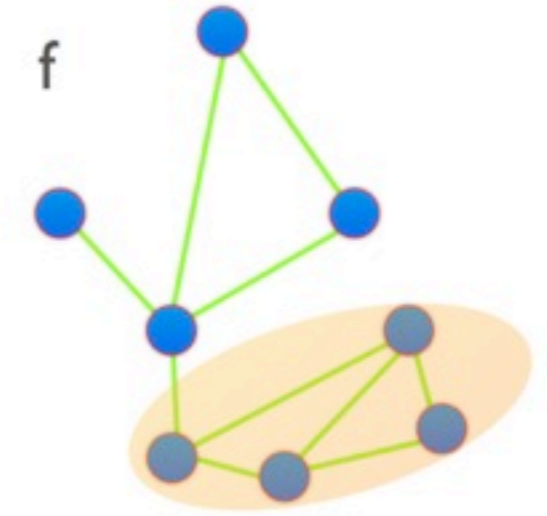
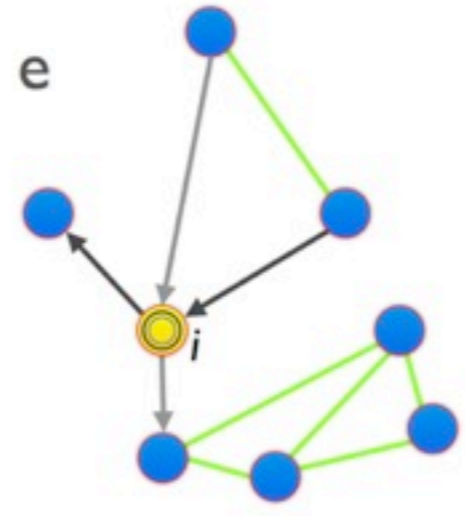
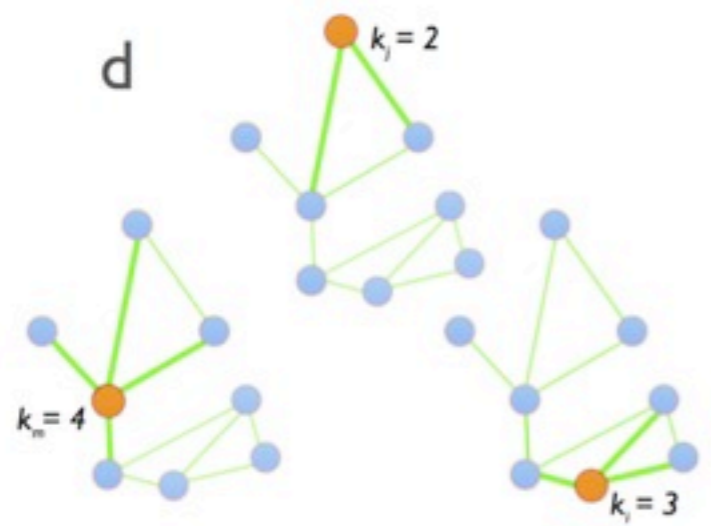
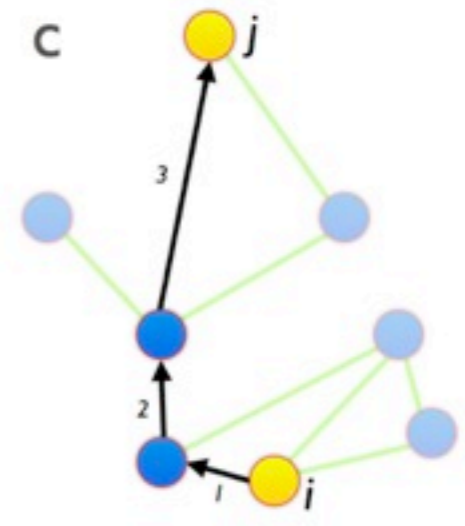
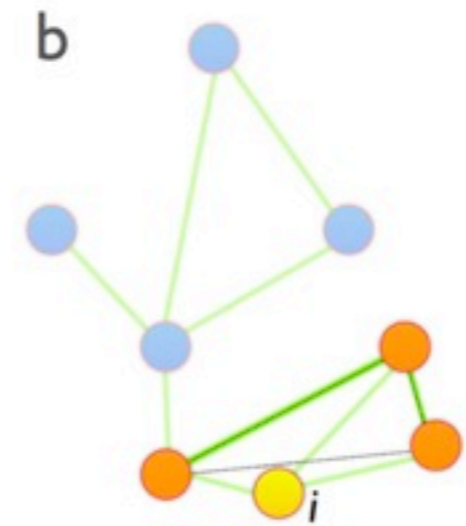
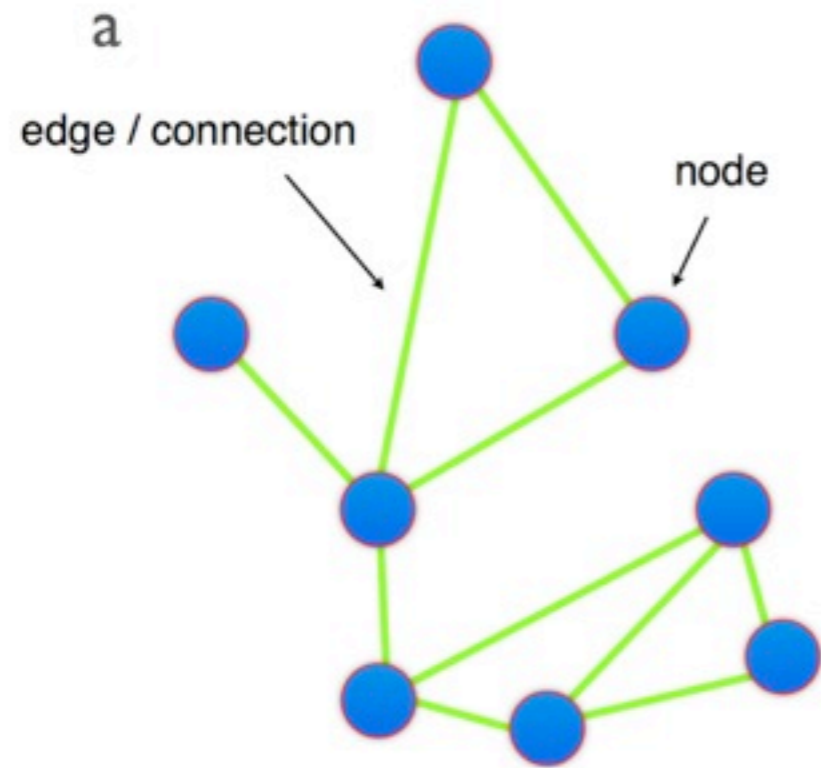
mesoscopic scale  
**region-to-region**







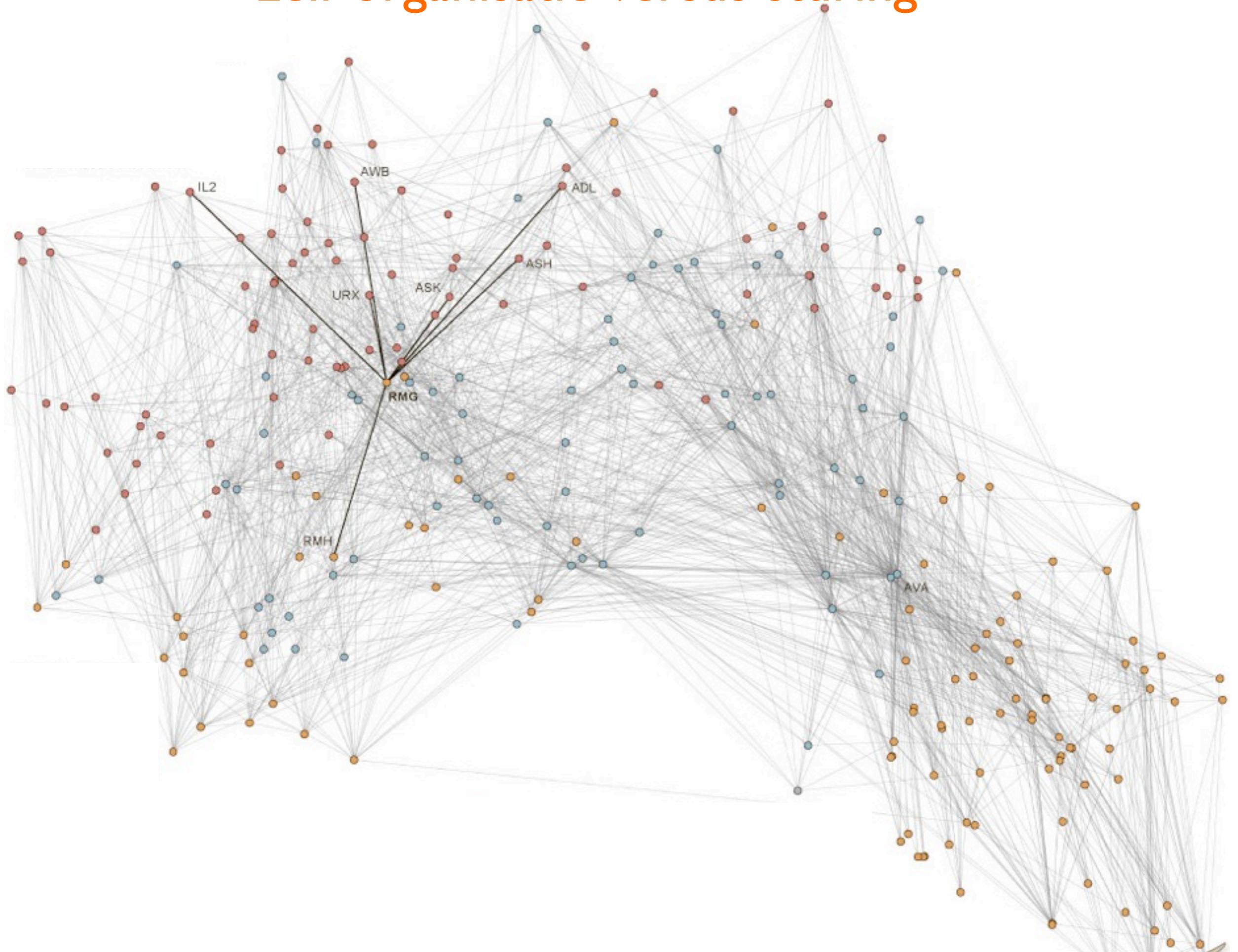








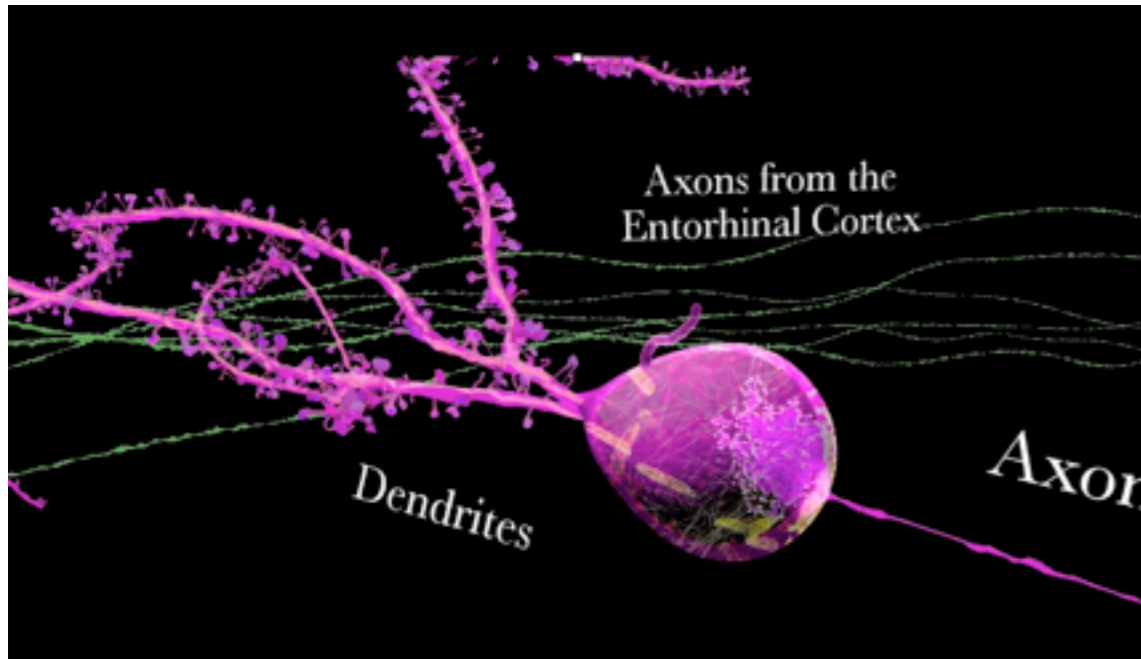
# self-organisatie versus sturing





# zelf-organisatie versus sturing

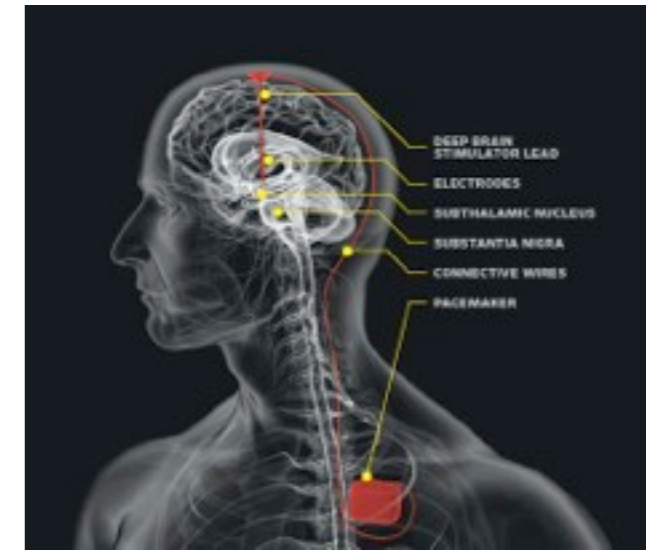
zelf-organisatie : 'neuron-to-neuron'



sturing: DNA



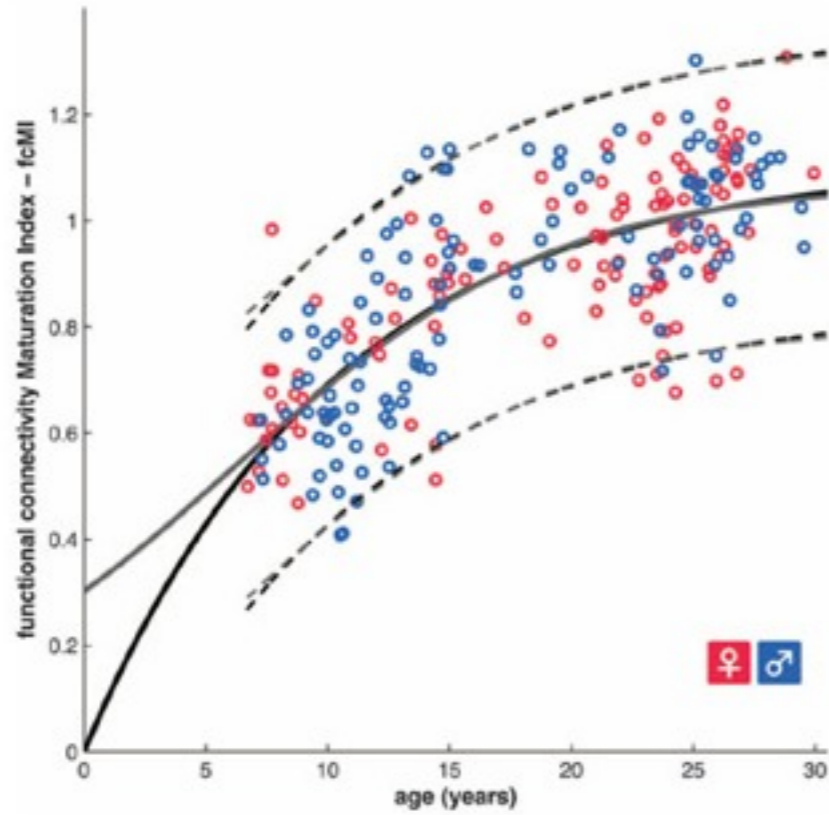
Brain stimulation



medicatie



# zelf-organisatie versus sturing



dosenbach et al science 2011



**Figure 5.** Mean normalized path length ( $L_w/L_w - s$ ) over all epochs for children at 5 and 7 years of age in three frequency bands. The mean normalized path length was significantly higher in children at 7 years of age compared to children at 5 years of age in theta ( $F = 28.297, P < 0.001$ ), alpha ( $F = 30.989, P < 0.001$ ) and beta ( $F = 55.416, P < 0.001$ ) bands.

boersma et al 2010, HBM

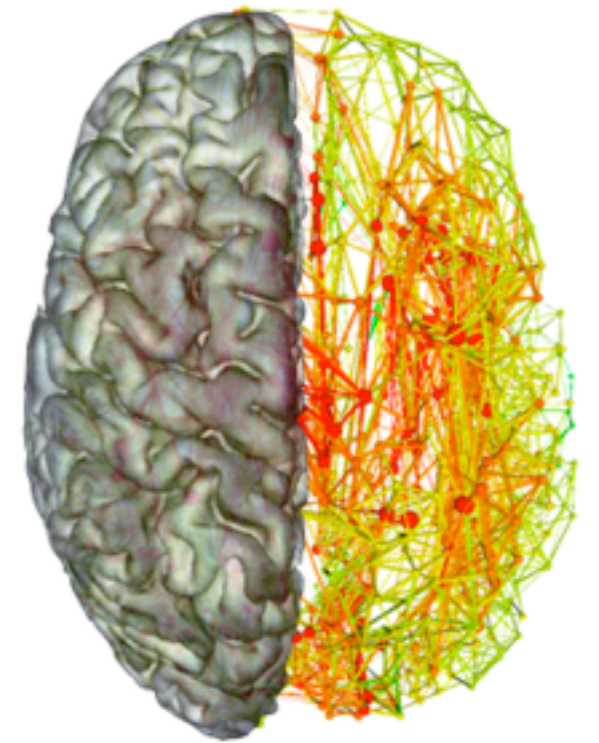
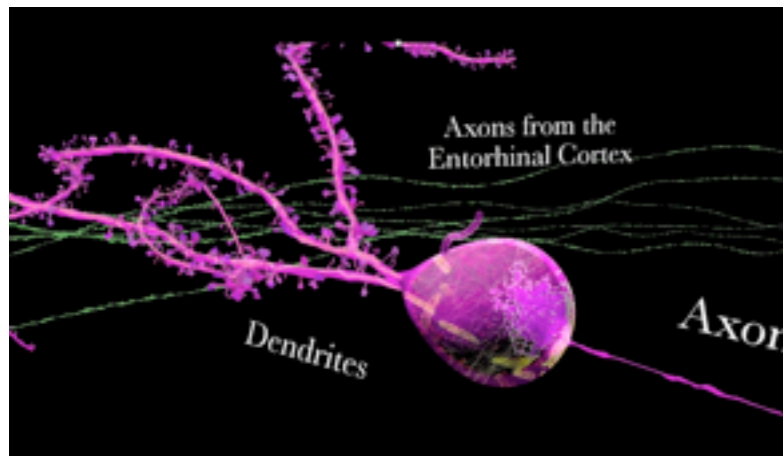
# gelaagdheid

micro

meso

macro

- neuron - hersengebied - brein netwerk



# gelaagdheid

micro

meso

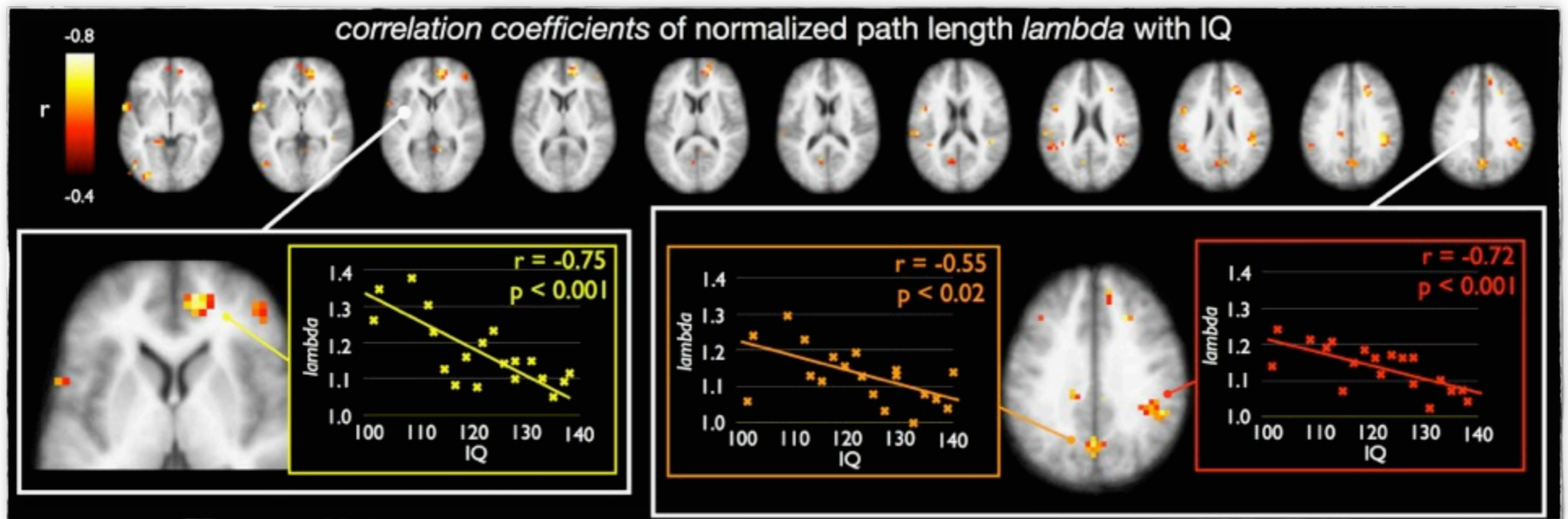
macro

- neuron - hersengebied - brein netwerk
- organisatie - vormen
- community formation
- small-world
- heavy tailed, perhaps scale-free
- short communication relays
- economic wiring
- spatial embedding



# gelaagdheid

netwerk topologie heeft zijn invloed op performance van de hersenen



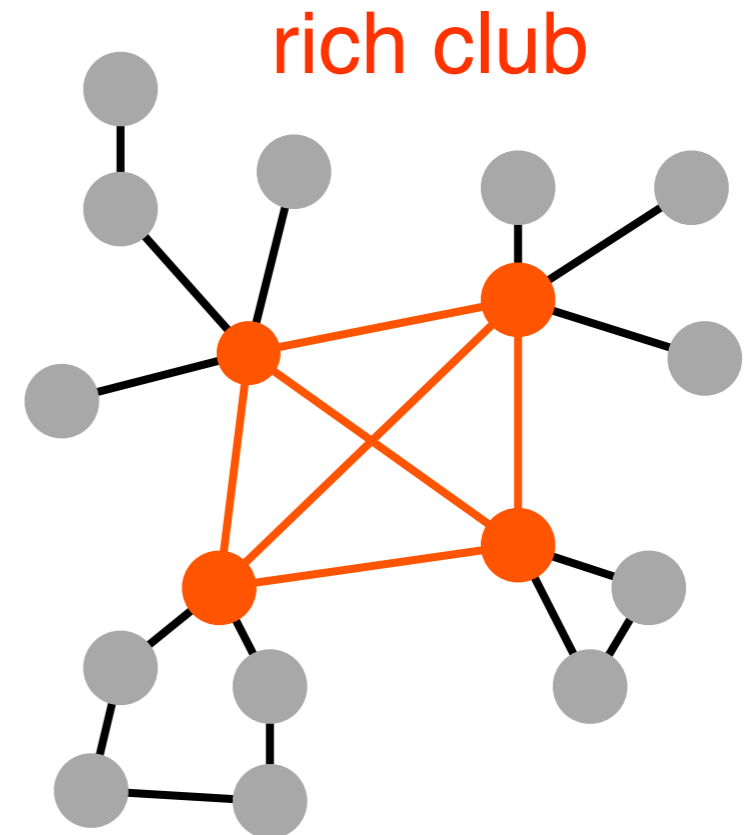
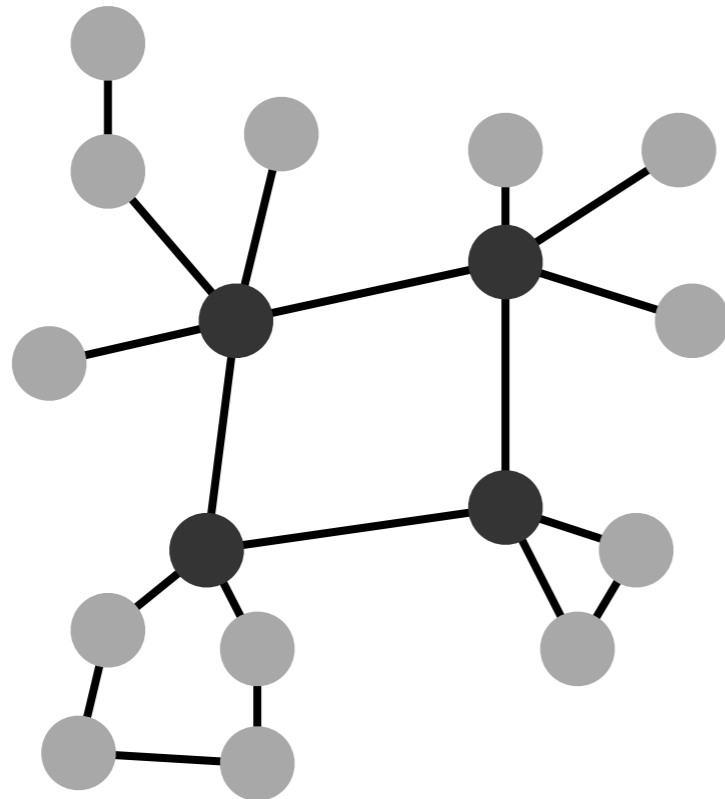
van den heuvel et al. JNS 2009

# gelaagdheid

efficient communication paths vastly outnumbered by all possible paths

does structure facilitate efficient communication?

- hub
- node
- edge

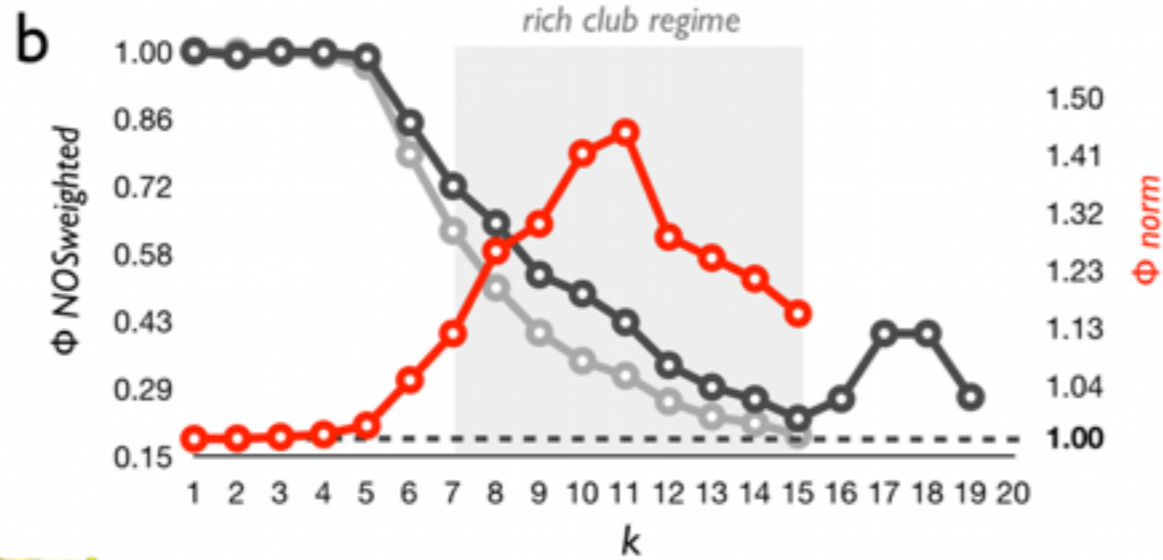
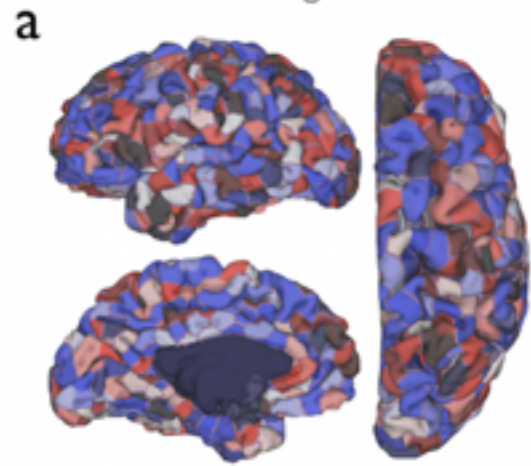






# gelaagdheid

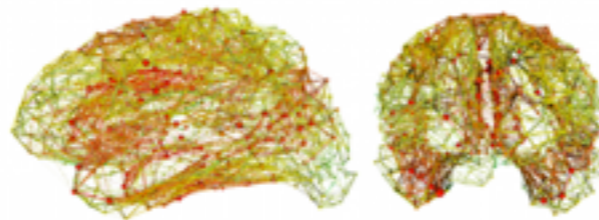
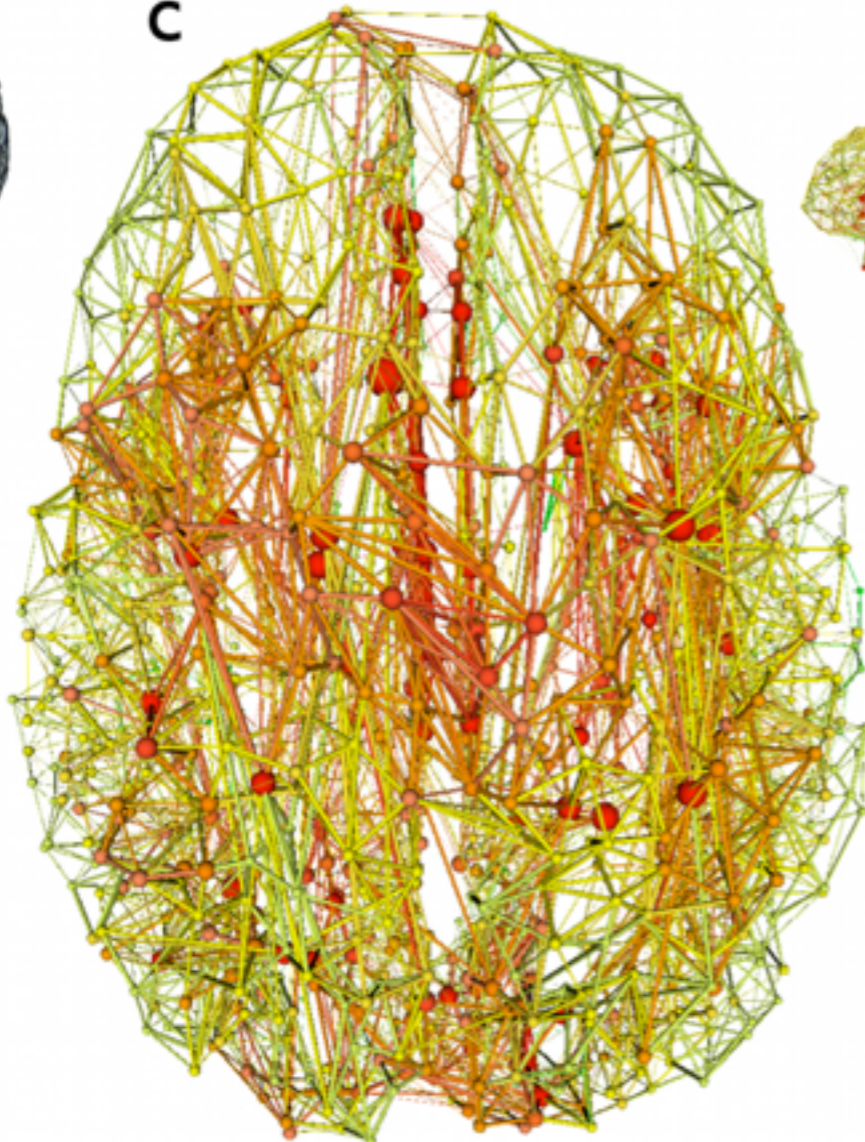
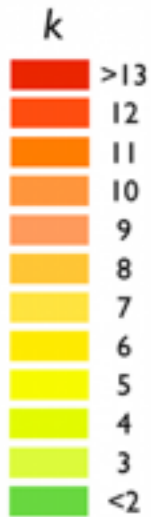
rich-club high resolution  
1170 regions



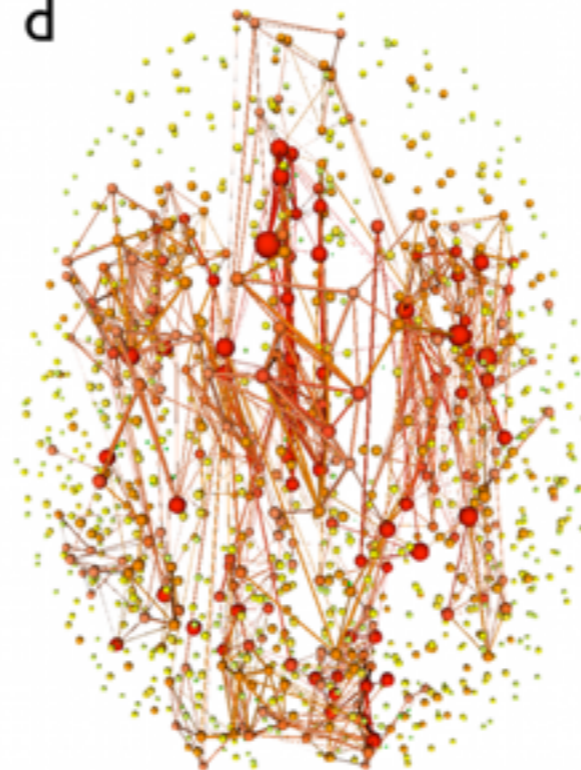
rich club members include:  
precuneus, superior frontal,  
parietal frontal, insula



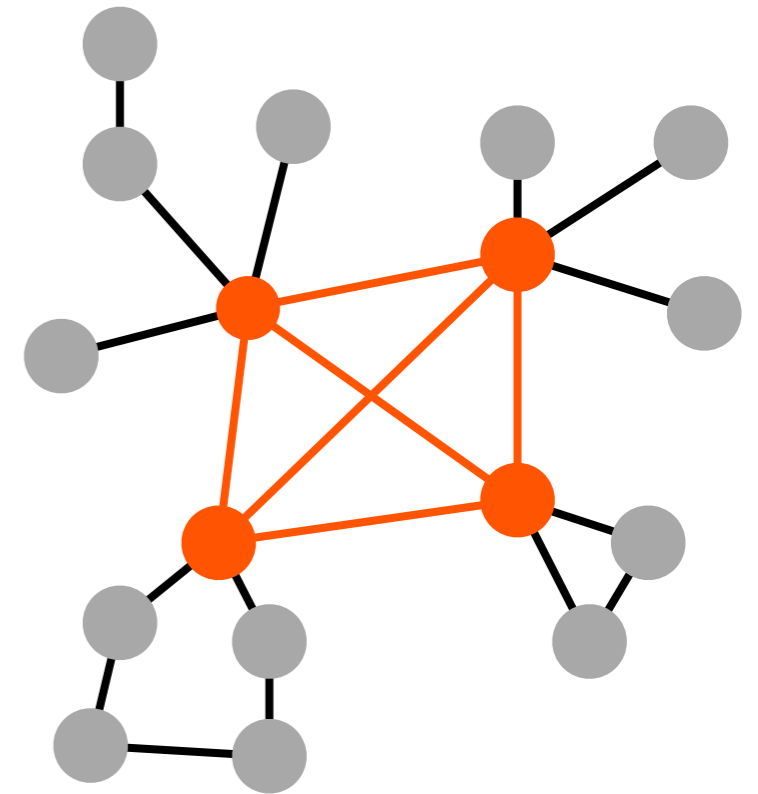
c



d



rich club

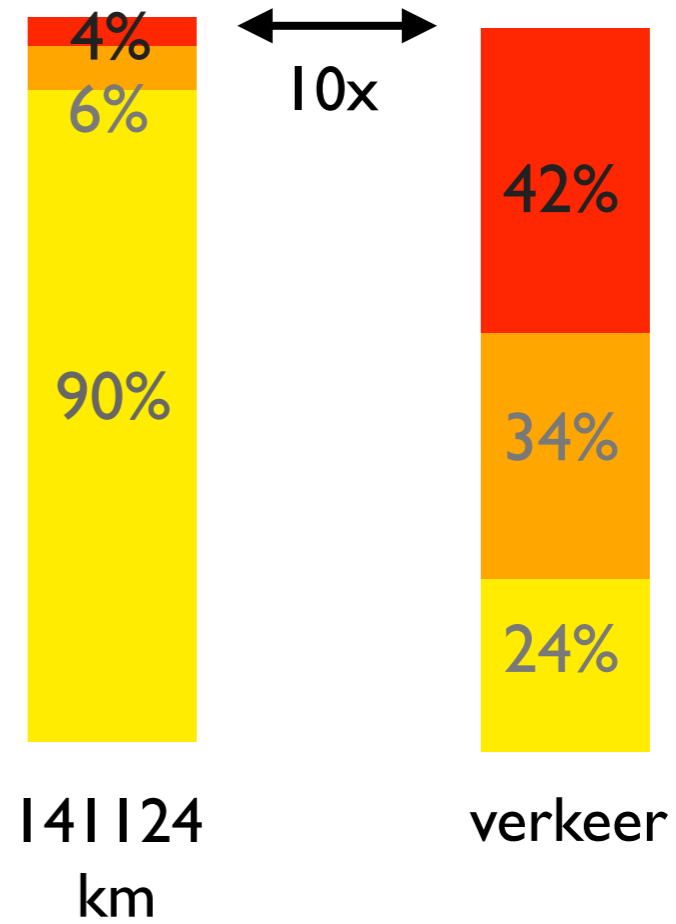


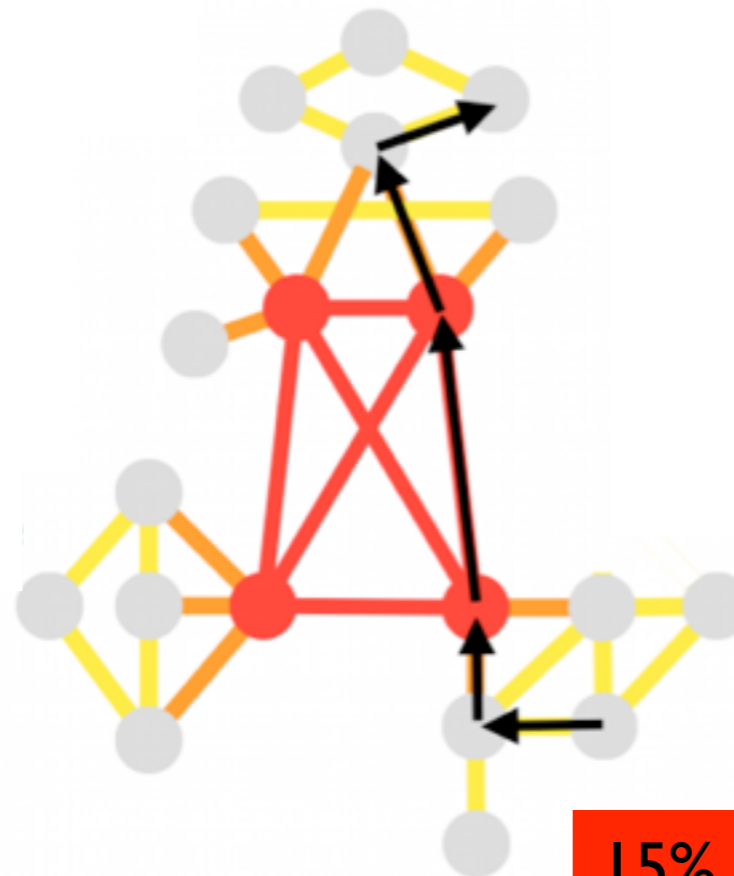
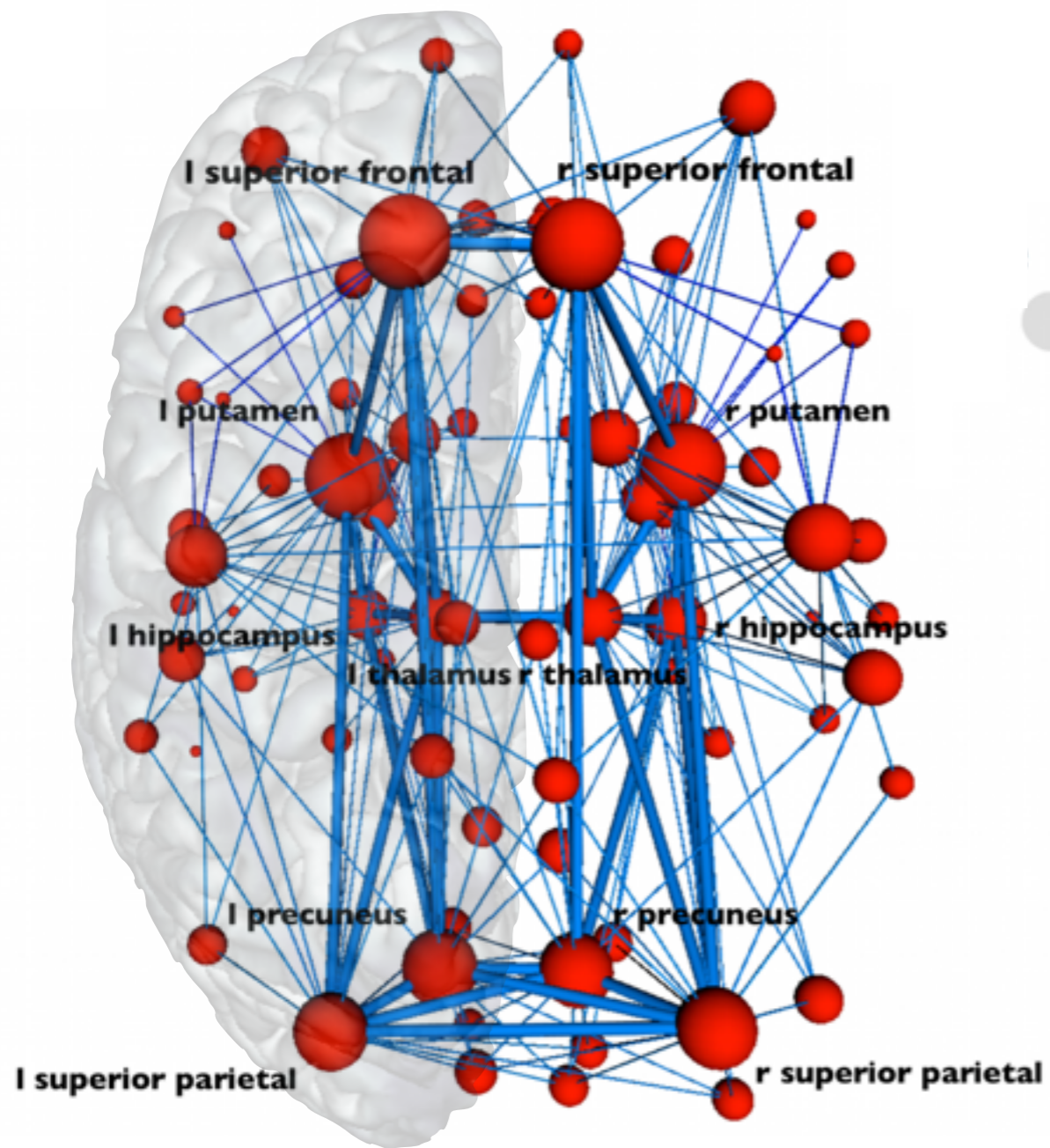
van den heuvel and sporns, JNS 2011



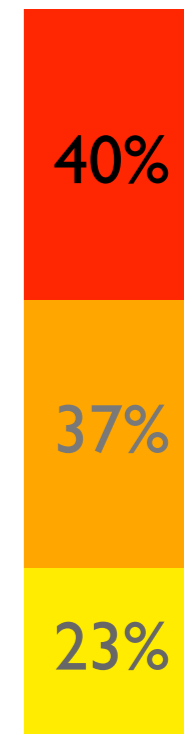


- Snelweg
- Provinciaal
- Lokaal





↔ 2.7x

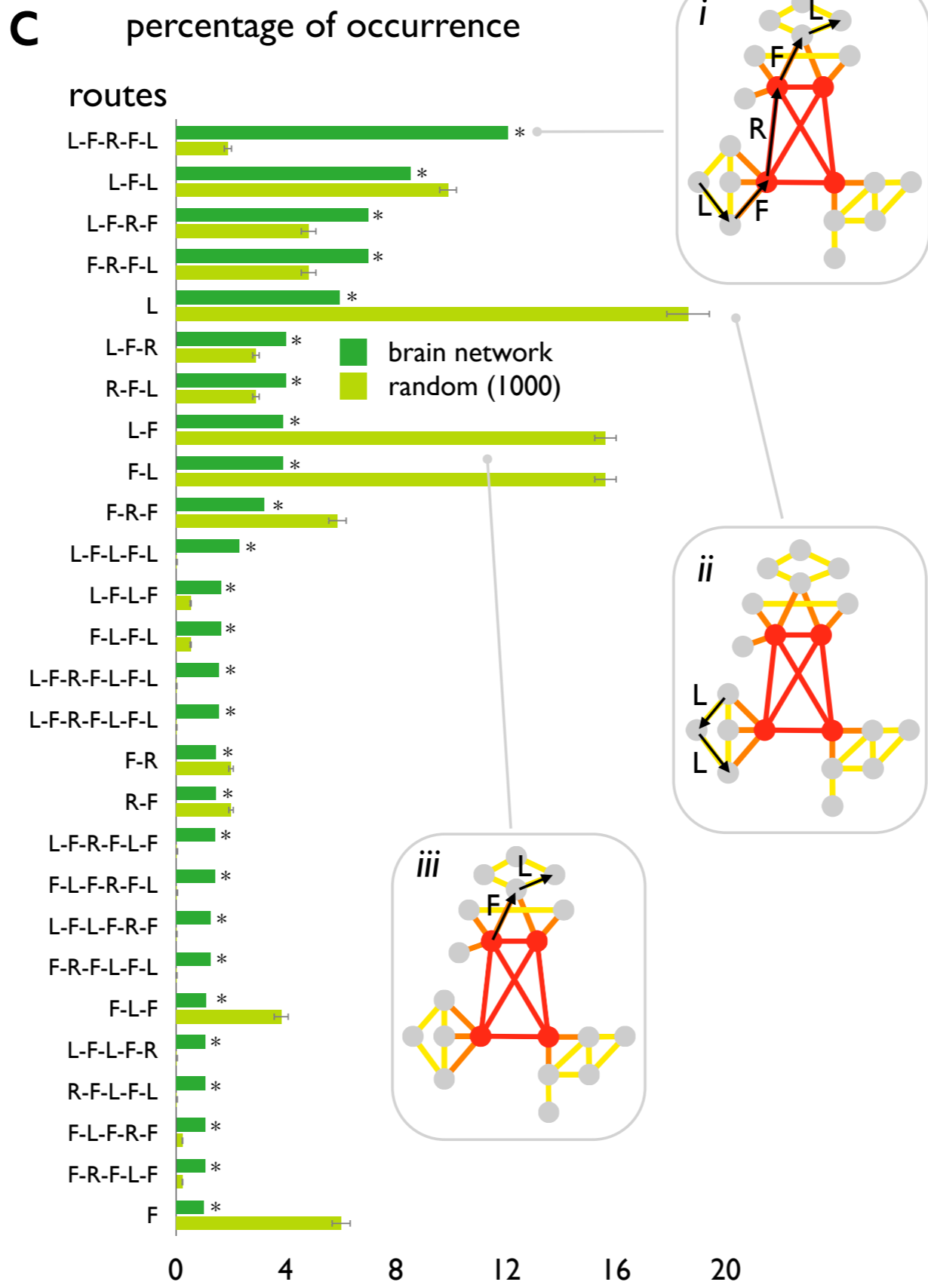
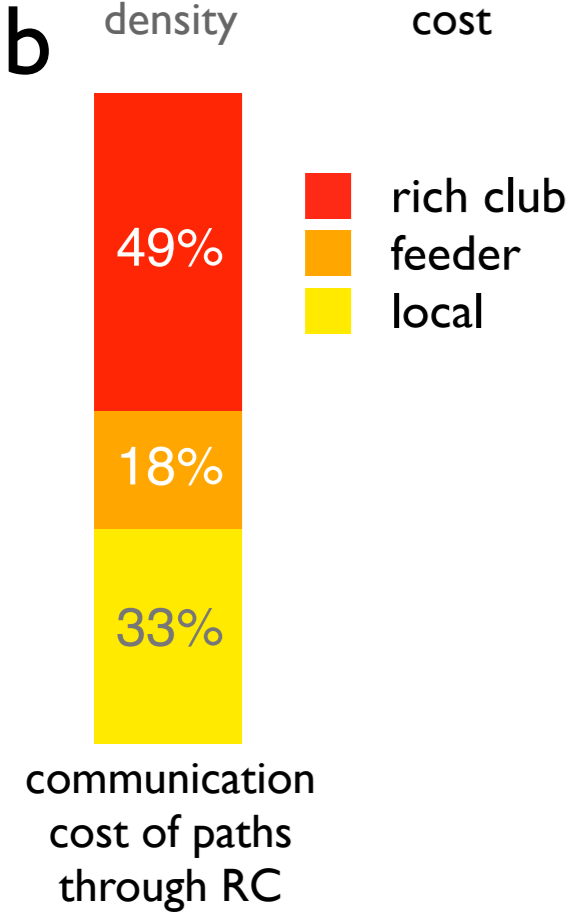
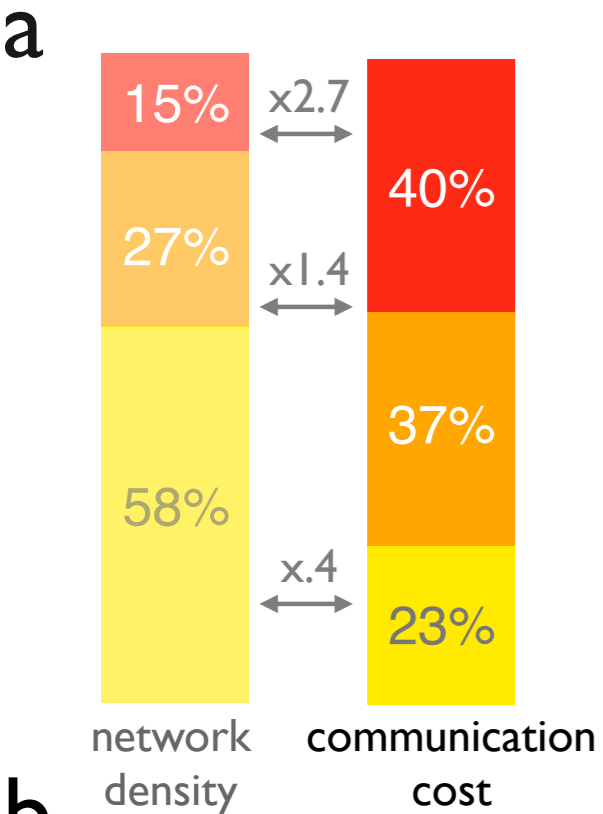


connecties

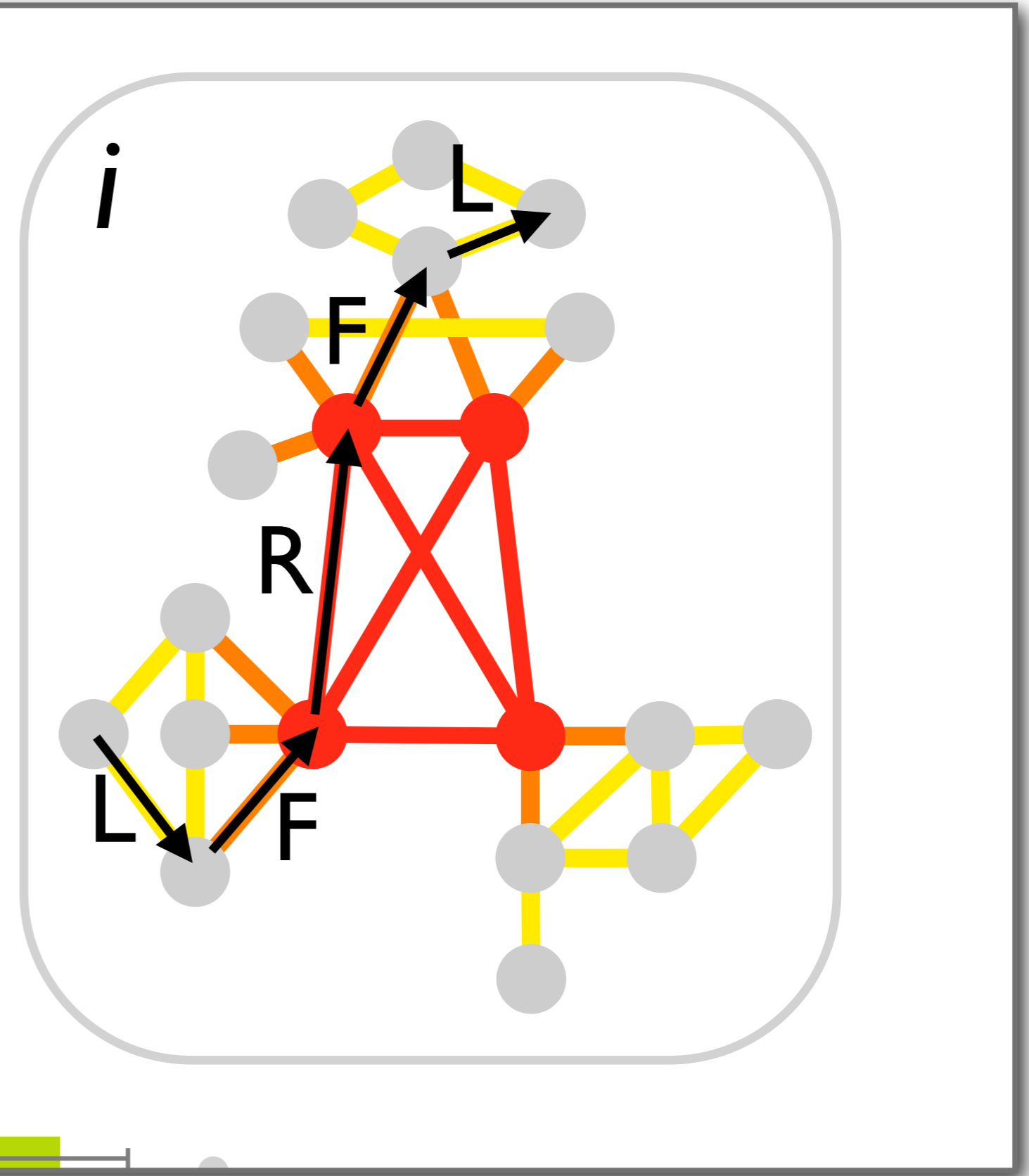
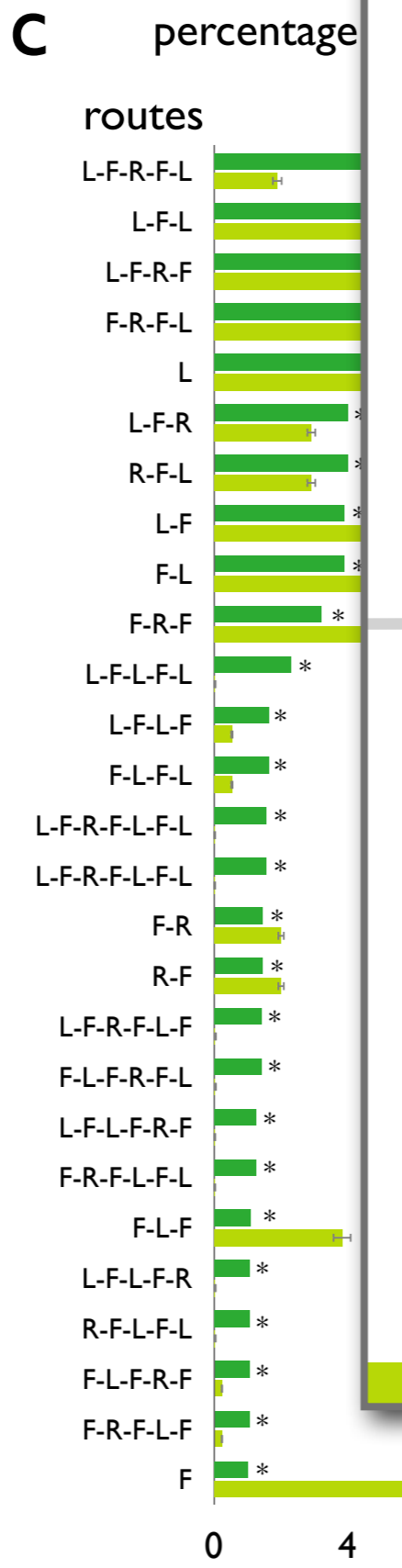
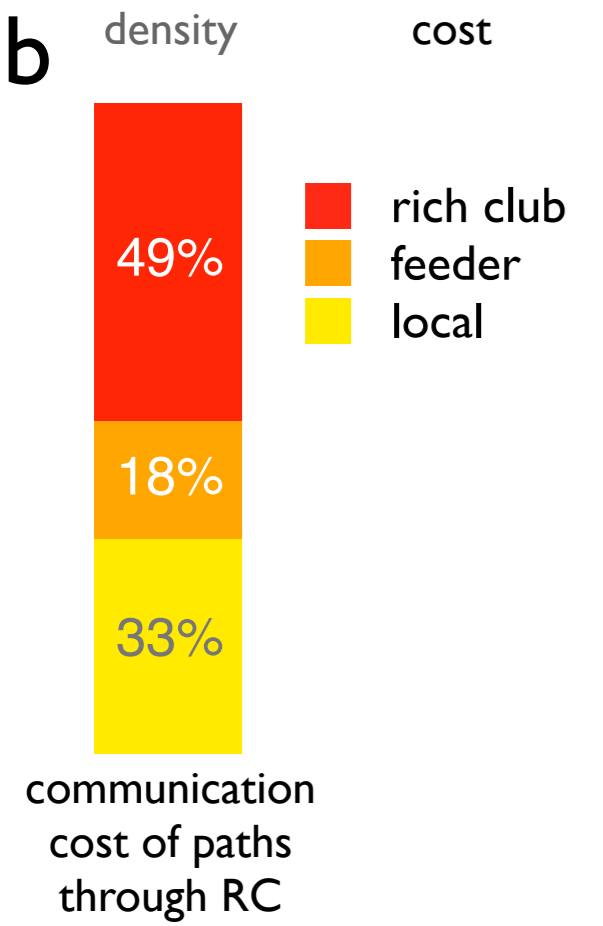
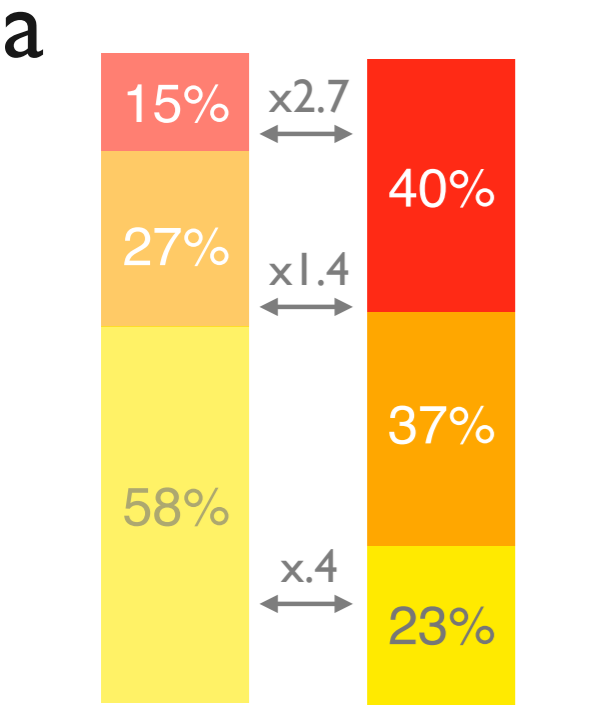
communicatie

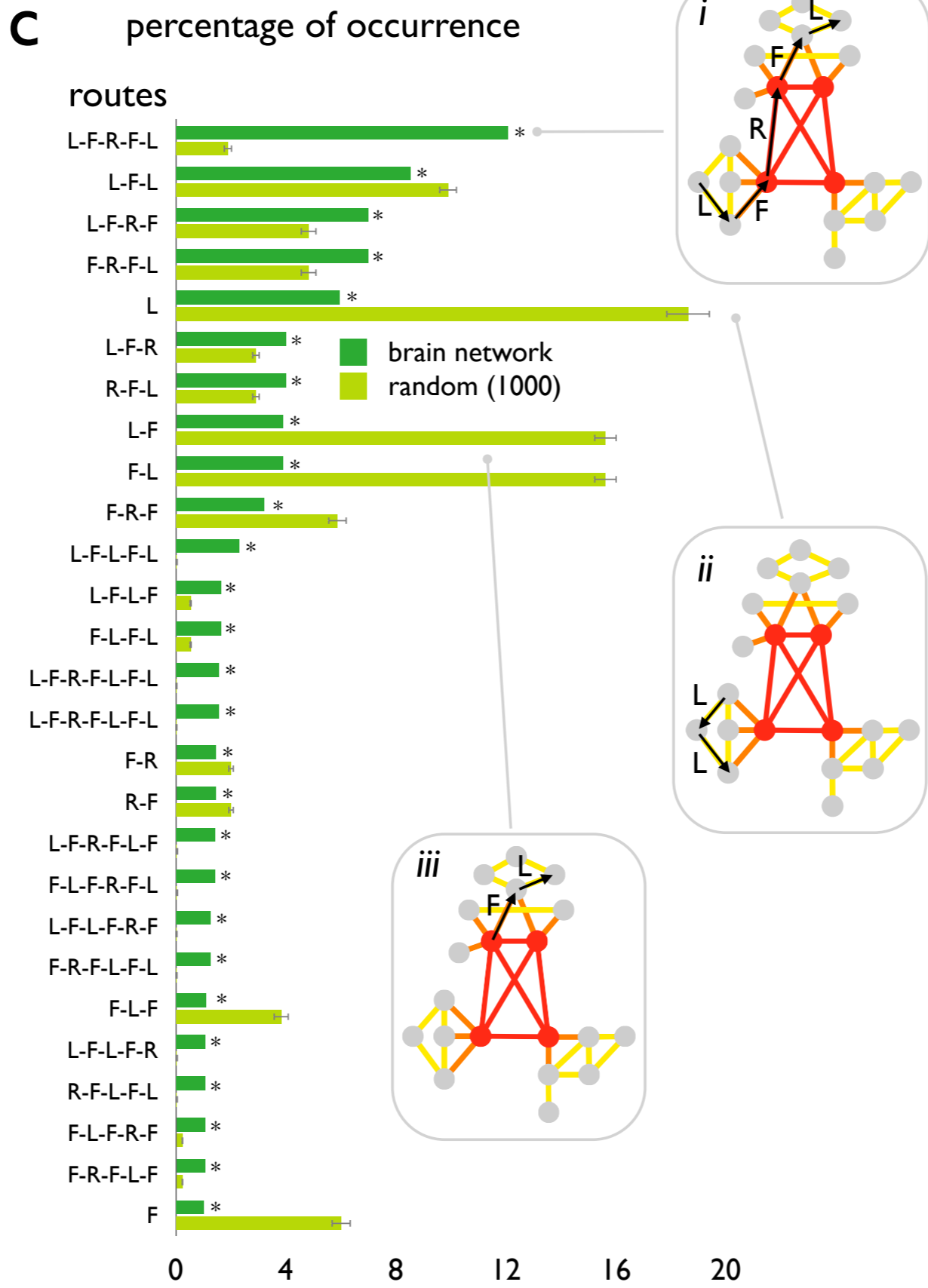
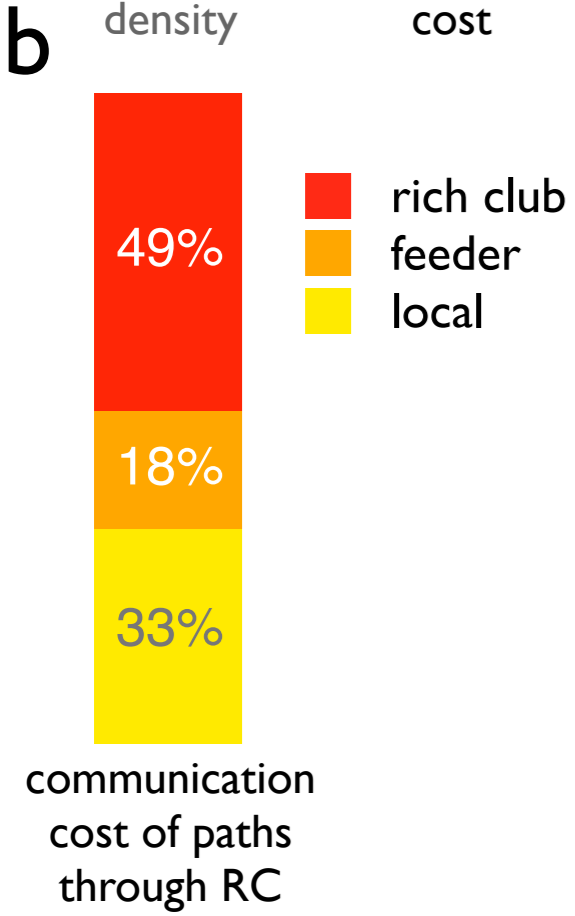
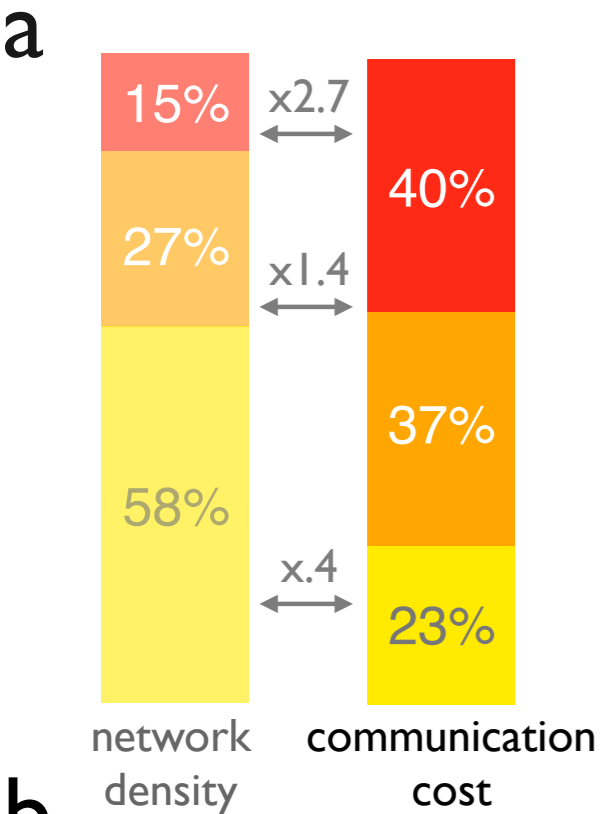
uit 'rich club organization of the human connectome'  
Van den Heuvel and Sporns J Neuroscience 2011

Van den Heuvel, Kahn & Sporns PNAS (2012)



rich club connections absorb a large proportion of all communication paths

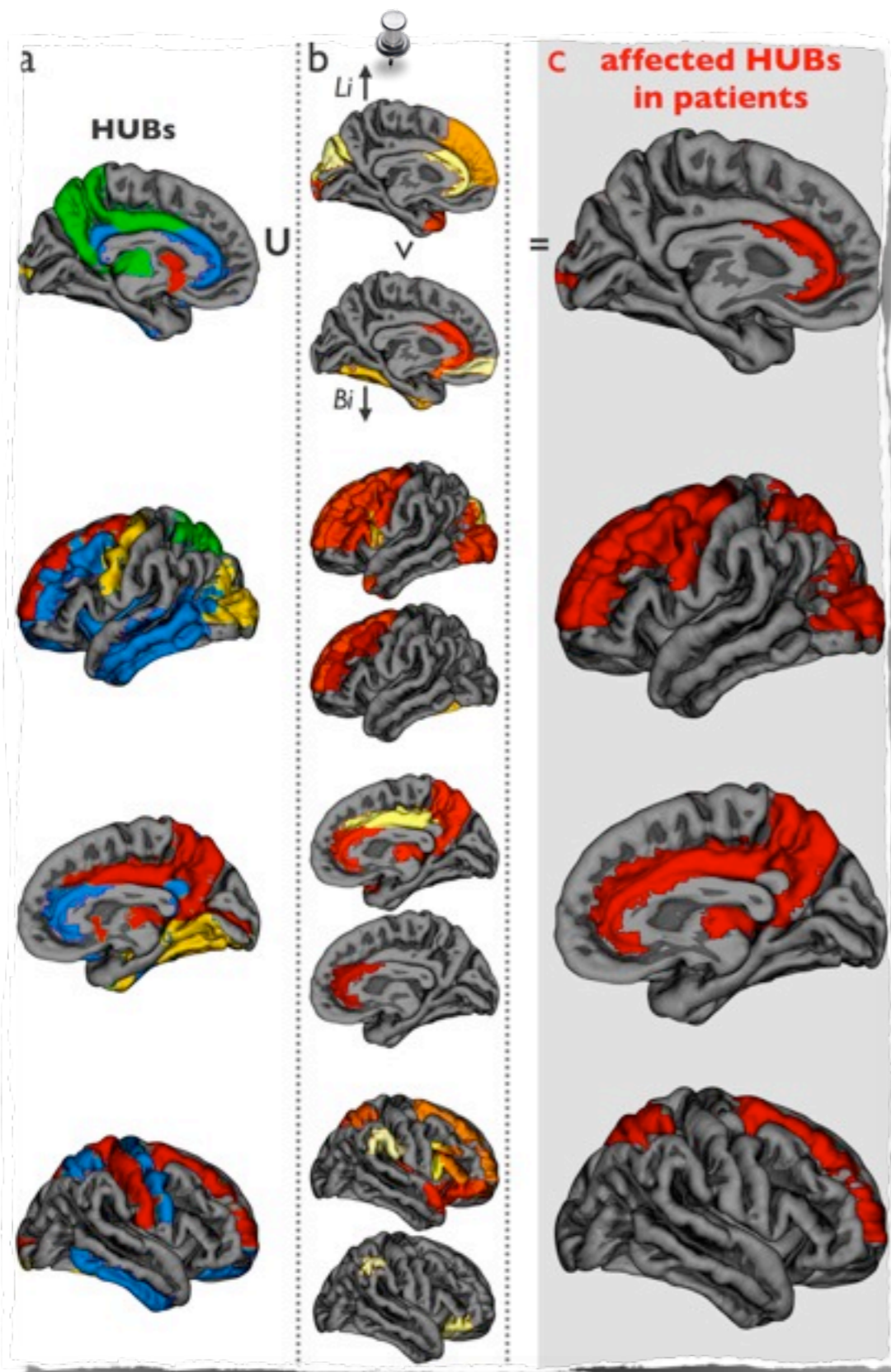




rich club connections absorb a large proportion of all communication paths



# robuustheid: ziekte



Van den Heuvel et al. 2010 J Neuroscience

## Cortical Hubs Revealed by Intrinsic Functional Connectivity Mapping, Assessment of Stability, and Relation to Alzheimer's Disease

Randy L. Buckner,<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100</sup> Jorge Sepulcre,<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100</sup> Tanveer Talukdar,<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100</sup> Fenna M. Krienen,<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100</sup> Hesheng Liu,<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100</sup> Trey Hedden,<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100</sup> Jessica R. Andrews-Hanna,<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100</sup> Reisa A. Sperling,<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100</sup> and Keith A. Johnson<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100</sup>

<sup>1</sup>Department of Psychology and Center for Brain Science, Harvard University, Cambridge, Massachusetts 02138, <sup>2</sup>Departments of <sup>3</sup>Psychiatry, <sup>4</sup>Radiology, and <sup>5</sup>Neurology, Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School, Boston, Massachusetts 02114, <sup>6</sup>Adriana A. Martins Center for Biomedical Imaging, Charlestown, Massachusetts 02128, <sup>7</sup>Howard Hughes Medical Institute, Cambridge, Massachusetts 02138, and <sup>8</sup>Department of Neurology, Brigham and Women's Hospital and Harvard Medical School, Boston, Massachusetts 02115

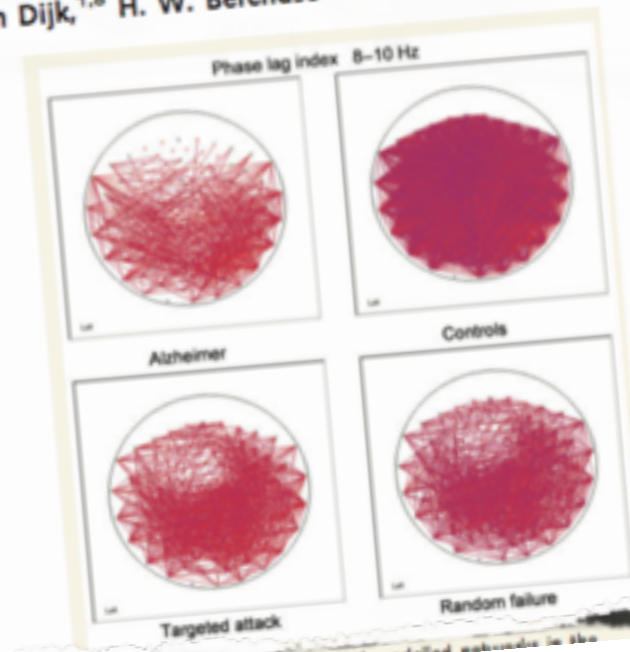
Buckner et al. • Cortical Hubs

### CORTICAL HUBS



## Graph theoretical analysis of magnetoencephalographic functional connectivity in Alzheimer's disease

C. J. Stam,<sup>1</sup> W. de Haan,<sup>2</sup> A. Daffertshofer,<sup>3</sup> B. F. Jones,<sup>4</sup> I. Manshanden,<sup>1</sup> A. M. van Cappellen van Walsum,<sup>5,6</sup> T. Montez,<sup>7</sup> J. P. A. Verbunt,<sup>1,8</sup> J. C. de Munck,<sup>1,8</sup> B. W. van Dijk,<sup>1,8</sup> H. W. Berendse<sup>2</sup> and P. Scheltens<sup>2</sup>





# robuustheid: ziekte

## How Do Brain Tumors Alter Functional Connectivity? A Magnetoencephalography Study

Fabrice Bartolomei, MD, PhD,<sup>1,2</sup> Ingeborg Bosma, MD,<sup>3</sup> Martin Klein, PhD,<sup>4</sup> Johannes C. Baayen, MD,<sup>5</sup> Jaap C. Reijneveld, MD, PhD,<sup>3</sup> Tjeerd J. Postma, MD, PhD,<sup>3</sup> Jan J. Heimans, MD, PhD,<sup>3</sup> Bob W. van Dijk, PhD,<sup>6</sup> Jan C. de Munck, PhD,<sup>6</sup> Arent de Jongh, PhD,<sup>6</sup> Keith S. Cover, PhD,<sup>6</sup> and Cornelis J. Stam, MD, PhD<sup>7</sup>

OPEN ACCESS Freely available online

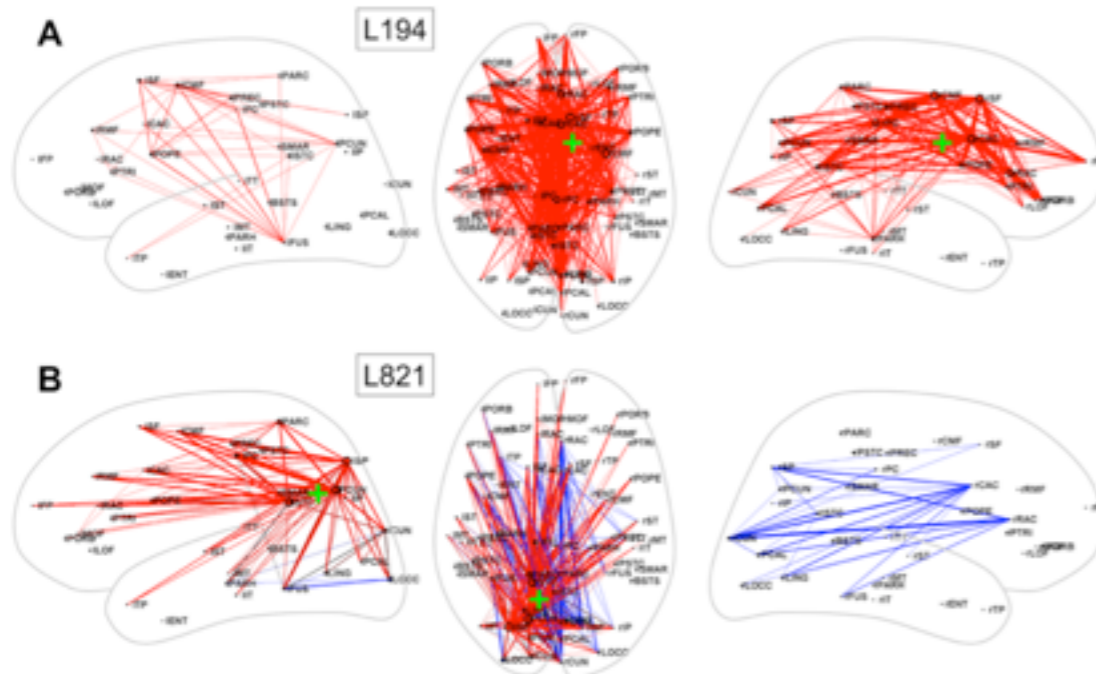
PLoS COMPUTATIONAL BIOLOGY

### Modeling the Impact of Lesions in the Human Brain

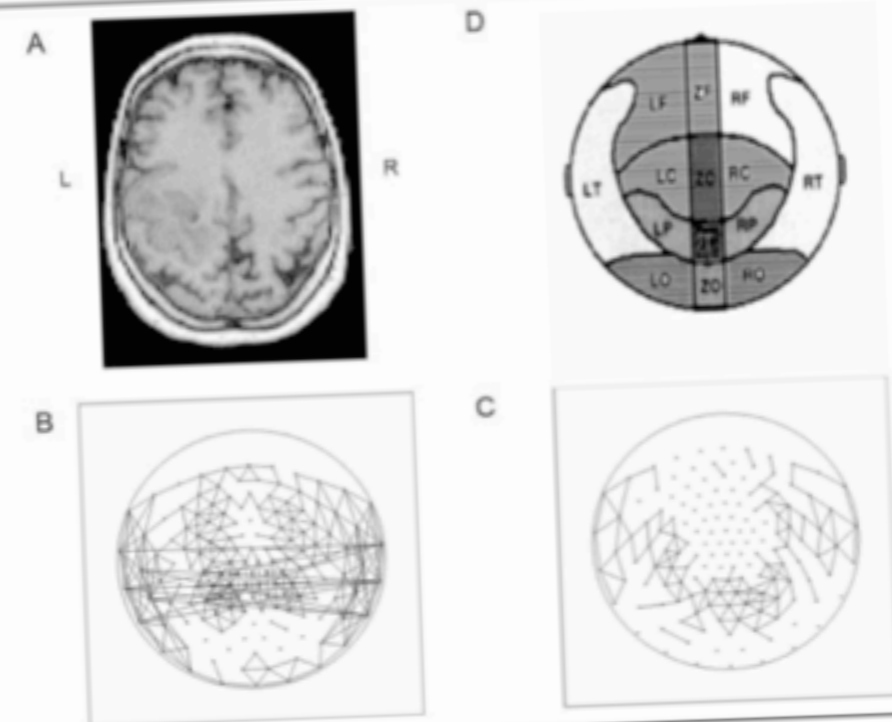
Jeffrey Alstott<sup>1</sup>, Michael Breakspear<sup>2,3,4,5</sup>, Patric Hagmann<sup>6,7</sup>, Leila Cammoun<sup>6,7</sup>, Olaf Sporns<sup>1,8\*</sup>

<sup>1</sup> Program in Cognitive Science, Indiana University, Bloomington, Indiana, United States of America, <sup>2</sup> Queensland Institute of Medical Research, Brisbane, Australia, <sup>3</sup> Royal Brisbane and Women's Hospital, Brisbane, Australia, <sup>4</sup> School of Psychiatry, University of South Wales, Sydney, Australia, <sup>5</sup> The Black Dog Institute, Sydney, Australia, <sup>6</sup> Signal Processing Laboratory 5, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, Switzerland, <sup>7</sup> Department of Radiology, University Hospital Center, University of Lausanne, Lausanne, Switzerland, <sup>8</sup> Department of Psychological and Brain Sciences, Indiana University, Bloomington, Indiana, United States of America

#### Abstract



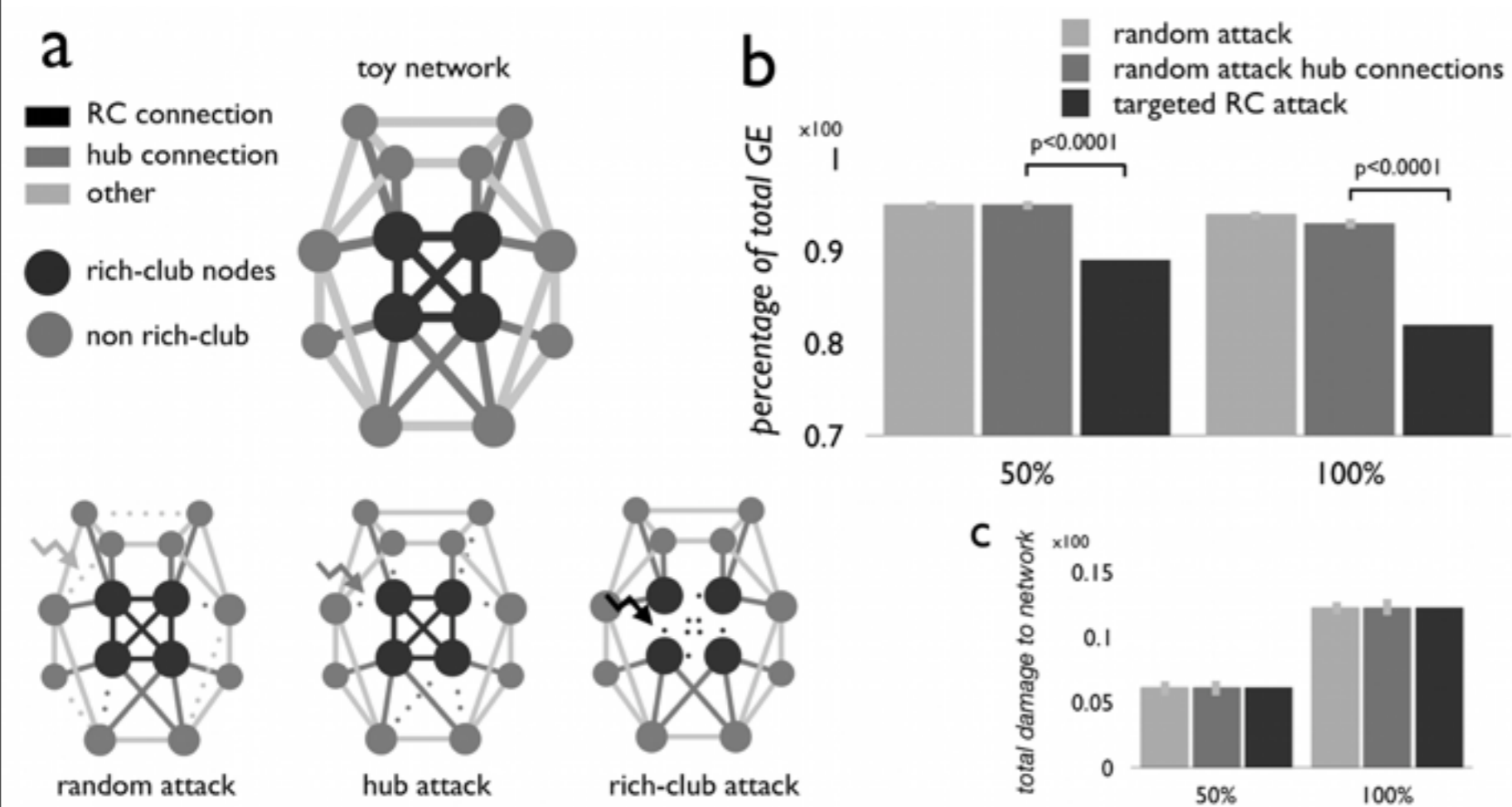
**Figure 4. Dynamic effects of lesions along the brain's midline.** (A) L194. (B) L821. In this plot, as well as in Figures 5, 6 and S1, a dorsal view of the brain (middle panel) and two lateral views of the left hemisphere (left panels) and the right hemisphere (right panels) are shown. The middle panel plots all significantly different functional connections, while the left and right panels only show significantly different functional connections within the left and right hemispheres, respectively. The 998 ROI z-score FC matrix was aggregated to 66 subregions, and pathways between these 66 subregions are plotted if at least 10% of their constituent connections linking ROI pairs are significantly changed ( $|z| > 3.3$ ) as a result of the lesion. Pathways are plotted in red or blue, if their coupling has been weakened or strengthened, respectively. The approximate lesion center is marked with a green "+".  
doi:10.1371/journal.pcbi.1000408.g004



**Fig 5. (A) Patient 14. Magnetic resonance imaging (MRI) showing a left parietocentral tumor (oligodendroglioma).** (B) Synchronization likelihood (SL) graph at a threshold of 0.15 (0.5–60Hz) obtained from the means of SL values in the whole control subjects population. (C) In comparison, the SL graph from Patient PRO at the same threshold disclosed many missing connective points (MCPs). (D) Regions (dashed areas) showing an increase in MCPs in comparison with control subjects ( $Z$ -score  $> 1.96$ ).

Bartolomei et al: MEG Functional Connectivity 133

# robustheid



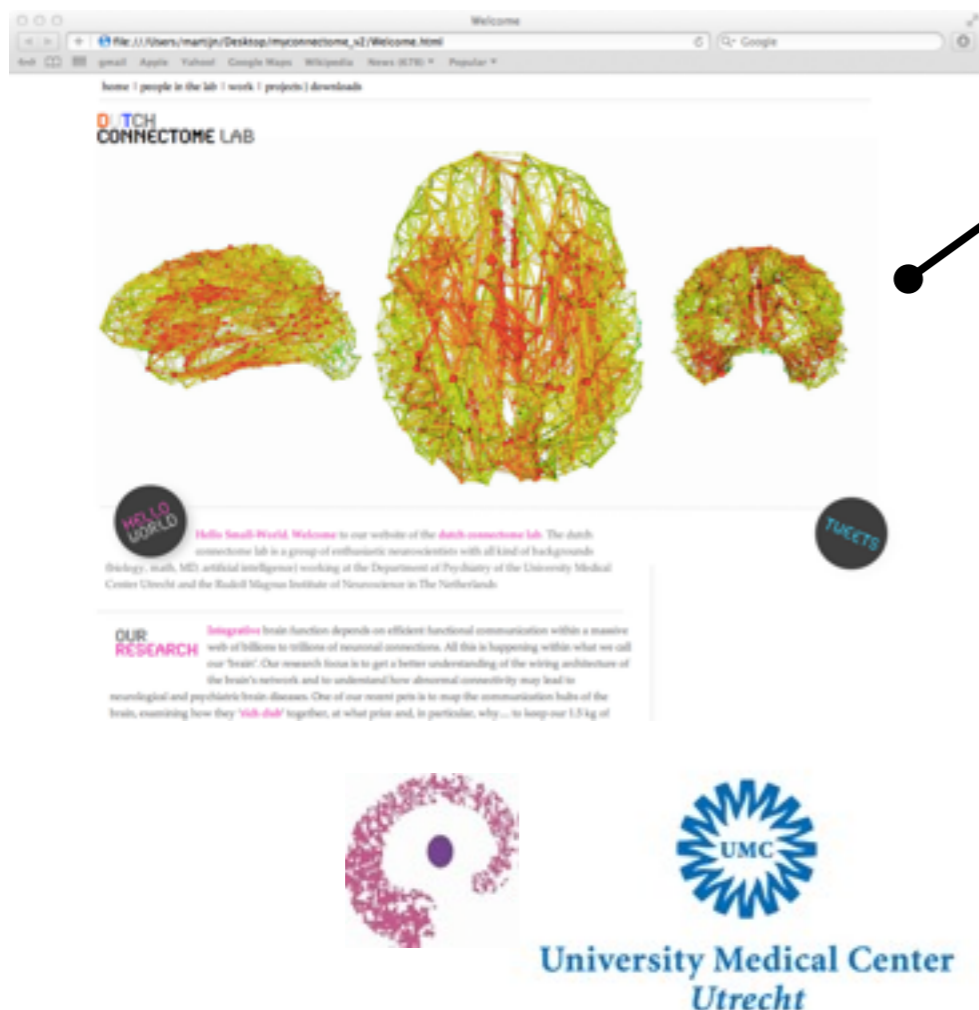
**rich club** may infer a certain level of robustness

.., but due to its topological central position certain levels of damage may lead to disproportional effects on communication capacity



de hersenen zijn een **netwerk**

- 1,5kg 80 miljard neuronen
- de organisatie van de hersenen is cruciaal for het functioneren ervan
- specialisatie (segregatie van informatie) en integratie (korte communicatie lijnen)
- spatieel ingebed netwerk. spatiele vorm speelt een grote rol in functioneren
- zelf organisatie, sturing lijkt gering
- gelaagtheid: van neuron tot totale hersenen
- robuustheid aanwezig. op micro niveau hoog, op macroniveau redelijk



[www.connectomelab.nl](http://www.connectomelab.nl)

[m.p.vandenheuvel@umcutrecht.nl](mailto:m.p.vandenheuvel@umcutrecht.nl)

[conneclab@twitter](https://twitter.com/conneclab) 

many thanks to:

- \* Olaf Sporns, Joaquin Goni, Logan Hariger
- \* Rene Mandl, Hilleke Hulshoff Pol, Rene Kahn
- \* Guusje Colin, Marcel de Reus, Maria Boersma



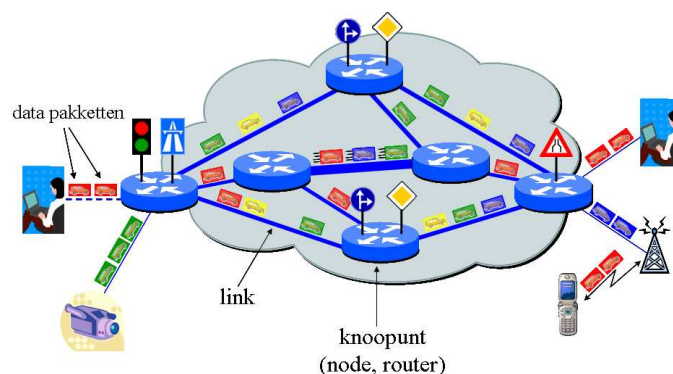
# Verkeersmanagement voor Communicatienetwerken

Robert Kooij: TNO & Technische Universiteit Delft

6 november 2012

## 1. Inleiding

Het Internet, het ultieme voorbeeld van een communicatienetwerk, wordt ook wel aangeduid met de term “het digitale wegennet”. Deze term geeft al aan dat er bepaalde overeenkomsten zijn tussen het wegennetwerk en (digitale) communicatienetwerken. Binnen communicatienetwerken wordt met “verkeer” bedoeld, de digitale informatiestromen, die door het netwerk worden getransporteerd, cf. Figuur 1. De parallellen met het wegennet zijn legio: zaken als stoplichten, voorrangsregels, toeritdosering, worden, in essentie, ook voor het verkeersmanagement in communicatienetwerken volop toegepast. De vergelijking gaat echter niet altijd op. Zo bestaat er voor de in het Internet wel gehanteerde strategie, om bij dreigende congestie willekeurige ‘verkeersdeelnemers’ (datapakketten) bewust te elimineren<sup>1</sup>, nog geen equivalent tegengekomen in het ‘gewone’ wegverkeer ... .



Figuur 1: Verkeersstromen op het digitale wegennet.

Internationaal wordt het vakgebied van verkeersmanagement in communicatienetwerken meestal aangeduid met de wat beter in de mond liggende term “Teletraffic Engineering”, of ook wel “Traffic Management” of “Traffic Control”. Een sterk aanverwante term is “QoS (Quality of Service) Control”. Deze gaat meer uit van het uiteindelijke doel van traffic management, namelijk het regelen en waarborgen van de kwaliteit van de communicatiediensten.

## 2. Belang van Traffic Management

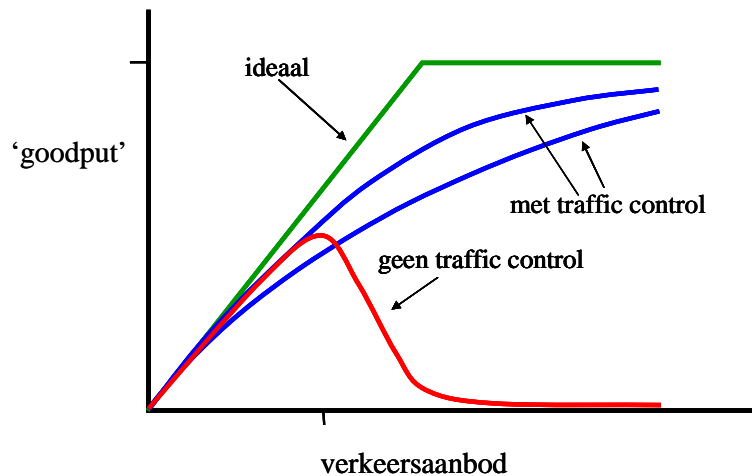
Waarom is traffic management (TM) voor communicatienetwerken van belang en wat is in essentie de uitdaging die er ligt?

Laten we eens kijken wat er, globaal gesproken, zou gebeuren met het verkeer in een communicatienetwerk als er géén traffic management wordt uitgevoerd (zie Figuur 2, de rode curve). Zolang het verkeersaanbod véél kleiner is dan de netwerkcapaciteit, is er niets aan de hand en zal vrijwel al het verkeer binnen de gestelde kwaliteitseisen m.b.t. bijv. throughput, response tijden e.d., over het netwerk worden getransporteerd en

<sup>1</sup> Hier wordt bedoeld op de zogenaamde Random Early Detection (RED) strategie, zie o.a. [Floy93].

worden afgeleverd bij de bestemming. De zogenaamde 'goodput' is dan dus gelijk aan het verkeersaanbod. Echter, neemt het verkeersaanbod verder toe, dan zal de goodput gaan achterblijven: door het optreden van vertragingen in de knooppunten van het netwerk (en het eventueel zelfs verloren gaan van data, doordat de buffers in de knooppunten overvol raken) zal niet al het aangeboden verkeer met de juiste kwaliteit worden afgeleverd. Als vervolgens het verkeersaanbod nóg verder oploopt, zal een bepaalde (kritieke) waarde worden overschreden, waarna de goodput zelfs afneemt en uiteindelijk tot nul reduceert! Wat dat betreft is er precies hetzelfde aan de hand als op ons snelwegennet! En in feite treedt dit fenomeen natuurlijk in veel meer systemen of situaties op, waarbij een zekere capaciteit tussen een fluctuerend aantal gebruikers moet worden gedeeld.

Het is duidelijk dat het ideale verloop van de goodput als functie van het verkeersaanbod zou zijn zoals in Figuur 2 aangegeven met de groene curve. In essentie is nu het doel van traffic management het 'instorten' van de goodput (als het verkeersaanbod de kritieke waarde overschrijdt) te voorkomen en zo goed mogelijk de ideale situatie te benaderen. Bijvoorbeeld zoals aangegeven met de blauwe curven in Figuur 2.



Figuur 2: Netwerk 'goodput' als functie van het verkeersaanbod.

Concreter geformuleerd, wordt dus met TM beoogd zo veel mogelijk van het aangeboden verkeer met de vereiste kwaliteit (QoS: Quality of Service) over het netwerk af te wikkelen. Hierbij speelt natuurlijk wel een afweging tussen enerzijds de extra 'kosten' die moeten worden gemaakt om het ideale gedrag zo dicht mogelijk te benaderen en anderzijds de extra 'inkomsten', die direct of indirect voortvloeien uit een verhoging van de service graad en/of een efficiënter gebruik van de middelen. De extra kosten betreffen hier overigens niet alleen de investeringen in meer geavanceerde apparatuur met allerlei TM functionaliteiten, maar ook de eventueel benodigde extra inzet t.b.v. de (reguliere) operations.

In essentie worden de problemen m.b.t. de afwikkeling van het verkeer in een communicatienetwerk veroorzaakt door het onvoorspelbare, random, karakter van het verkeer. De initiaties van web downloads, telefoongesprekken, video calls of andere applicaties vormen stochastische processen, die kunnen leiden tot enorme fluctuaties in de verkeersintensiteit. Met name op een kleinere tijdschaal gezien, maar vanuit praktisch oogpunt zeer relevant, kunnen de verkeerspieken vele malen groter zijn dan de gemiddelde intensiteit. Dé kunst van TM is, in feite, om op de juiste wijze om te gaan met en in te spelen op die grilligheid van het verkeer. En, als het even kan, daar zelfs voordeel uit te halen!

Tot nu toe hebben we alleen nog maar in abstracte termen over TM gesproken. Zomaar enkele concrete voorbeelden van TM mechanismen, die in de praktijk worden gebruikt, zijn (i) dynamische routing t.b.v. een optimale spreiding van het verkeer over het netwerk, om daarmee de beschikbare capaciteit zo efficiënt

mogelijk te benutten, en, als tweede voorbeeld, (ii) 'scheduling'. Op dit laatste voorbeeld zullen we wat verder ingaan.

Een scheduling mechanisme bepaalt de volgorde waarin datapakketten, afkomstig van verschillende gebruikers en/of verschillende applicaties, in de knooppunten van het netwerk worden afgehandeld. De meest eenvoudige scheduler is "First Come First Served" (FCFS), oftewel afhandelen in volgorde van aankomst. Hierbij wordt dus geen enkele rekening gehouden met de eventueel verschillende eisen t.a.v. throughput of maximale response tijd, die gesteld worden door de verschillende applicaties waarvan het verkeer afkomstig is. Dat is eenvoudig qua implementatie, maar veelal zeer inefficiënt; tenminste als je daadwerkelijk aan de gestelde kwaliteitseisen wilt voldoen. De netwerk efficiency kan vaak sterk verbeterd worden door bij de afhandeling van het verkeer te differentiëren naar de verschillende kwaliteitseisen die door de achterliggende applicaties gesteld worden. Zo kan bijvoorbeeld voorrang worden gegeven aan het verkeer afkomstig van real-time applicaties (spraak, video, gaming) ten koste van het verkeer van andere applicaties, die minder gevoelig zijn voor vertragingen.

Een typisch TM vraagstuk is vervolgens natuurlijk hoever je kan gaan met het hanteren van prioriteiten, zonder dat de gebruikers van de andere applicaties (met lage prioriteit) al te veel nadeel ondervinden. In het licht hiervan zijn dan ook allerlei andere scheduling mechanismen ontwikkeld, die minder strikte voorrangsregels hanteren.

Ruwweg zijn er twee 'takken' te onderscheiden in het TM onderzoek. De ene tak richt zich vooral op de architectuur- en implementatie aspecten van TM, zoals de inbedding in netwerk management en de benodigde communicatie tussen protocollen. In feite ligt de focus in deze groep op het functioneel laten werken van TM mechanismen. De andere tak richt zich vooral op de kwantitatieve aspecten van TM, i.h.b. op de vraag welke en op wat voor wijze (m.b.t. bijvoorbeeld parameterinstellingen) TM mechanismen ingezet moeten worden, om het verkeer efficiënt en met de vereiste kwaliteit (QoS) af te kunnen wikkelen.

In de volgende sectie zullen we verder inzoomen op de kwantitatieve aspecten van TM.

### **3. Kwantitatieve aspecten van TM**

Binnen de kwantitatieve tak van TM onderzoek is een nader onderscheid te maken op basis van de gevolgde aanpak van het onderzoek, i.h.b. m.b.t. de 'tools'/middelen die gehanteerd worden voor design, evaluatie en optimalisatie van TM methoden. Ruwweg gaat het dan om experimenteel onderzoek, simulatie en wiskundige modellering en analyse. Elk van deze aanpakken heeft zo z'n specifieke voor- en nadelen.

Allereerst experimenten. Met behulp van experimenten kan de werkelijkheid nauwkeurig worden nagebootst. Deze aanpak levert daarmee dus in principe de meest betrouwbare resultaten en inzichten. Echter, een beperkende factor zijn vaak de kosten die er gemoeid zijn met het opzetten en onderhouden van een geschikte experimenteertomgeving. Zo moeten er kostbare prototypes van de te onderzoeken systemen of mechanismen worden 'gebouwd'. En praktisch gezien is het vaak ook onmogelijk om een enigszins realistische, operationele situatie (bijv. t.b.v. schaalbaarheidstesten) bevredigend na te bootsen.

Wat dit laatste betreft bieden simulaties meer mogelijkheden. Met steeds krachtigere computers vormt simulatie een steeds belangrijker hulpmiddel voor onderzoek op TM gebied. Maar ook dit heeft zijn beperkingen. De toename van de rekenkracht van de computers en de toename van de complexiteit (en snelheid) van communicatienetwerken en -systemen blijken in de praktijk veelal gelijk op te gaan. Zodat simuleren vaak nog steeds een zéér tijdrovende zaak is. Ter illustratie: voor de simulatie van een klein UMTS radionetwerk hebben de snelste PC's op dit moment vaak al enkele dagen nodig. En dan heb je alleen nog maar resultaten voor één of slechts enkele combinaties van waarden van de vele systeemparemeters.

De derde aanpak bestaat uit wiskundige modellering en analyse. Deze aanpak is traditioneel sterk

vertegenwoordigd in de TM wereld en heeft in de loop der jaren z'n kracht op dit terrein bewezen. Zo zijn wiskundige modellen vaak zeer geschikt om schaalbaarheidsvraagstukken te bestuderen. Bijvoorbeeld, hoe de performance van een netwerk of systeem zich zal gedragen als het aantal gebruikers sterk toeneemt. De gehanteerde technieken komen met name uit de operations research (besliskunde), i.h.b. de toegepaste stochastiek, en, specifiek, de wachtrijtheorie. Omgekeerd kan je zelfs zeggen dat de ontwikkeling van de wachtrijtheorie in grote mate geïnspireerd is (en nog steeds wordt) vanuit TM toepassingen in de telecommunicatie.

Een onmiskenbaar nadeel van wiskundige modellering is dat, omwille van de analyseerbaarheid van de modellen, veel details van de te onderzoeken systemen vaak niet kunnen worden meegenomen.

#### 4. Analogieën met verkeersmanagement voor wegverkeer

In deze sectie bekijken we analogieën m.b.t. drie aspecten, zelf-organisatie vs. sturing, gelaagdheid van het systeem en tot slot robuustheid.

##### Zelf-organisatie

De trend binnen communicatie netwerken is dat zelf-organisatie een steeds belangrijkere rol gaat spelen. De belangrijkste drivers voor zelf-organisatie binnen communicatie netwerken zijn enerzijds de behoefte om, vanuit kostenoogpunt, zoveel mogelijk menselijke taken te automatiseren, en anderzijds, om de toenemende complexiteit van de netwerken het hoofd te kunnen bieden. Binnen de telecom industrie is met name te verwachten dat zelf-organisatie het eerst grootschalig zal worden toegepast binnen mobiele netwerken, om dat over het algemeen het mobiele aansluitnet als bottleneck geldt in de zogenaamde end-to-end keten, zie ook [2]. Overigens vinden op kleine schaal al toepassingen plaats van zelf-organisatie. Zo kan bijvoorbeeld UMTS automatisch switchen tussen verschillende kwaliteits zendkanalen, afhankelijk van de kwaliteit van de radioverbinding. Een ander voorbeeld is het TCP transmissie protocol, dat gebruikt wordt voor data transmissie in het Internet. TCP past de zendsnelheid aan indien er pakketten verloren gaan.

##### Gelaagdheid

Communicatie netwerken maken over het algemeen gebruik van het OSI-model, dat staat voor ISO Reference Model for Open Systems Interconnection. Het OSI-model is een gestandaardiseerd middel om te beschrijven hoe data wordt verstuurd over een netwerk. Het zorgt er voor dat er compatibiliteit en interoperabiliteit is tussen de verschillende types van netwerktechnologieën van organisaties over de hele wereld. Dit model deelt de communicatie in zeven lagen in, zie [3].

Data-unit	Laag	Naam	Functie
	7	Toepassingslaag	Authenticatie, applicaties voor gebruikers
Data	6	Presentatielaag	Formateert en structureert data zodat het leesbaar is voor ontvanger, encryptie
	5	Sessielaa	Start, onderhoudt en beëindigt sessies tussen applicaties
Segment	4	Transportlaag	Segmenteert data, verzorgt betrouwbaarheid door foutdetectie, verzorgt de volgorde, firewall
Packet	3	Netwerklaag	Routeert datapakketten, selecteert het beste pad, logische adressering

Frame	2	Datalinklaag	Toegang tot media, foutdetectie, bepaalt hoe data geconverteerd wordt en hoe toegang tot het netwerk gecontroleerd wordt
Bit	1	Fysieke laag	Binaire transmissie, elektrische, mechanische, en functionele specificaties

Tabel 1: Het OSI-model

Met de dominantie van het Internet als communicatie netwerk wordt echter ook steeds meer gebruik gemaakt van een vereenvoudigd gelaagd model, de TCP/IP suite, genoemd naar de twee belangrijkste protocollen binnen het Internet, zie ook [3]. In deze suite ontbreken laag 5 en 6 van het OSI-model en zijn de lagen 1 en 2 samengevoegd tot een laag genaamd "network access". De transportlaag is behouden en wordt gerealiseerd door het TCP protocol. De netwerklaag is eveneens behouden en wordt gerealiseerd door het IP protocol.

### Robuustheid

Robuustheid is voor telecom providers een cruciaal aspect. Met business klanten worden afspraken gemaakt (zogenaamde Service Level Agreements) waarin kwaliteitsaspecten van de dienstverlening worden benoemd, zoals eisen qua beschikbaarheid, vertraging binnen het netwerk en pakketverlies. Robuustheid wordt over het algemeen gerealiseerd door het aanbrengen van redundantie in het netwerk. I.h.b. wordt er naar gestreefd zogenaamde Single Point of Failures in het netwerk te voorkomen. Een van de manieren waarop dit gebeurt is het gebruik van back-ups. Traditioneel worden het vaste en mobiele net als back-ups gezien van elkaar. Bijvoorbeeld, indien het vaste net er uit ligt, dan kan er nog mobiel worden gebeld. Deze veronderstelling gaat er echter van uit dat beide netten onafhankelijk zijn in de zin dat een storing in het ene net, niet het functioneren van het andere net beïnvloedt. De vraag is of de aanname dat beide netten onafhankelijk zijn nog wel realistisch is. Achterliggende ontwikkeling hierbij is dat in toenemende mate de vaste en mobiele netwerken gebruik maken van een gemeenschappelijke, op IP technologie gebaseerde core. Dit heeft interessante consequenties voor de robuustheid van zowel het vaste als het mobiele netwerk. Tot slot is het nog interessant op te merken dat er een onderscheid kan worden gemaakt tussen netwerk-robuustheid en service-robuustheid. De eerste type van robuustheid is meer topologisch van aard en zegt iets over bereikbaarheid tussen verschillende onderdelen. Service-robuustheid zegt iets over het functioneren van een dienst. Bij aanval of uitval kan het zijn dat het netwerk op zich nog in tact is, maar dat het toch niet meer mogelijk is tot een goede dienstverlening te komen. Denk bijvoorbeeld aan een situatie waarbij normaal 10 servers beschikbaar zijn voor een bepaalde website. Als er 9 servers uitvallen is de site in principe nog wel bereikbaar maar de kans is groot dat de ene server al de requests niet aan kan, althans niet voldoende snel.

### **Referenties**

[1] J.L van den Berg, Verkeersafwikkeling op het digitale wegennet, oratie uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar Traffic Engineering in Mobile/Ad-hoc Networks, April 2005, Universiteit Twente

[2] [www.fp7-socrates.org](http://www.fp7-socrates.org)

[3] A.S. Tanenbaum, Computer Networks, Fourth Edition, Prentice Hall, 2003

# Electriciteitsvoorziening vs. Verkeersmanagement –

Dr.ir. A.M. van Voorden, sr. Business Analyst Stedin

In de elektriciteitsvoorziening (EV) is er sprake van een huidige en een verwachte, toekomstige situatie. In deze notitie zal dit onderscheid voortdurend gemaakt worden. Als Regionale Netbeheerder is de afbakening dat zij verantwoordelijk is voor de netten met een lager spanningsniveau dan 110 kV. Hierboven (110 t/m 380 kV) is de landelijk netbeheerder TenneT verantwoordelijk. Een aantal aspecten rondom sturing en balanshandhaving (vraag en aanbod) worden op dat niveau geregeld. Door de toename van decentrale opwekkers, zoals zonnepanelen, kleine warmtekracht eenheden bij tuinders en huishoudens (elektriciteitsproducerende CV ketels) en windmolens, maar ook een verwachte komst van elektrisch vervoer zullen in de ( nabije) toekomst sturing en balanshandhaving op lagere spanningsniveaus nodig worden. Aspecten die van dominant belang zijn in de elektriciteitsvoorziening zijn: de kwaliteit van de levering (voorkomen van onderbrekingen/zo kort mogelijk) en de capaciteit van de netwerken.

In deze notitie zal achtereenvolgens op de volgende aspecten worden ingegaan:

- Zelforganisatie vs. Sturing
- Gelaagdheid van het systeem
- Robuustheid

## 1. Zelforganisatie vs. sturing

*Organiseert het systeem (proces) zichzelf en hoe gebeurt dat of wordt bewust sturing van buitenaf opgelegd? Indien beide sturingsprincipes voorkomen: wanneer en hoe grijpt men in?*

Dit deelonderwerp moet onderscheid gemaakt worden in twee verschillende aspecten: capaciteit (vermogensverdeling) en uitval (storingsafhandeling)

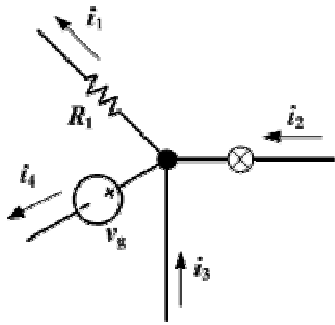
### Capaciteit

In principe is een EV-systeem zelf organiserend. Dit betekent dat de verdeling van de stromen zich gedraagt voor de Wet van Ohm en de wetten van Kirchhoff.

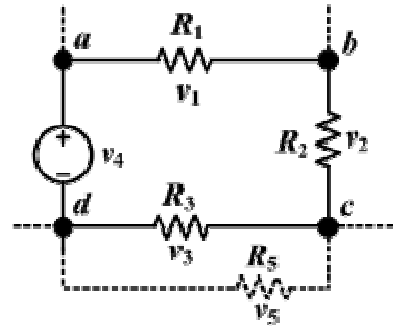
$V = I \cdot R$  : *De stroomsterkte door een geleider is recht evenredig met het potentiaalverschil tussen de uiteinden*

$\sum I = 0$  : *In elk knooppunt in een elektrische kring is de som van de stromen die in dat punt samenkomen gelijk aan de som van de stromen die vanuit dat punt vertrekken (zie figuur 1).*

$\sum V = 0$  : *De som van de elektrische potentiaalverschillen (rekening houdend met de richting) in elke gesloten lus in een kring is gelijk aan nul (zie figuur 2)*



Figuur 1: 1e Wet van Kirchhoff



Figuur 2: 2e Wet van Kirchhoff

Door de keuze van kabels en transformatoren (en daarmee de keuze van de weerstandswaarde) zullen de vermogens verdeeld worden over het netwerk, incl. de tussentijds optredende verliezen in het netwerk. In Figuur 1 wordt een overzicht gegeven van het landelijke Hoogspanningsnetwerk dat beheerd wordt door TenneT.



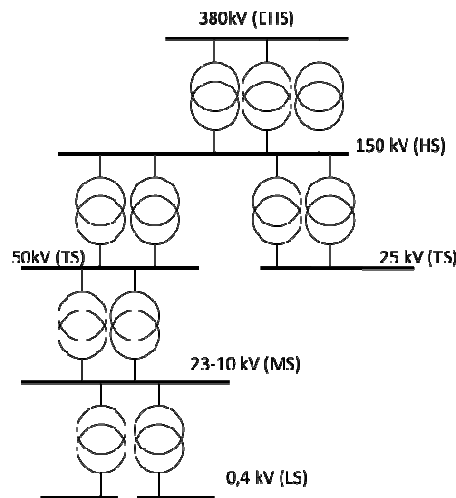
Figuur 3 Landelijke 380/220 kV en 150/110 kV

Naast het Hoogspanningsnet bevindt zich voornamelijk onder de grond het fijn vermaasde Middenspanning en Laagspanningsnetwerk. Schematisch is in Figuur 4 de opbouw van een elektriciteitssysteem in Nederland weergegeven met de verschillende spanningsniveaus. Er zijn regionale verschillen. De genoemde spanningen komen voornamelijk in het Stedin netwerk voor.

De cirkels die in elkaar grijpen zijn transformatoren die de verbinding vormen tussen de spanningsniveaus. Zij vervullen een belangrijke functie in het systeem.

De vetgedrukte strepen vormen de stations (veelal fysieke gebouwen) waarin zich een schakelinstallatie bevindt die het mogelijk maakt om in en uit, maar ook om te schakelen. Dit kan gedaan worden ter beveiliging of herconfiguratie van het systeem.



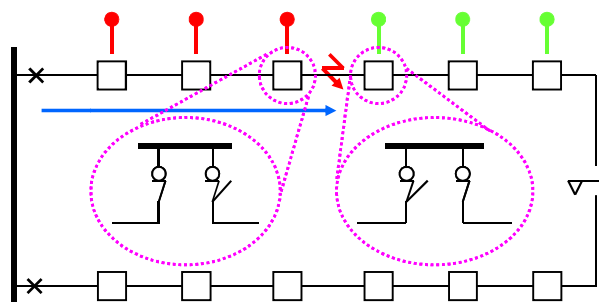


Figuur 4 Opbouw netwerk in spanningsniveaus

### Uitvalsaspecten

Zoals in tabel in paragraaf 2 zal worden aangegeven, verschilt de redundantie op de verschillende lagen van het systeem. Uitval van een component (verbinding of transformator, uitgezonderd Common Cause Failures) leidt op het EHS, HS en TS niet tot uitval van de aangesloten klanten. Al deze installaties (schakelaars) op deze spanningsniveaus zijn gesignaleerd en (op termijn) op afstand (Bedrijfsvoeringscentrum) bedienbaar.

Voor de lagere netten, zoals Middenspanningsring maken we gebruik van (intelligente) storingsverklippers. Een storingsverklipper geeft aan of een bepaalde stroomwaarde (bij kortsluiting) is overgeschreden. De intelligentie hierin is een communicatie optreedt naar het Bedrijfsvoeringscentrum (BVC), die gericht een herstelactie kan inzetten.



Figuur 5 Middenspanningsring

De volgende stap in de automatisering is het zgn. *Self-healing grid*. Zonder tussenkomst van een (locale of op afstand) handmatige schakelhandeling wordt de levering automatisch hersteld.

Voor de laagspanning is voorlopig geen automatisering voorzien. Enerzijds vanwege de grote aantallen (2.000.000 LS klanten bij Stedin), anderzijds omdat de impact relatief klein is (aantal getroffen) en de foutlocatie vrij snel te vinden is door de beperkte lengte.

## 2. Gelaagdheid

*In hoeverre is er sprake van een gelaagdheid van het systeem en hoe wordt daarmee omgegaan in de regeling (bijvoorbeeld door coördinatie tussen de lagen?)*

Ja, er is weldegelijk sprake van gelaagdheid in het systeem. In Figuur 4 wordt schematisch en versimpeld weergegeven hoe het elektriciteitsvoorzieningsstelsel is opgezet. Redundantie, monitoring en mogelijkheden van sturing variëren op elk niveau.

n-1 betekent: er mag een willekeurige component uitvallen, zonder dat de levering onderbroken wordt.

Niveau	Redundantie	Centrale Besturing	Monitoring uitval	Monitoring capaciteit
EHS	een complete dubbelcircuit ringstructuur (zie de rode lijnen in Figuur 3),	Volledig	Volledig geautomatiseerd	Volledig actueel beschikbaar
HS	een n-2	Volledig	Volledig geautomatiseerd	Volledig actueel beschikbaar
TS	tenminste n-1,	Grotendeels, op korte termijn volledig	Volledig geautomatiseerd	Volledig actueel beschikbaar
MS	soms wel, soms niet	Beperkt	Deels geautomatiseerd; overig bellende klanten	Beperkt online beschikbaar, deels maandelijks metingen
LS	geen	geen	Bellende klanten	Tweejaarlijkse metingen in MS/LS stations

De overeenkomsten die er zijn met verkeersmanagement is dat de bewaking en capaciteit op grote en belangrijke infrastructuren groter zal zijn dan op lokale polderwegen. Toeritdosering wordt alleen ingezet op trajecten waar dit problemen van doorstroming / capaciteit kan verminderen. Ook de camera bewaking en digitale koppelingen van meetsystemen naar grafische omgevingen (waaronder websites) zal alleen gedaan worden op de hoofdinfrastructuur.

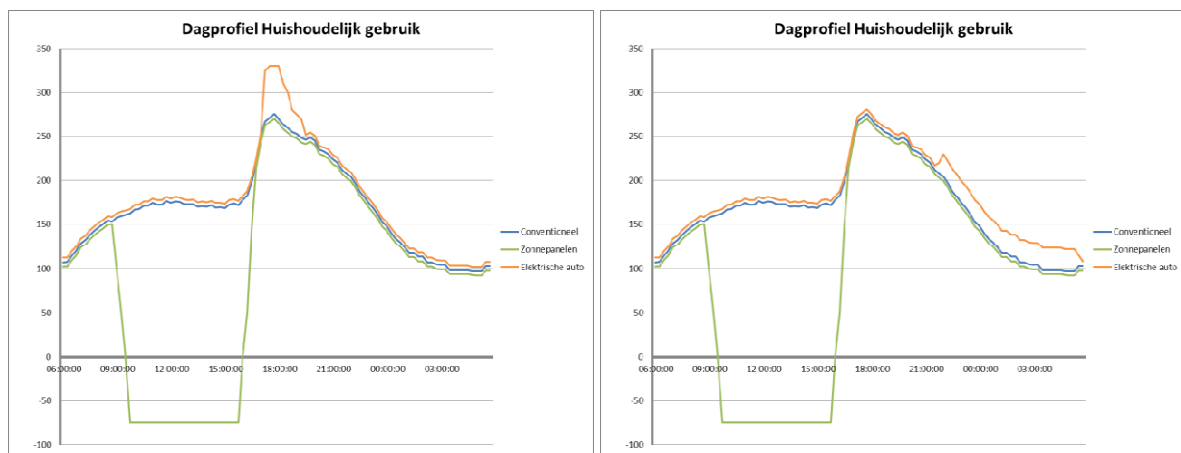
### 3. Robuustheid

Op welke wijze worden de robuustheid (systeem kan tegen een stootje) en de betrouwbaarheid (marges in de prestatie indicatoren zijn klein) van het systeem verzekerd? Welke afwijkende situaties treden op in het functioneren van het systeem en hoe is het systeem daarop berekend?

#### Balanshandhaving

De problematiek rondom Balanshandhaving is voorlopig nog buiten de aandacht van de regionale netbeheerder. Bij Balanshandhaving speelt de balans tussen vraag en aanbod van energie. Als indicator voor een verstoring van deze balans dient de frequentie van het systeem (50 Hz.) Dit wordt op Europese schaal geregeld, waarbij elk land verantwoordelijk is voor het leveren van een aantal is een draaiende reserve. Het gaat dan om de systeemstabiliteit.

Op heel lokale schaal wordt als gevolg van nieuwe ontwikkelingen: zonnepanelen en elektrisch vervoer een verandering van het belastingpatroon verwacht. Hieronder staan twee afbeeldingen weergegeven. In de linkerfiguur is de aanname dat elektrisch vervoer bij thuiskomst (18 uur) ingeplugd wordt op het lokale laagspanningsnet en meteen begint met laden. Hierdoor zal een piek verschijnen boven op de hoge belasting die sowieso op dit tijdstip gemeten wordt. Door middel van actieve belastingssturing is de piek technisch gezien te verschuiven (zie rechterfiguur) De vraag is hier alleen nog wat de maatschappelijke acceptatie is. Voor verwarmingsboilers gebeurt dat reeds op basis van een ToonFrequent signaal op het elektriciteitsnet.



#### Robuustheid t.a.v. Capaciteitsvraag

Vanuit oogpunt van de faciliterende rol worden elektriciteitsnetten altijd uitgelegd voor een maximale capaciteit die te verwachten is. Veelal wordt daar een groeiscenario in meegenomen, zodat niet jaarlijks de capaciteit verhoogd moet worden. De tijdshorizon is veelal een periode van 10 jaar. Deze periode kan per component langer of korter zijn.

Daarnaast kan de nominale waarde (de maximale stroom die continu kan getransporteerd worden, zonder dat dit tot problemen leidt) tijdelijk overgeschreden worden. Bij de capaciteitsberekeningen gaan we dan ook uit van een maatgevende capaciteit, waarin dag/nacht en seizoenseffecten verdisconteerd zijn.

Groot verschil tussen het verkeersnetwerk en elektriciteitsnetten is dat er bij het verkeer velen wegen zijn die naar Rome leiden. In een elektriciteitsnet is dat niet het geval. Redundantie is

hierboven beschreven. Bij een dubbele storing zijn er echt geen mogelijkheden meer om het transport op systeem niveau om te schakelen, maar zal er een herstelactie moeten plaatsvinden.

Enige uitzondering is nog de inzet van noodaggregaten. Hiermee kan een tijdelijke voorzien plaatsvinden.

# STEDIN.NET

workshop Analogieën TrafficQuest

Arjan van Voorden

16 november 2012



# ONS WERKGEBIED

## PROVINCIES ZUID-HOLLAND EN UTRECHT

Onder andere Den Haag, Rotterdam, Utrecht

Daarnaast regio's Kennemerland (Haarlem), Amstelland, Dokkum, Weert



**GAS**



**ELEKTRICITEIT**

# **KERNACTIVITEITEN**

## **TRANSPORT VAN ELEKTRICITEIT EN GAS**

- Opdrachtgever voor werk aan netten en aansluitingen
- Onderhoud en innovatie van het transportnet
- Faciliteren van duurzame energievoorzieningen

## **DE MARKT BEDIENEN**

- Aansluiten van klanten
- Verantwoordelijk voor processen als switchen, verhuizen, opzeggen
- Toekennen transportvolumes aan marktpartijen
- Bestrijding van fraude



# KENGETALLEN 2011

## MENSEN

2 miljoen - klanten

1200 - medewerkers

## FINANCIËN

€ 858 miljoen - omzet

€ 152 miljoen - netto resultaat

	Consumenten & kleinzakelijke klanten	Industrie & grootzakelijke klanten
Elektriciteit	2,0 miljoen	20.000
Gas	1,9 miljoen	2.100

## TECHNISCHE CIJFERS

23.180 km - gasleiding

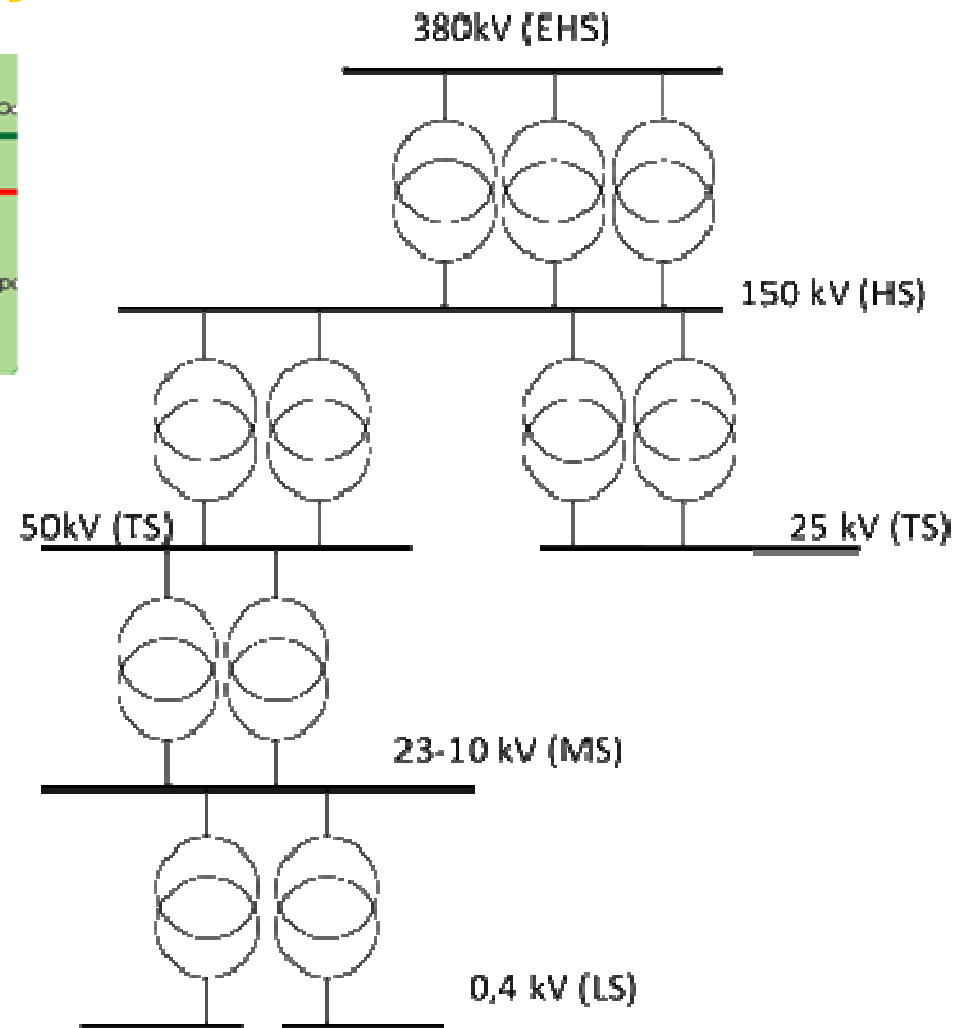
45.171 km - elektriciteitskabel

50,0 seconden - gemiddelde tijd klant zonder gas

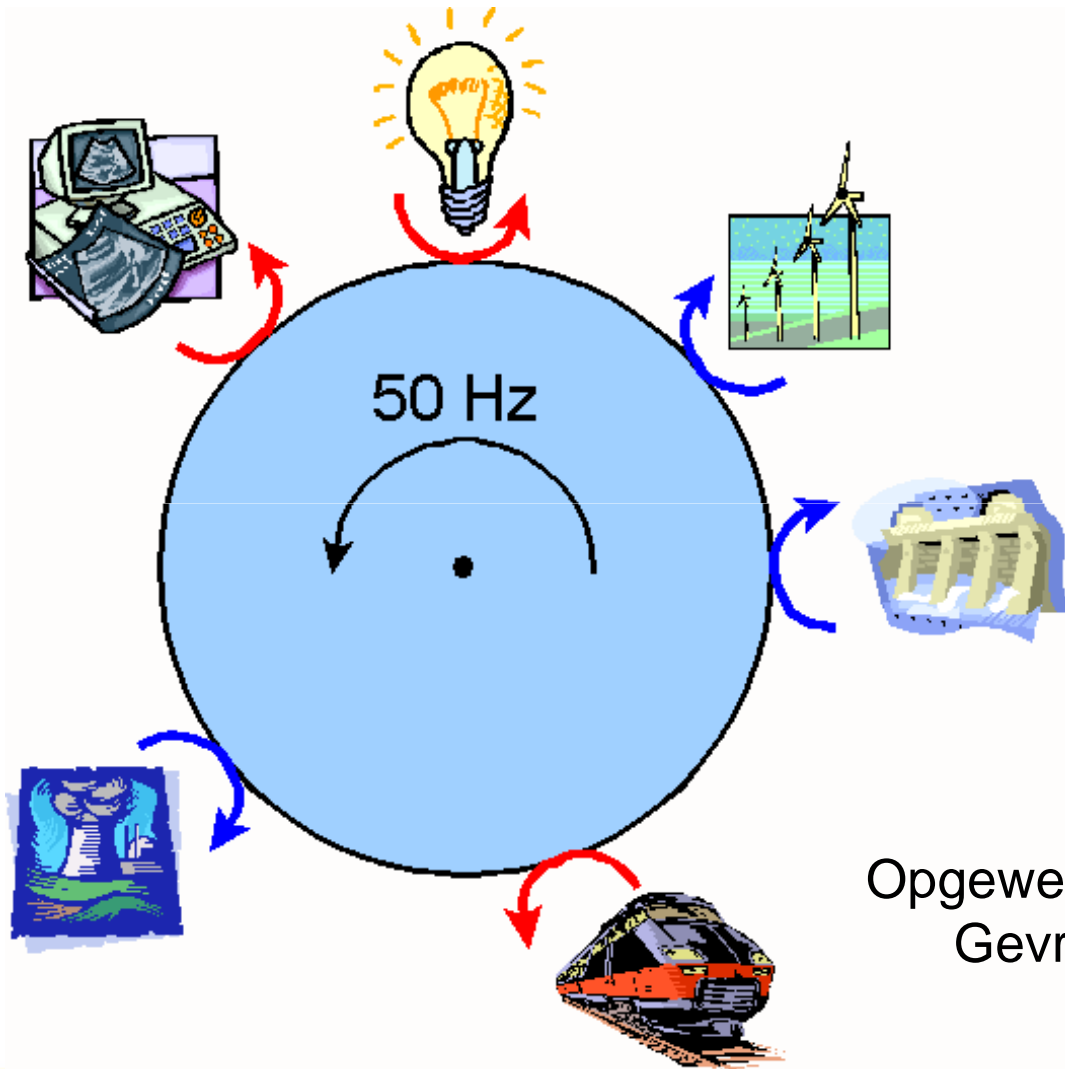
24,7 minuten - gemiddelde tijd klant zonder elektriciteit

650 - aantal middenspanningsstoringen

# Opbouw van het EV systeem



# Balanshandhaving



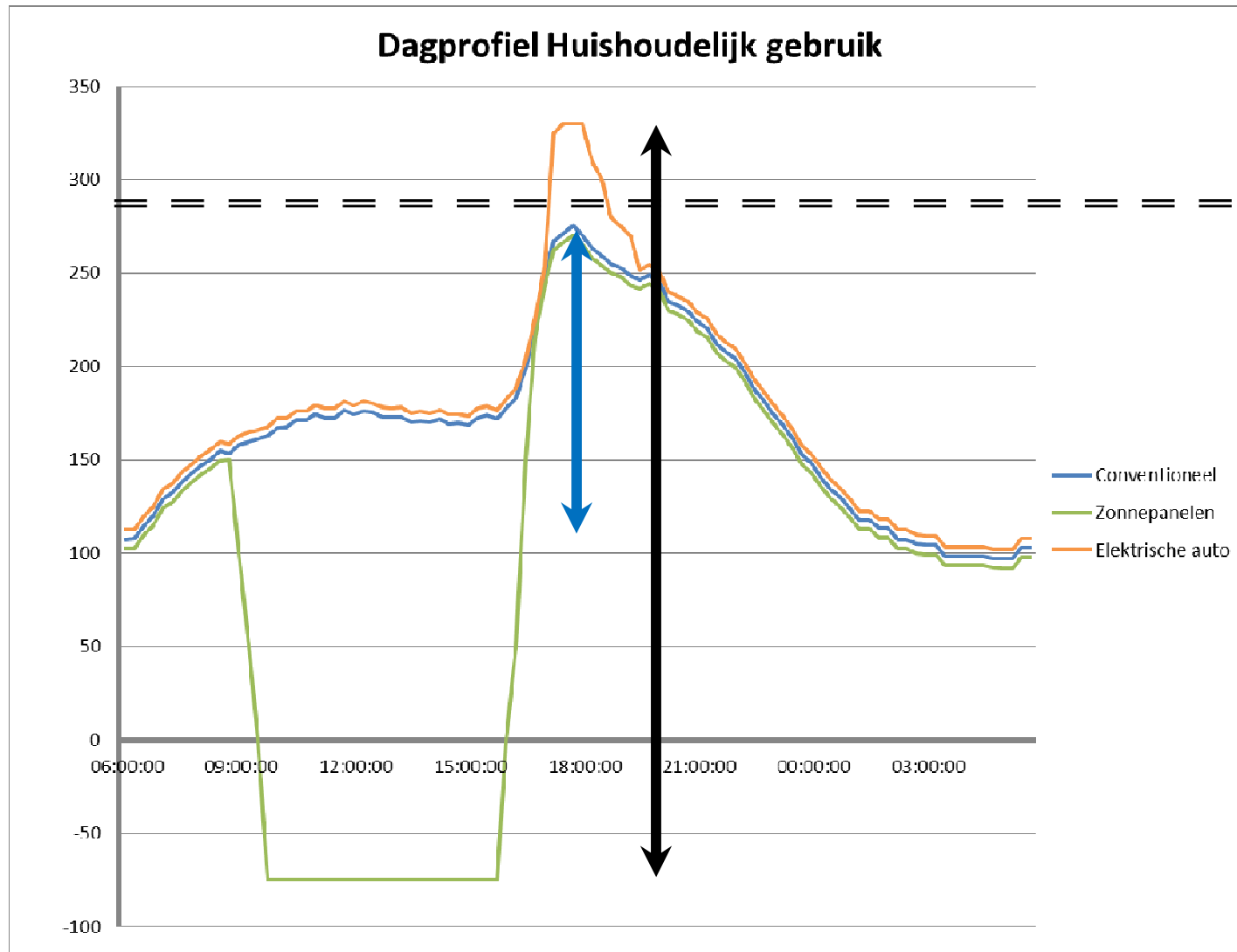
Opgewekte vermogen =  
Gevraagd vermogen + verliezen



# Zelforganisatie vs. sturing

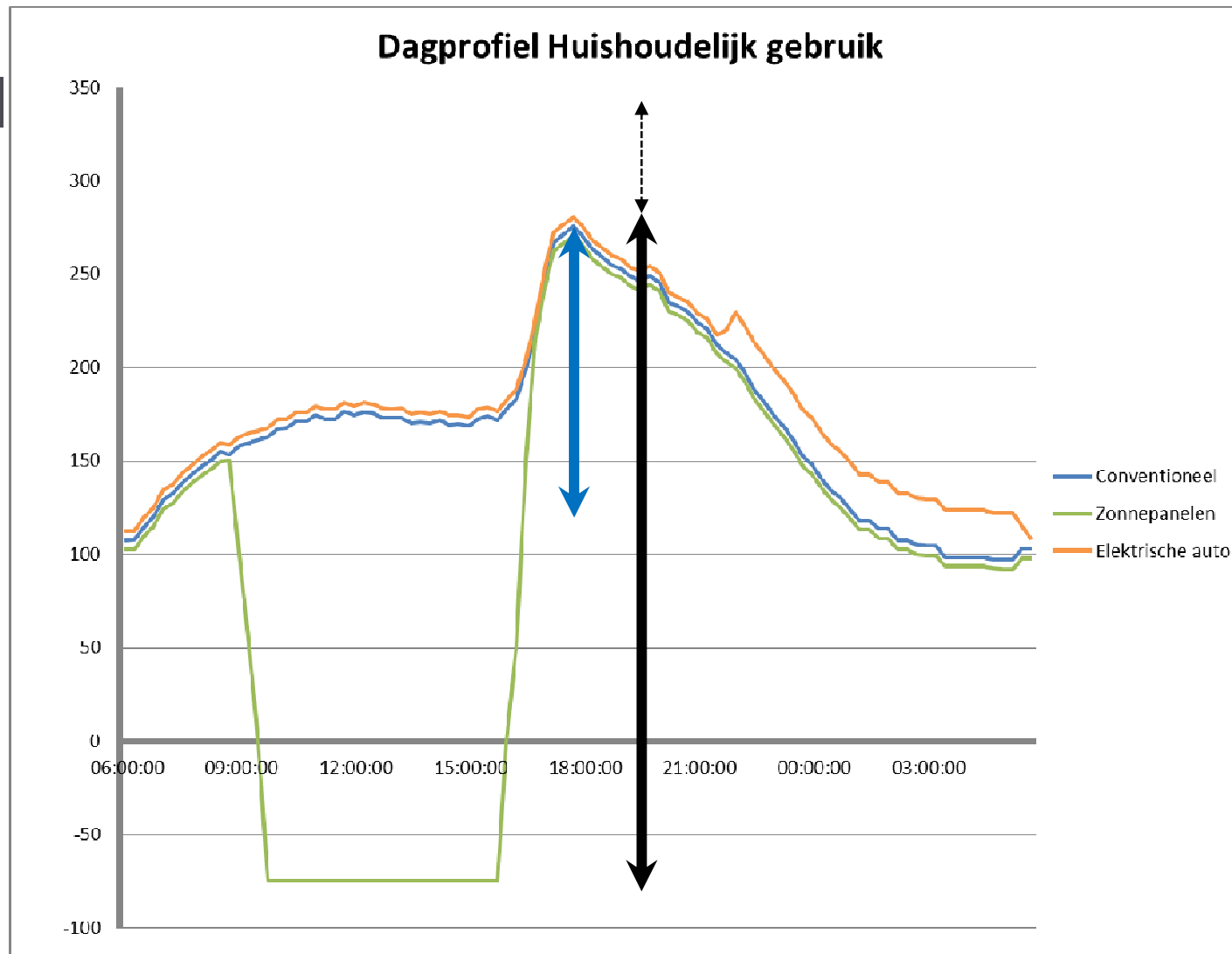
- In principe zelforganiserend systeem op basis van natuurkundige wetten: Wet van Ohm en Wetten van Kirchhoff.
- Vooraf netberekeningen: Faciliterend voor het maximaal mogelijke transport (7 jaarsprognose voor HS/TS)
- Door middel van schakelhandeling wel actief te beïnvloeden, maar wordt weinig gebruik van gemaakt, o.a. i.v.m. risico's
- Nieuwe stuurmiddelen wel beschikbaar maar erg duur.
- Mogelijk in de toekomst actievere sturing noodzakelijk.

# Profiel



- Gemiddelde belasting/verbruik lager, Extremen verder uit elkaar
- Belang van het kunnen sturen van het opladen van E - vervoer

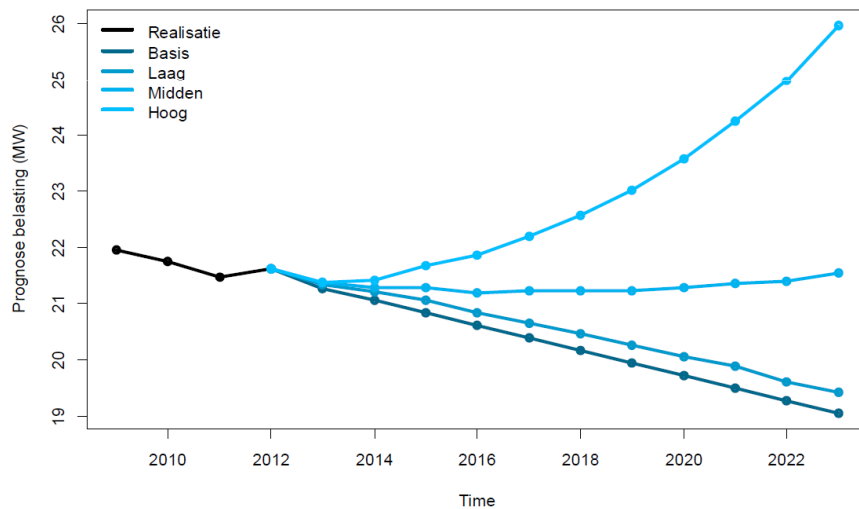
# Profiel



- Gemiddelde belasting/verbruik lager, Extremen minder verder uit elkaar
- Belang van het kunnen sturen van het opladen van E - vervoer

# Scenario's

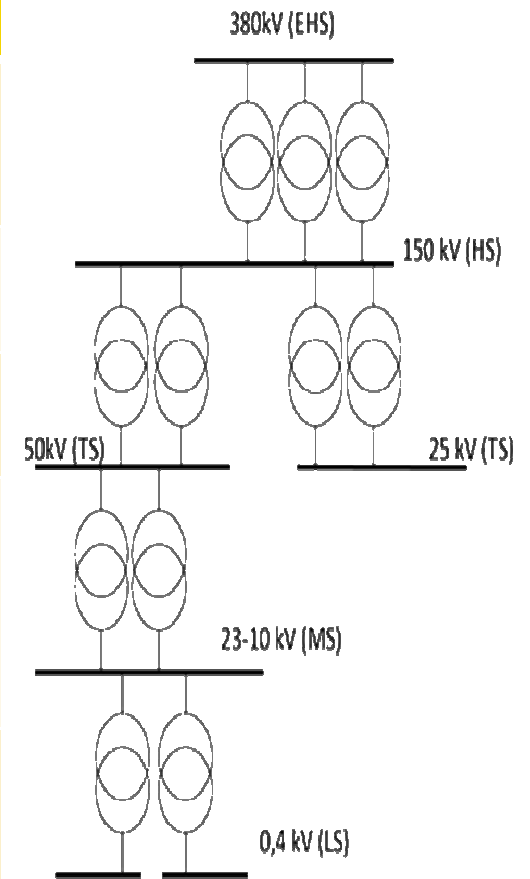
Vanuit faciliterende rol, wordt het systeem uitgelegd voor de maximaal te verwachte transport capaciteit



beschouwde periode :		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	capaciteit
<b>Capaciteit knelpuntenlijst 2013-2022</b>												
<b>Stations</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Wijk Bij Duurstede	10	0.896	0.914	0.928	0.944	0.959	0.975	0.991	1.011	1.032	1.054	15.0
U. Sorbonnelaan	10	0.860	0.873	0.886	0.934	0.964	0.978	0.991	1.008	1.026	1.047	40.0
Jutphaas	10	0.717	0.826	0.936	1.020	1.080	1.098	1.115	1.137	1.158	1.179	28.0
Montfoort	10	0.933	0.954	0.974	0.996	1.017	1.039	1.060	1.089	1.117	1.146	22.0
IJsselstein	10	0.907	0.924	0.940	0.956	0.972	0.989	1.005	1.026	1.046	1.068	27.0
Amersfoort 2	10	0.882	0.898	0.914	0.931	0.947	0.965	0.982	1.001	1.021	1.041	25.2
Baam	10	0.915	0.929	0.944	0.958	0.973	0.988	1.003	1.019	1.035	1.052	31.0
Leusden	10	0.946	0.964	0.984	1.004	1.023	1.043	1.063	1.085	1.107	1.130	29.0
Maarssebroek 1	50	0.908	0.925	0.940	0.956	0.972	0.989	1.005	1.026	1.047	1.070	38.0
Utrecht Jaarbeurs TR1	50	0.776	0.870	0.963	1.058	1.082	1.106	1.120	1.137	1.154	1.171	30.0
Utrecht Kernweg	10	0.731	0.775	0.880	0.971	1.023	1.041	1.058	1.080	1.102	1.124	50.0
Utrecht Leidseveer	10	1.430	1.452	1.542	1.633	1.656	1.680	1.703	1.730	1.756	1.783	31.0
Utrecht Ovenscht TR 2	10	1.091	1.114	1.133	1.152	1.172	1.193	1.213	1.236	1.260	1.284	19.0
De Bilt	10	0.970	0.987	1.003	1.019	1.035	1.051	1.067	1.086	1.105	1.125	10.0
Bilthoven	10	1.140	1.163	1.183	1.204	1.225	1.246	1.267	1.293	1.318	1.345	26.4
Utrecht Blaukapelseweg	10	1.151	1.169	1.190	1.212	1.233	1.255	1.278	1.302	1.329	1.357	19.0
Veenendaal 1	150	0.867	0.882	0.896	0.911	0.925	0.941	0.956	0.974	0.992	1.010	65.0
Bloemendaal Gouda	10	1.105	1.124	1.142	1.161	1.179	1.199	1.218	1.239	1.261	1.284	30.0
Honthorst Woerden	10	0.924	0.940	0.955	0.971	0.986	1.002	1.017	1.035	1.052	1.070	30.0
Langeland (Noord)	13	0.876	0.891	0.905	0.919	0.934	0.949	0.964	0.979	0.995	1.011	130.0
Delft 1 10 kV	10	0.818	0.831	0.909	0.923	0.938	0.952	0.967	0.982	0.996	1.011	28.0
Delft 2	10	0.795	0.932	0.967	0.989	1.018	1.037	1.058	1.074	1.090	1.107	54.0
Grindweg	10	0.914	0.930	0.946	0.962	0.978	0.995	1.012	1.033	1.054	1.076	13.0
RoCa	10	0.977	0.991	1.004	1.018	1.032	1.046	1.060	1.074	1.088	1.102	34.3
Bergschenhoek 1	10	0.874	0.895	0.916	0.939	0.963	0.986	1.006	1.031	1.055	1.079	18.0
Noordsingel	10	0.967	0.989	1.004	1.021	1.038	1.057	1.075	1.093	1.111	1.129	30.6
Vlaardingen West	10	0.835	0.850	0.866	0.883	0.900	0.917	0.935	1.013	1.029	1.045	26.0
Maassluis 1 en 2	10	0.984	0.998	1.042	1.055	1.067	1.080	1.092	1.112	1.132	1.152	18.0
Dordrecht (Zuid)	150	0.946	0.962	0.978	0.995	1.012	1.029	1.046	1.063	1.080	1.097	166.9
Stellendam	13	1.432	1.454	1.477	1.499	1.521	1.544	1.568	1.595	1.621	1.648	9.0
Klaaswaal	13	0.959	0.972	0.988	1.003	1.017	1.033	1.049	1.066	1.083	1.100	26.9
Papendrecht	13	0.928	0.942	0.957	0.973	0.988	1.003	1.019	1.037	1.056	1.075	40.0
Oranjestraat (Noordendijk) 50kV	50	1.080	1.099	1.118	1.137	1.157	1.176	1.195	1.213	1.231	1.249	63.0
Europoort 25 kV	25	0.773	0.872	0.971	1.018	1.065	1.077	1.090	1.103	1.115	1.128	200.0
Bollek	150	0.971	0.979	0.987	0.995	1.003	1.011	1.020	1.028	1.037	1.046	224.0
Bollek 23 kV	23	1.073	1.089	1.106	1.122	1.139	1.156	1.173	1.191	1.209	1.227	12.0
Waalhaven 23 kV	23	1.154	1.257	1.418	1.580	1.596	1.612	1.628	1.644	1.660	1.676	24.0
Koedood 10 kV	10	0.954	0.972	0.988	1.005	1.021	1.038	1.054	1.070	1.086	1.102	26.0
FO maken 2012 uitvoering 2013												
Monitoren												
Reeds in uitvoering												

# Gelaagdheid in het systeem

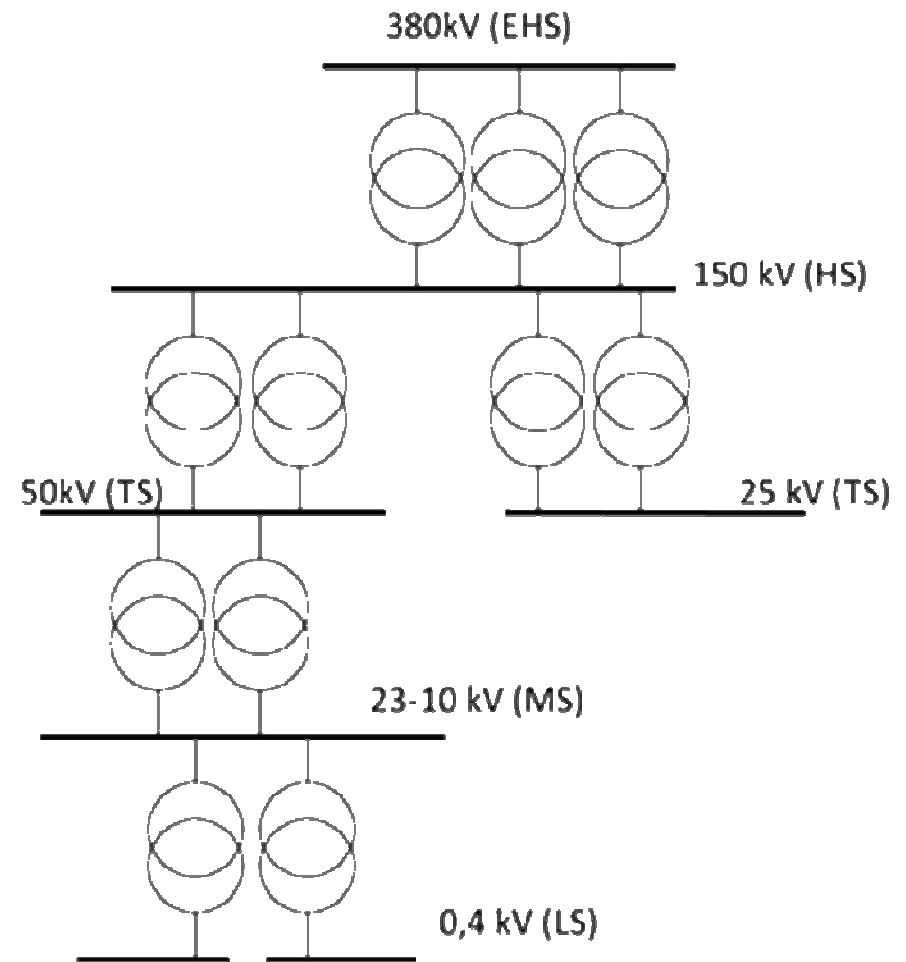
Niveau	Redundantie	Centrale Besturing	Monitoring uitval	Monitoring capaciteit
EHS	een complete dubbelcircuit ringstructuur	Volledig	Volledig geautomatiseerd	Volledig actueel beschikbaar
HS	n-2 of n-1 bij onderhoud	Volledig	Volledig geautomatiseerd	Volledig actueel beschikbaar
TS	tenminste n-1,	Grotendeels, op korte termijn volledig	Volledig geautomatiseerd	Volledig actueel beschikbaar
MS	soms wel, soms niet	Beperkt	Deels geautomatiseerd; overig bellende klanten	Beperkt online beschikbaar, deels maandelijks metingen
LS	geen	geen	Bellende klanten	Tweejaarlijkse metingen in MS/LS stations



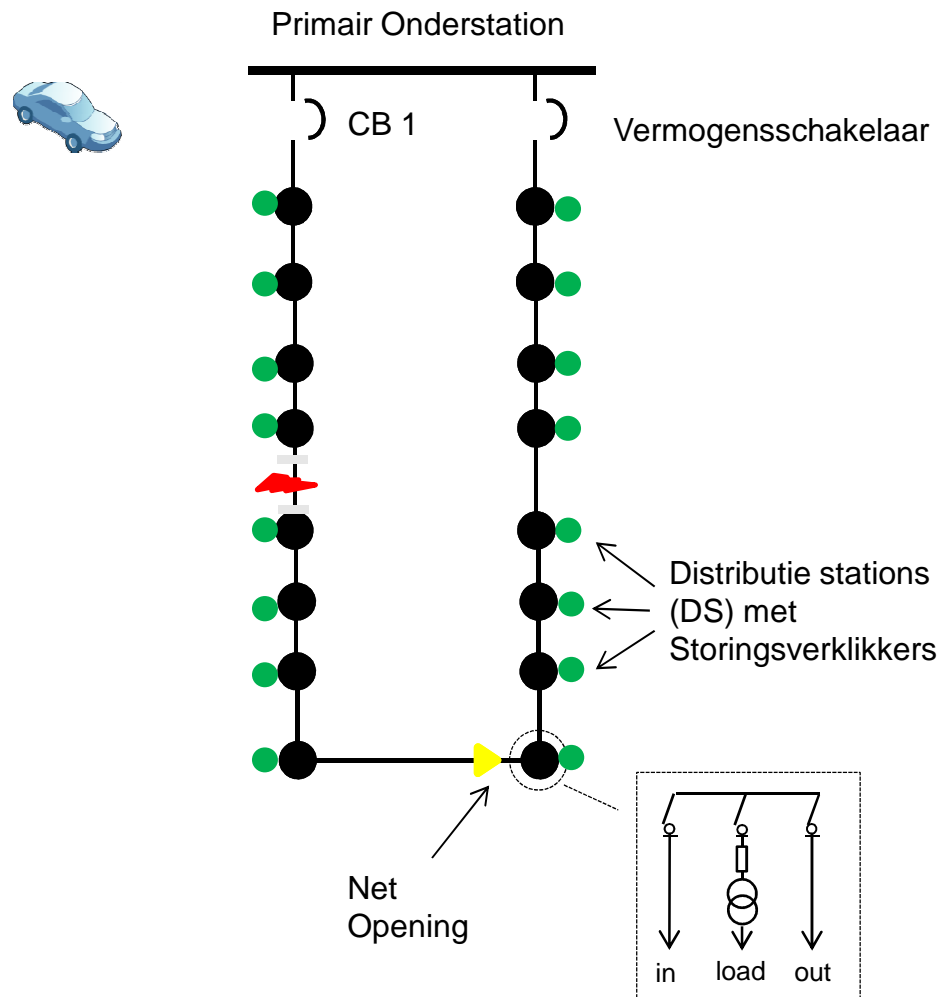


# Robuustheid

- N-2 / N-1 redundantie op EHS/ HS en TS niveau.
- Selectiviteit van beveiligingen (common cause failures)
- Omschakelplannen op MS niveau.
- Weinig intelligentie dieper in het net vanwege kosten efficiency oogpunt.



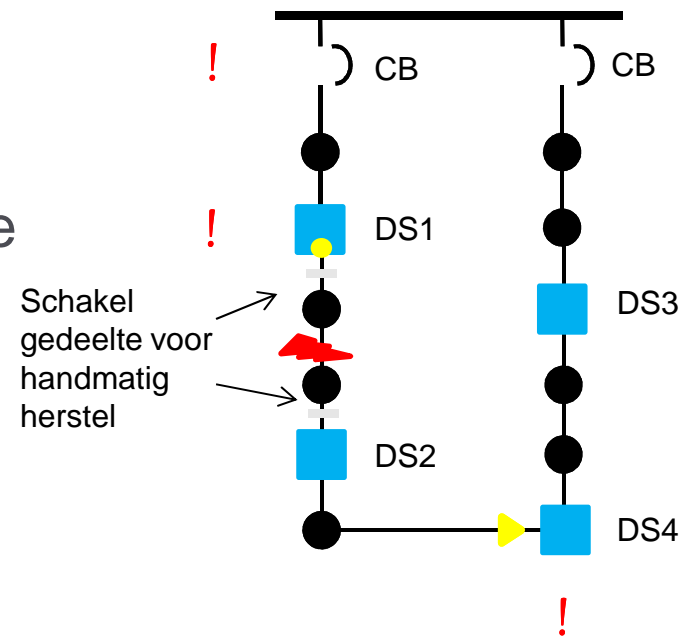
# Huidige herstel bij storing MS ring



- Gemiddelde onderbreking van 2 uur
- Handmatig uitgevoerd
- Nadat het gestoorde deel is geïsoleerd, zal de ring weer in bedrijf worden genomen.

# Zelfherstellende Middenspanningsring

- Wanneer een fout optreedt, wordt informatie uitgewisseld tussen de logica
- Fout wordt automatisch door lokale logica geïsoleerd en herstel van gezonde delen
- Monteurs moeten alleen uitrijden voor de beperkte klanten die nog spanningsloos zijn.
- Ontworpen voor een enkele fout.
- Momenteel in pilot fase



# Analogieën – samenvatting (1)

## Overeenkomsten

- Zelforganisatie: “weg van de minste weerstand”; ontwerp en scenario planning
- Gelaagdheid: duidelijke gelaagdheid in importantie van niveaus leidt tot andere ontwerp keuzes.
- Robuustheid: hoge beschikbaarheid

## Verschillen

- Alleen binaire sturing mogelijk, geen continue sturing (zoals matrix borden).
- Weinig omwegen mogelijk, sluiptverkeer niet mogelijk
- Geen doorstroomverschillen: wel of geen transport

# Analogieën – samenvatting (2)

## Overeenkomsten

- Financiële prikkels om benutting te verdelen (dag/nacht tarief) vs. Spitsstarief.
- Grote chaos als er ernstige verstoringen optreden

## Verschillen

- Weinig invloed onvoorspelbaar menselijk gedrag dat systeem beïnvloedt.
- Geen geplande onderbreking van “hoofdinfrastructuur”
- Uitbetaling compensatie vergoeding



# Memo

To  
Ben Immers, Serge Hoogendoorn  
Copy to

From  
Edward van Dooren

Date  
4 November 2012

Archive code  
20121104EvD003

Classification  
Open

Direct contact  
T 030-2836338  
E edward.vandooren@  
nl.equens.com

Subject  
Analogieën voor verkeersmanagement

## 1 Introductie

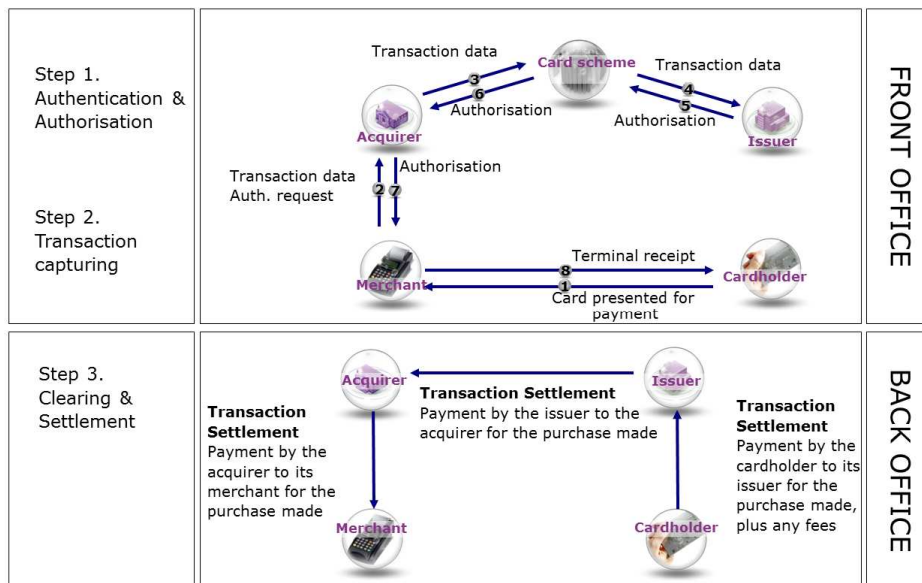
Het systeem dat ik vertegenwoordig is het geldverkeer systeem. Geldverkeer is een erg breed begrip. Verschillende betaalinstrumenten vallen hieronder, bijvoorbeeld cash, cheques, acceptgiro's, incasso's, en kaartbetalingen. Mijn blikveld voor de workshop heb ik niet zo breed geïnterpreteerd. De organisatie waar ik voor werk, Equens, houdt zich enkel bezig met elektronische betaalmiddelen en niet zozeer met cash of cheques. Daarnaast ligt mijn expertise voornamelijk in kaartbetalingen en minder bij acceptgiro's en incasso's. Vandaar dat ik de scope tot kaartbetalingen heb teruggebracht.

Voordat ik over ga tot een beschrijving van de overeenkomsten en verschillen tussen het functioneren van het door mij vertegenwoordigde systeem en het verkeersmanagementsysteem, zal ik eerst kort het functioneren van het kaartbetalingsproces schetsen.

## 2 Kaartbetalingsproces

Een kaarttransactie kan enkel plaatsvinden als een betaalkaart is uitgegeven door een kaart uitgevende instelling ("issuer") aan een kaarthouder ("cardholder") en als een winkelier ("merchant") een contract heeft met een kaart accepterende instelling ("acquirer") om bepaalde kaarten (bijv. Maestro, Visa) te accepteren.

Hoog over bestaat het transactieproces uit drie processtappen. (1) authenticeren en autoriseren van betalingsverzoek (2) vastleggen transactie (3) clearing & settlement van de transactie.



## 2.1 Berichtenverkeer ten behoeve van authenticeren en autoriseren van betalingsverzoek

Als een kaarthouder een betaalkaart plaatst in een betaalautomaat bij een winkelier, gaat er een verzoek uit voor authenticatie en autorisatie. Betreft authenticatie dient vastgesteld te worden of de betaalautomaat de kaarttransactie mag uitvoeren, of de betaalkaart wel valide is, dat degene die de transactie wil laten uitvoeren ook daadwerkelijk de kaarthouder is, etc. Betreft autorisatie dient vastgesteld te worden door de kaart uitgevende instelling of het bedrag ook kan/mag worden uitgegeven (staat er voldoende geld op de rekening). Als authenticatie niet mogelijk is, of als de autorisatie wordt geweigerd, dan zal de transactie niet kunnen plaatsvinden en wordt daarover gecommuniceerd. Als authenticatie en autorisatie wel wordt geaccepteerd, kan de transactie doorgang vinden. In alle gevallen zal het resultaat van de authenticatie en autorisatie worden terug gemeld aan de winkelier en kaarthouder.

## 2.2 Vastleggen transacties

Na een positieve authenticatie en autorisatie worden de transactie daadwerkelijk vastgelegd ("transaction capturing") in het systeem en de kaarthouder en winkelier ontvangen een bewijs – de pin bon – dat de transactie heeft plaatsgevonden.

## 2.3 Clearing & Settlement

Als laatste stap dient de verevening plaats te vinden tussen (1) de kaarthouder en kaart uitgevende instelling, (2) tussen kaart uitgevende instelling en kaart accepterende instelling (3) tussen winkelier en kaart accepterende instelling. Bij clearing worden de onderlinge posities bepaald, en gedurende het settlement worden de bedragen gedebiteerd/gecrediteerd.

### **3 Overeenkomsten/verschillen met verkeersmanagement**

Het transactiesysteem bestaat uit stromen. In ons geval niet zozeer verkeersstromen, maar stromen van transactieberichten. Ook binnen het kaartbetalingsproces heb je te maken met 'rush hours'. In het betalingsverkeer wordt dit gemeten met behulp van het aantal transacties per seconde (TPS). Zondags en maandagochtend zijn de meest rustige momenten van de week, terwijl tijdens koopavonden (donderdagavond, vrijdagavond) en vooral zaterdagmiddag de hoogste TPS wordt gemeten. Daarnaast zijn er ook jaarlijkse terugkerende tendensen. Vlak nadat het vakantiegeld is uitgekeerd in mei is er een duidelijke piek waarneembaar in het aantal transacties, terwijl in de vakantieperiode zelf (juli-augustus) het aantal transacties per seconde relatief laag is. Het hoogste aantal transacties per seconde wordt standaard in de decembermaand gehaald, beginnend met de dagen voor Sinterklaas maar met uitiem hoogtepunt de zaterdag voor kerst.

#### **3.1 Zelforganisatie versus sturing**

Een kaarttransactie is een zeer gestuurd proces. In tegenstelling tot het meeste autoverkeer, is het startpunt, de route en de eindbestemming van elk individueel bericht contractueel vastgelegd. Wel zijn er vaak verschillende partijen bij betrokken (acquirer, issuer, scheme owner, processor) waardoor eigenlijk geen enkele partij de totale regie voert.

Een kaartbetaling is een zeer kosten-efficiënte, veilige en betrouwbare betaalmethode. Een brede coalitie van direct en indirect belanghebbenden (banken, winkeliers, transactieverwerkers, overheid) stimuleert de groei van kaartbetaling. Grote media campagnes als "klein bedrag?, pinnen mag" missen hun uitwerking niet. Ondanks de financiële crisis, blijft het aantal kaartbetalingen groeien met circa 7% per jaar. Ik geloof dat groei van verkeer (auto's + vrachtwagens) wat controversiëler ligt.

#### **3.2 Gelaagdheid van het systeem**

Ik ben ervan overtuigd dat binnen het geldverkeersysteem dat ik beschrijf een gelaagdheid zit. Ik merk echter dat ik moeite heb om de verschillende lagen precies te onderkennen.

Ik zie overeenkomsten met laag 7 "multimodaal niveau" van verkeersmanagement. De hoogste laag van het gelaagde DVM-referentiemodel behelst naast het wegverkeer tevens andere vormen van vervoer. Zo bestaat naast het kaartbetalingssysteem natuurlijk ook andere vormen van betalingen (cash, overschrijvingen, incasso, etc.).

Daarnaast heb je binnen het kaartbetalingssysteem, verschillende brands (bijv. American Express, MasterCard, Maestro, Visa, etc.) met ieder eigen regelgeving en standaardisaties. De regelgeving kan zowel mondiaal, regionaal als landelijk van toepassing zijn.

Date  
4 November 2012

Page  
4 of 5

Verder bestaat het proces uit verschillende deelprocessen (authenticatie, autorisatie, vastleggen transactie, clearing & settlement). De eerste drie processen vinden meestal real-time plaats, terwijl clearing & settlement een batch proces is, dat meestal op een rustig moment wordt uitgevoerd. Slechts zelden is 1 organisatie verantwoordelijk voor al deze processen. Vaak zijn meerdere partijen verantwoordelijk voor een of meerdere deelprocessen. Een goede uitwisseling van gegevens is dan ook noodzakelijk.

Op deelproces niveau is het ook nog mogelijk verschillende lagen te onderkennen tussen processen, netwerken, applicaties en hardware.

### **3.3 Robuustheid en betrouwbaarheid**

Robuustheid en betrouwbaarheid zijn van levensbelang in het betalingsverkeer. Zowel een winkelier als kaarthouder moet erop kunnen vertrouwen dat de transactie correct wordt verwerkt.

De robuustheid en betrouwbaarheid wordt verzekerd door (niet limitatief):

- Betalingsverkeer protocollen gebaseerd op internationale standaarden
- Beheersprocessen ingericht (ITIL)
- Processen continu monitoren (24 uur per dag, 365 dagen in de week)
- Prestaties continu meten
- Applicaties, systemen, netwerken dubbel uitvoeren
- uitwijksystemen
- periodieke interne en externe audits op betalingssysteem

De meeste verstoringen die optreden in de stroom zijn verwachte verstoringen door onderhoud. Om de impact zo klein mogelijk te houden, wordt onderhoud vaak op zondagavond/nacht gepland. Dit is een rustige periode in het pinverkeer, terwijl eventueel uitloop van de werkzaamheden een beperkte impact heeft, omdat de meeste winkels maandagochtend pas laat opengaan.

Een verstoring die af en toe ontstaat is congestie. Dit kan zowel verwacht zijn (bijv. door de drukte rond kerst) als onverwacht. Denk bijvoorbeeld aan een kaart uitgevende instelling die vanwege capaciteitsproblemen niet alle kaarten kan authenticeren en

autoriseren. Afhankelijk van de onderliggende afspraken is het dan mogelijk om slechts transacties vanaf een bepaald bedrag naar de kaart uitgevende instelling te sturen, alle andere transacties worden afgehandeld door Equens.

Date  
4 November 2012

Page  
5 of 5



# Analogieën voor verkeersmanagement: het kaartbetalingsproces

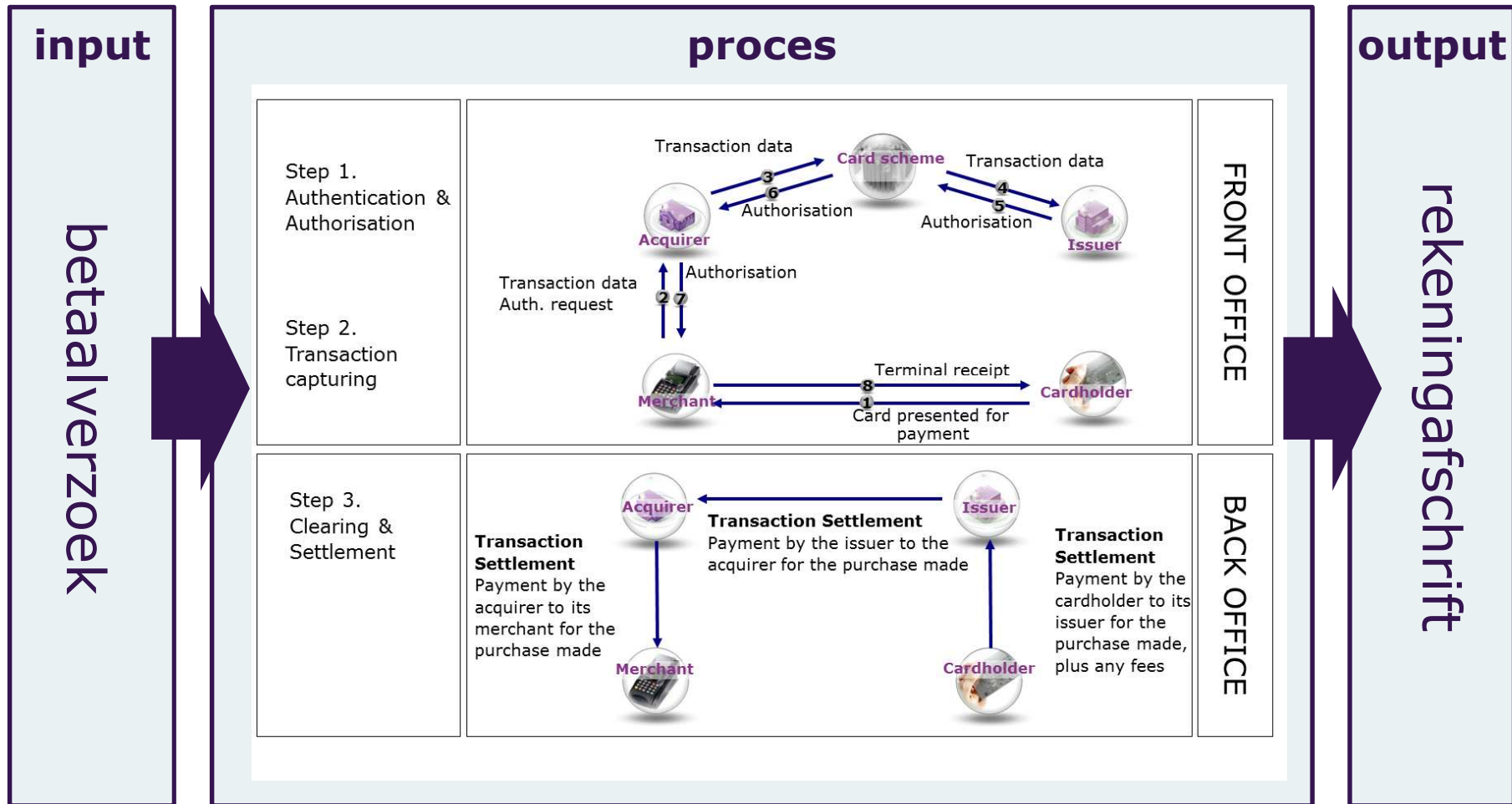
Edward van Dooren  
15 november 2012

Classification Open  
Status: Final

**EQUENS**






# Introductie betalingsproces bankkaart

Een kaarttransactie bestaat uit verschillende stappen



## Zelforganisatie versus sturing

# Een kaarttransactie is een vrij strak gestuurd proces

	<b>kaartsysteem</b>	<b>verkeerssysteem</b>		
	sturing	opmerkingen	sturing	opmerkingen
<b>input / toestroom</b>		gestimuleerd door vrijwel alle stakeholders "klein bedrag, pinnen mag"		ontmoedingsbeleid overheid
<b>individuele stroom</b>		startpunt bekend eindpunt bekend  route voorgeschreven via contracten		startpunt onbekend eindpunt onbekend  route grotendeels vrij voor verkeersdeelnemer
<b>ketenregie</b>		geen eenduidige partij over de keten		1 partij verantwoordelijk?

**aanname**

## Gelaagdheid

Net als bij verkeersmanagement is er bij een kaarttransactie sprake van gelaagdheid

### DVM referentiemodel

7

Multi modaal niveau  
Andere vormen van vervoer



1

Niveau sensoren /  
signaalgevers



### transactiesysteem

?

Andere vormen van betalen:  
cash, acceptgiro's, incasso, ...

?

Kaart transactieverkeer op  
mondiaal, regionaal, landelijk

?

Kaart transactieverkeer op  
merk (MasterCard, Visa, ...)

?

Kaart transactieverkeer op  
processtap (autorisatie, ...)

?

Kaart transactieverkeer op  
netwerk, applicatie, hardware

Niet limitatief

## Robuustheid & betrouwbaarheid

Robuustheid & betrouwbaarheid zijn van levensbelang met betrekking tot een kaart transactie

De robuustheid en betrouwbaarheid wordt verzekerd door:

- betalingsverkeer protocollen gebaseerd op internationale standaarden
- beheersprocessen ingericht (ITIL)
- processen continu monitoren (24 uur per dag, 365 dagen in de week)
- prestaties continu meten
- applicaties, systemen, netwerken dubbel uitvoeren
- uitwijksystemen
- periodieke interne en externe audits op betalingssysteem

Niet limitatief



Nonstop ASAP POS Transactions.url



NonStop ASAP Report.url





## Analogieën watermanagement en verkeersmanagement

Dr. ir. W. Schuurmans, Nelen & schuurmans te Utrecht,

5 november 2012

[Wytze.schuurmans@nelen-schuurmans.nl](mailto:Wytze.schuurmans@nelen-schuurmans.nl)

### Algemeen

- *De gelaagdheid van het transportsysteem, van de processen die zich daarop afspelen en de sturing ervan (geografie, detailniveau, tijdschaal, organisatiecoördinatie en type maatregel).*

In het waterbeheer is er eveneens sprake van een duidelijke gelaagdheid. Zo vindt de afvoer van water plaats van straatkolk, via rioolbuis, naar rioldistricten, hoofdriolen tot de afvalwaterzuivering. (AWZI) die weer loost op een kanaal of rivier.

De gelaagdheid is terug te vinden op fysiek, organisatorisch en financieel vlak.

De trend die momenteel plaatsvindt is dat we op veel hoger detailniveau informatie hebben via hoge resolutie landelijke bestanden en deze ook kunnen verwerken.

Tegelijkertijd moeten we de systemen op groter schaalniveau beschouwen, om de interactie tussen de deelsystemen te optimaliseren. De vraag is daarbij welke details belangrijk zijn voor het gehele integrale systeem en welke details kunnen/hoeven alleen op lokaal niveau worden beschouwd?

- *De wijze waarop de kwaliteit van een verkeersstroom (het proces) wordt vastgelegd en de maten die worden gebruikt om de kwaliteit van de afwikkeling van een stroom (proces) te definiëren.*

In het waterbeheer spelen feitelijk 2 zaken een rol: afvoer en berging. Elk watersysteem is een afvoersysteem met een bepaalde buffercapaciteit om belastingspieken "op te vangen". Wanneer de benodigde berging groter is dan de bergingscapaciteit, loopt het systeem over en ontstaat wateroverlast. Dat uit zich in verschillende vormen: water op straat (riolering is beperkt), berging op land (watergangen zijn beperkt). Voor beide vormen van wateroverlast zijn en worden normen vastgesteld waarin is gespecificeerd hoe vaak het mag voorkomen. De trend is om van een normbenadering naar een risicobenadering te gaan, waarbij de schade per jaar wordt bepaald en afgewogen tegen investeringen om deze schade te voorkomen.

### Samenstelling van de stroom

- *Is er sprake van een homogene stroom of kan men onderscheid maken naar categorieën met uiteenlopende verplaatsingskenmerken?*

Voor water is er in principe sprake van slechts een stroom. Wel wordt er een onderscheid gemaakt naar de verschillende kwaliteiten. Rioolwater heeft een andere kwaliteit dan oppervlaktewater en mogen niet met elkaar worden gemengd. In waterbeheer zijn ongeveer 10 kwaliteitscategorieën.

- *Kan men het verplaatsingsgedrag van de componenten van een stroom beïnvloeden?*  
Voor de verschillende categorieën zijn een beperkt aantal verschillende transportsystemen. In de riolering kennen we 3 type riooltransportsystemen, maar voor het open water is er maar een transportsysteem.



## Kenmerken van de stroom

- *Op grond van welke kenmerken kan de stroom worden beschreven (dichtheid, snelheid, omvang, etc.)?*  
De waterstroom wordt kwantitatief beschreven met een hoogte (of diepte) en afvoer (debiet of snelheid) die varieert in tijd en plaats. Voor de kwaliteit kunnen daar nog veel componenten aan worden toegevoegd zoals sediment transport, zoutgehalte, zuurstof, stikstof en tientallen andere parameters.
- *Kunnen verschillende regimes worden onderscheiden voor wat betreft de afwikkeling van de stroom (bijv. laminair en turbulent of vrije en stagnerende doorstroming)?*  
In de praktijk wordt altijd uitgegaan van turbulente stroming, maar er wordt wel onderscheidt gemaakt naar 1D-stroming, 2D-stroming, 3D-stroming, vrije stroming, stroming in buizen, stroming in leidingen met waterslag (variabele dichtheid), en grondwaterstroming. Er worden tientallen verschillende modellen gebruikt om deze stroming te berekenen.
- *In hoeverre treden de volgende verschijnselen op en hoe gaat het systeem (de systeembeheerder) daarmee om (congestie/file, terugslag van file (Spill back), schokgolven, zelforganisatie)?*  
In het waterbeheer zijn op alle schaalniveaus kunstwerken aanwezig, waarmee de stroom kan worden gestuurd. Bekende kunstwerken zijn gemalen en stuwen. Veel kunstwerken zijn geautomatiseerd op lokaal niveau. Dat betekent dat ze ingrijpen op basis van de waterstand in de nabije omgeving. De trend is steeds meer om te sturen op globaal niveau op basis van neerslagverwachtingen en de situatie elders in het systeem om op deze wijze de beschikbare capaciteit optimaal in te zetten.

## Gegevens/informatie over de stroom

- *Welke gegevens worden ingewonnen om de kwaliteit van de afwikkeling van een stroom of proces vast te stellen en op welke wijze worden deze gegevens ingewonnen?*  
Er kan een onderscheidt worden gemaakt naar gemeten of geconstateerde knelpunten en berekende knelpunten. Wateroverlast komt (gelukkig) niet zo frequent voor en de norm ligt hoog (van 1:2 jaar voor water op straat tot 1:10.000 jaar voor een dijkdoorbraak). Om de kwaliteit van een watersysteem te bepalen of te toetsen wordt vooral gebruik gemaakt van berekeningen. De betrouwbaarheid is in grote mate afhankelijk van de kalibratie van de onderliggende modellen.
- *Op welke wijze worden de effecten van ingezette maatregelen bepaald?*  
In het waterbeheer door een berekening en de na bewerking ervan. Naast het toetsen aan de norm, wordt steeds meer gebruik gemaakt van een kosten baten analyse. Onderdeel daarvan is de risicobeschouwing. Hiervoor zijn aparte modellen ontwikkeld.
- *Wie is verantwoordelijk voor het inwinnen van gegevens?*  
In het waterbeheer zijn dat de beheerders (gemeente, waterschap, drinkwaterbedrijf, provincie, RWS). In toenemende mate komen de data van extern van landelijke databases, satellietbeelden en bedrijven die verantwoordelijk worden voor de inwinning en verwerking van meetgegevens.
- *Wie is verantwoordelijk voor het verstrekken van informatie?*  
De beheerders zijn over het algemeen ook verantwoordelijk voor het verstrekken van informatie. In toenemende mate wordt gebruik gemaakt van internet waarin de gegevens beschikbaar worden gesteld.



- *Wordt informatie van verschillende bronnen en/of partijen (publiek en privaat) gecombineerd?*  
Het zijn vrijwel altijd publieke partijen.
- *Op welke wijze wordt de informatie verstrekt?*  
Via internet of jaarverslagen.
- *Hoe gaat men om met privacy issues?*  
Privacy speelt vooral als er in detail wordt ingezoomd. Wat meer speelt is de kwetsbaarheid van de eigen organisatie. Beheerders zijn soms bang om te worden aangesproken op foute informatie of op het niet nakomen van afspraken.

### **Inzetten van maatregelen**

- *Welke maatregelen kunnen worden toegepast om een stroom te beïnvloeden (informereren, regelen, sturen, optimaliseren)?*  
Het water luistert over het algemeen slecht naar commando's. Incidenteel worden burgers aangesproken op hun gedrag (geen vet in het riool, geen doekjes in het riool), maar sturing vindt vooral plaats via talloze gemalen en stuwen.
- *Wie is verantwoordelijk voor een te nemen maatregel?*  
Op elk niveau (lokaal, regionaal of centraal) is de betrokken beheerder verantwoordelijk. Een issue is dat de ene overheid de ander controleert. Met nieuwe regelgeving veranderen verantwoordelijkheden en dit heeft weer consequenties voor de te nemen maatregelen. Gesteld kan worden dat er in het waterbeheer miljarden euro's zijn verspild aan maatregelen die niet effectief zijn, maar louter genomen om aan de verplichting te voldoen.
- *Op grond van welke overwegingen (gegevens) wordt besloten om een of meer maatregelen toe te passen?*  
In theorie is er een geheel andere werkelijkheid dan de praktijk. In theorie wordt er rationeel en optimaal gehandeld. In de praktijk worden (zelf afgeleide stelregels) nageleefd om aan de eisen te voldoen. Politieke en bestuurlijke overwegingen spelen daarbij een belangrijke rol. Dankzij de bezuinigingen is er meer bewustwording opgetreden.
- *Op welk niveau worden maatregelen getroffen (strategisch, tactisch, operationeel); waar ligt het aangrijpingspunt (individuele componenten van een stroom, clusters, specifieke categorieën, stromen op specifieke onderdelen van het netwerk, etc.).*  
Ook hier is er een sterk verschil tussen theorie en praktijk. In theorie wordt er op strategisch niveau een optimale beslissing voorbereidt. In de praktijk is het allemaal (veel) minder hoogdravend.



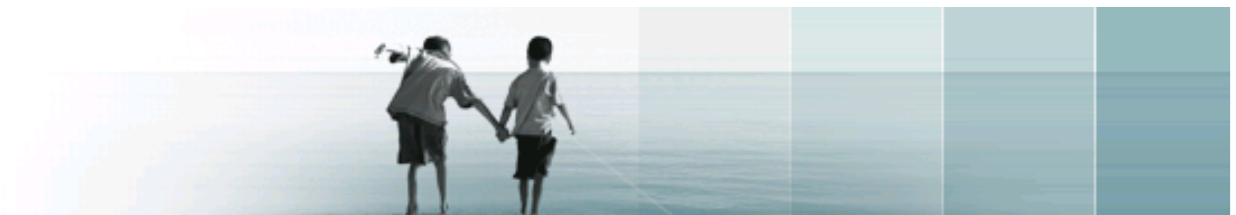
### **Bijzondere (afwijkende) situaties: Incidenten/Evenementen/Evacuaties (IEE)**

- *Treden er verstoringen (IEE) op in de stroom (verwacht en onverwacht)?*  
In het waterbeheer treden vrijwel altijd verstoringen op. Verstoringen kunnen worden onderverdeeld in:
  - Uitvallen van componenten (gemaal is kapot, dijk breekt door);
  - Dynamische belasting, stortbui, extreme wind, hoge waterstanden en de combinaties.
- *Hoe ontstaan deze verstoringen?*  
Variabele belasting in tijd en ruimte en uitvallen van componenten.
- *In welke mate kan men de verstoringen voorspellen?*  
Vaak uren vooraf voor wat betreft de belasting. Het uitvallen van bijvoorbeeld een pomp gebeurt vaak onverwacht en komt vaker voor dan gedacht.
- *Wat zijn de gevolgen van de verstoringen?*  
De gevolgen kunnen sterk variëren van minimaal tot extreem. De laatste jaren gaat steeds meer aandacht uit naar voorspelsystemen en het informeren van betrokken overheden en burgers over aard en omvang van het falen van het systeem.
- *Hoe worden verstoringen opgelost?*  
Dit is sterk afhankelijk van de aard en voorziene consequenties. Kleine verstoringen worden lokaal opgelost door storingsdiensten etc. Voor calamiteiten zijn beheersplannen en complexe software systemen ontwikkeld om veiligheidsregio's te ondersteunen.
- *Wie is verantwoordelijk voor het oplossen van verstoringen?*  
Bij kleine verstoringen de lokale beheerder, maar bij grotere gevolgen wordt de Dijkgraaf (Waterschap), burgemeester of commissaris van de Koningin verantwoordelijk.



# Watermanagement

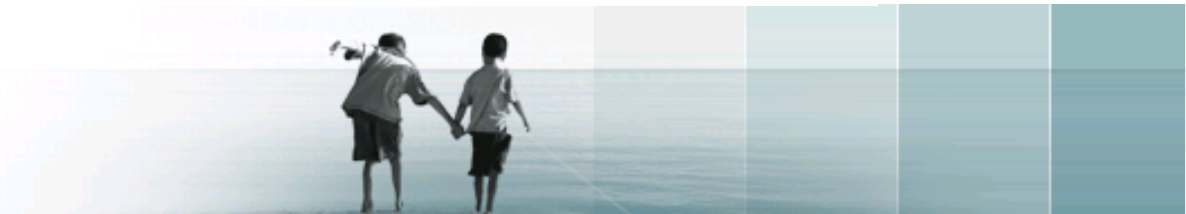
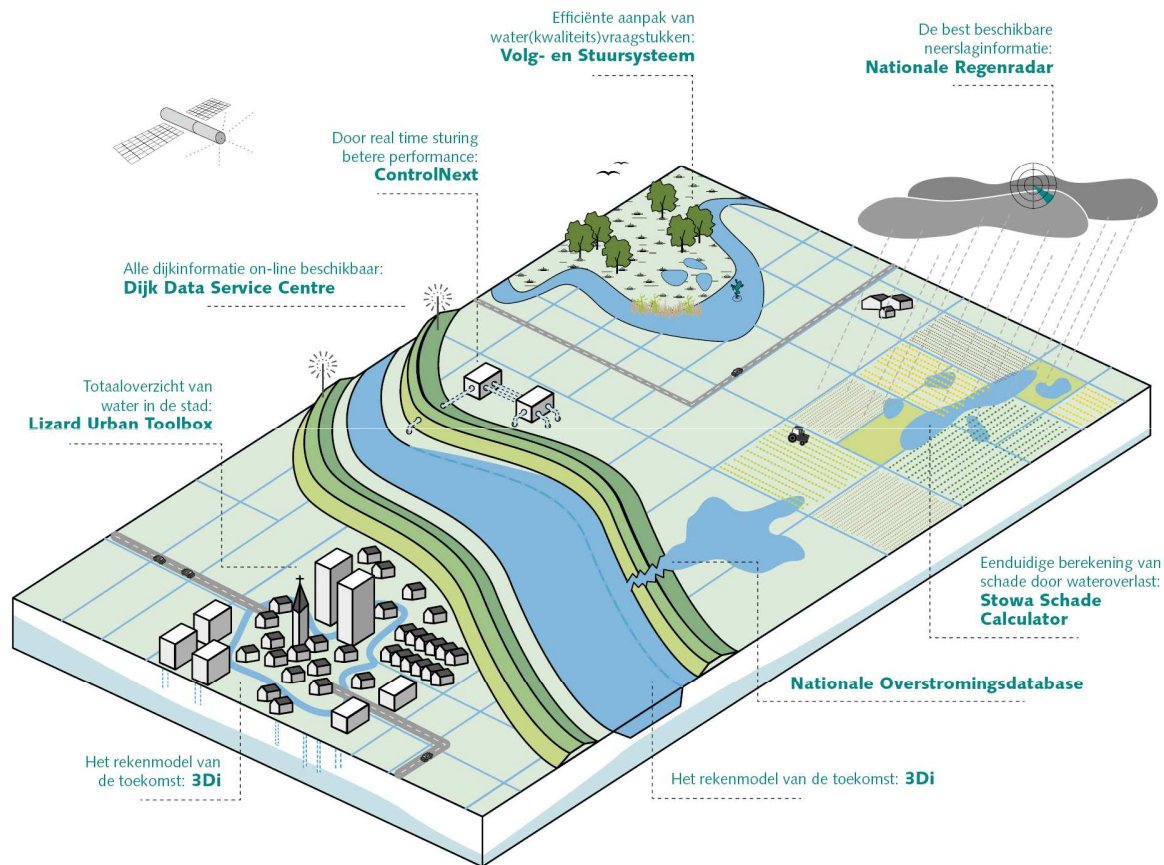
Analogieën voor  
Verkeersmanagement







# Aandachtsgebieden





# Zelfsturing /besturing

- Water stroomt van hoog naar laag
- Kunstwerken nodig:
  - Op alle schaalniveau's;
  - Lokaal geautomatiseerd (aan/uit)
  - Handbediend (ervaring)
  - Sturing frequentie: seconden tot seizoen





# Hoe grijpt men in?

- Normale omstandigheden
  - Real time metingen
  - Voorspellingen (waterstanden, regenradar)
  - Beslismodellen
- Dreigende calamiteiten
  - Handbediening (bestuurlijke inmenging)



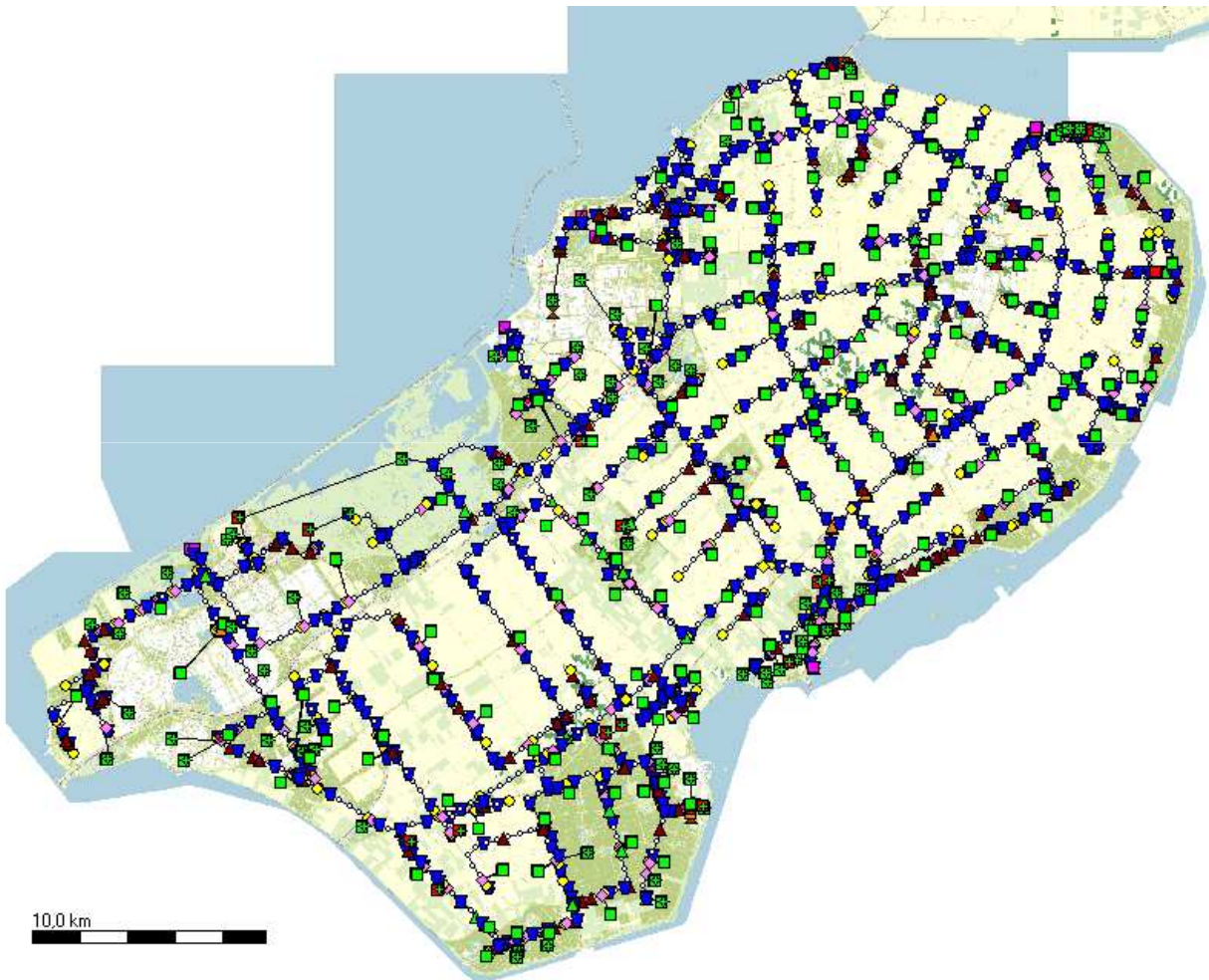


# Gelaagdheid

- Quartair: particulier/tuinder/boer
- Tertair wijkniveau/peilvak
- Secundair gemeenten/zuivering/polder
- Primair Hoofdkanalen/rivieren



# Flevoland



10.0 km





# Almere



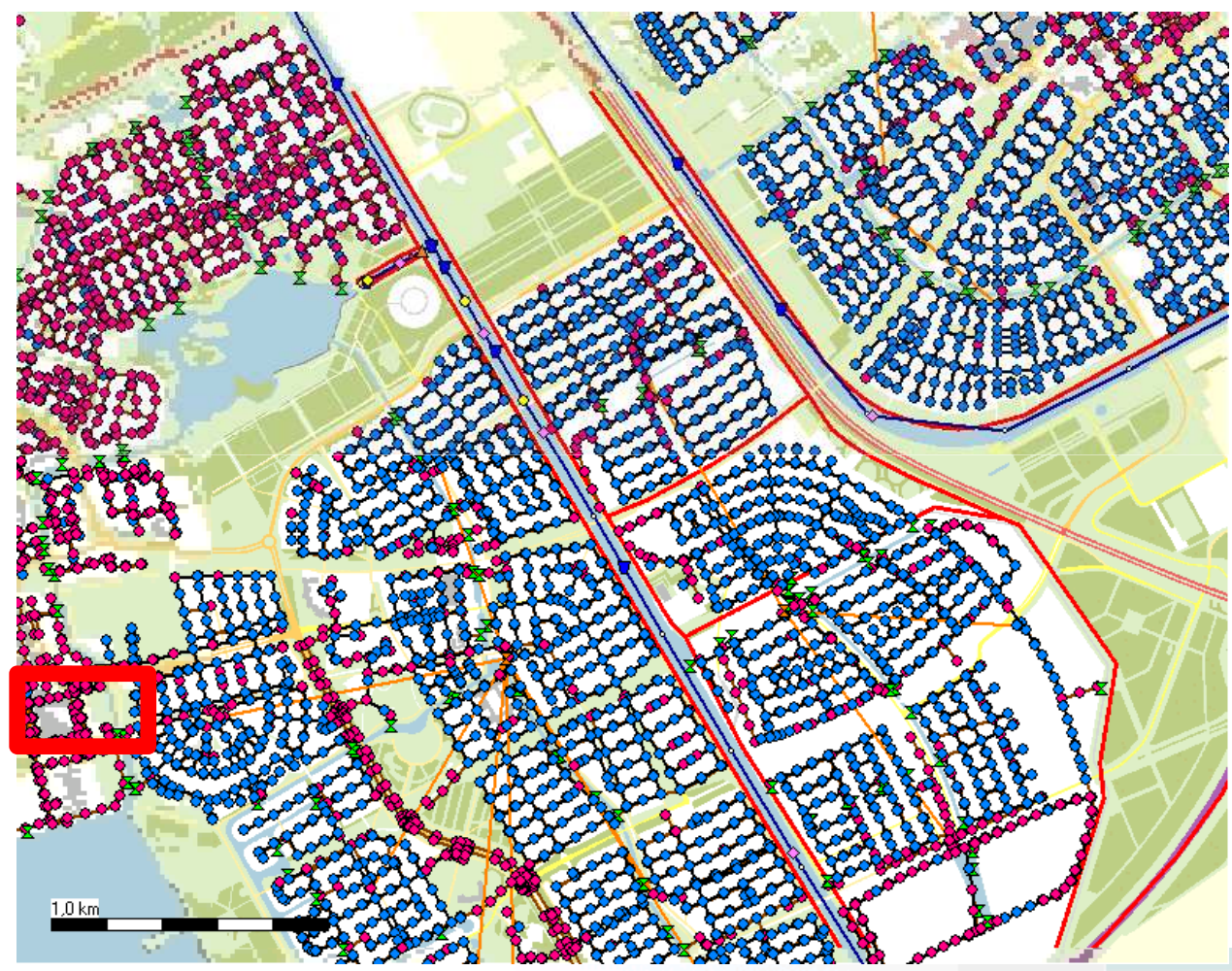
10,0 km





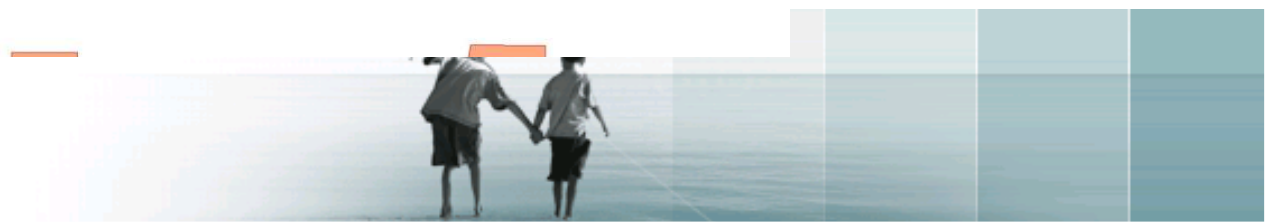
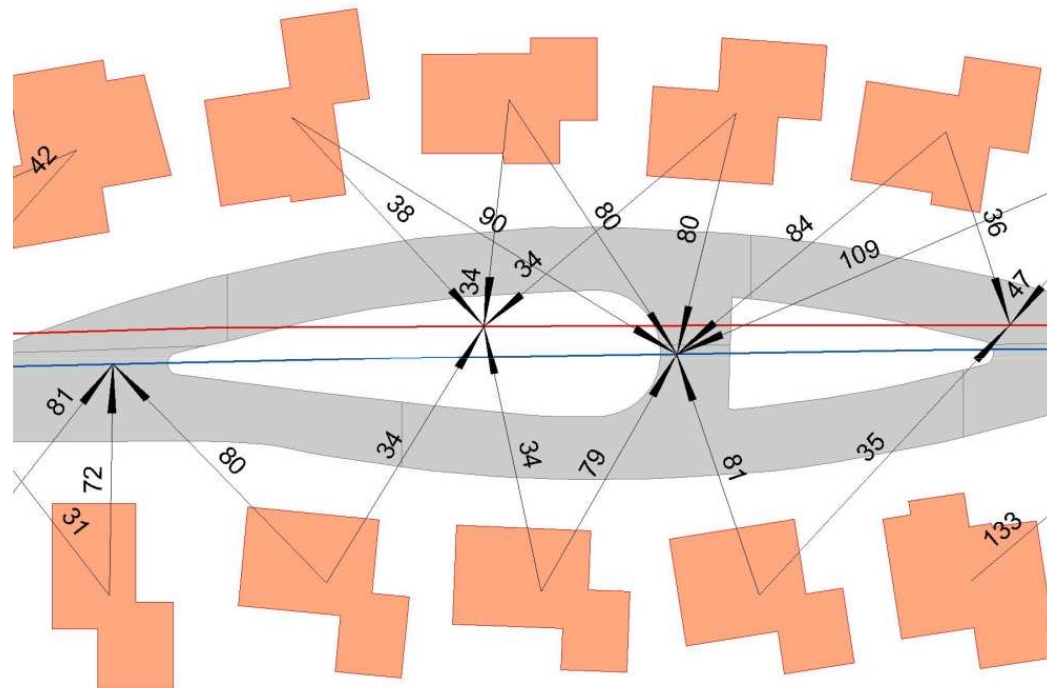


# Wijk



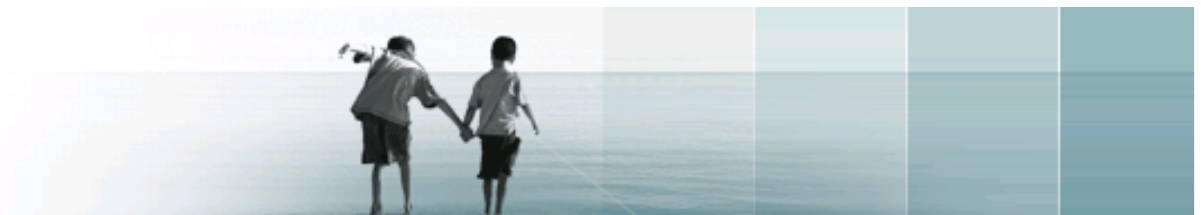
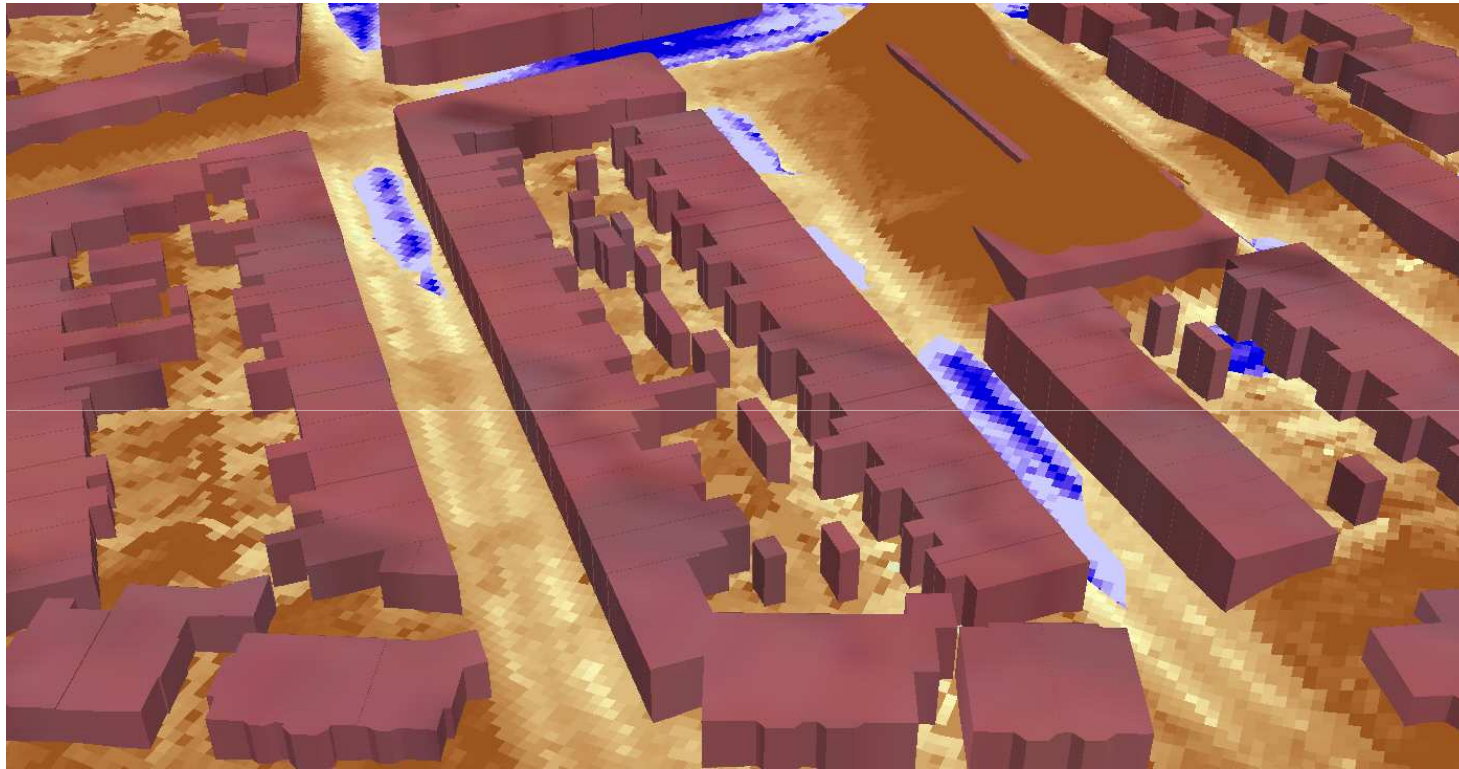


# Straat





# Dutch mountains







# Besturing over lagen

- Feedback in het systeem
- Feedforward in opkomst (anticiperen)
- Automatiseren randvoorwaarde voor optimaliseren.





# Problemen

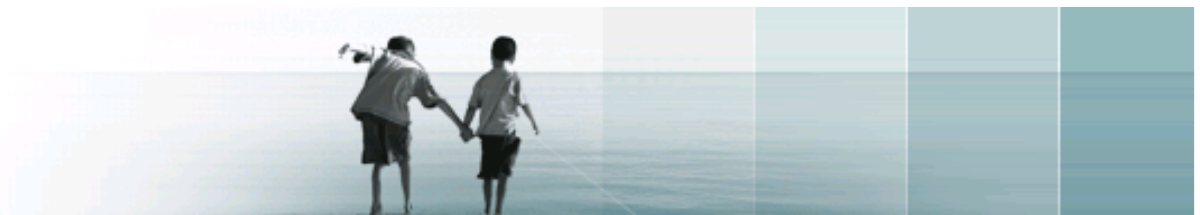
- Technisch
- Bestuurlijk
- Organisatorisch
- Persoonlijk





# Robuustheid

- Hoge eisen aan robuustheid
- Weinig geld voor robuustheid
- Waarschuwing / handmatig

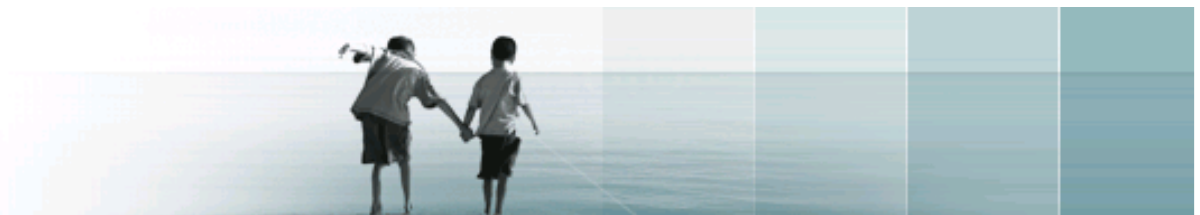






# Robuustheid

- Maatregelen om robuustheid te vergroten:
  - Ontwerp uitgangspunt
  - Uitgaan van default en backup opties
  - Redundant uitvoeren
  - Updates riskant via test omgeving





# Ontwikkelingen

- Informatiemanagement
- Groei real time sensoren
- Real time control
- Integraal beheer



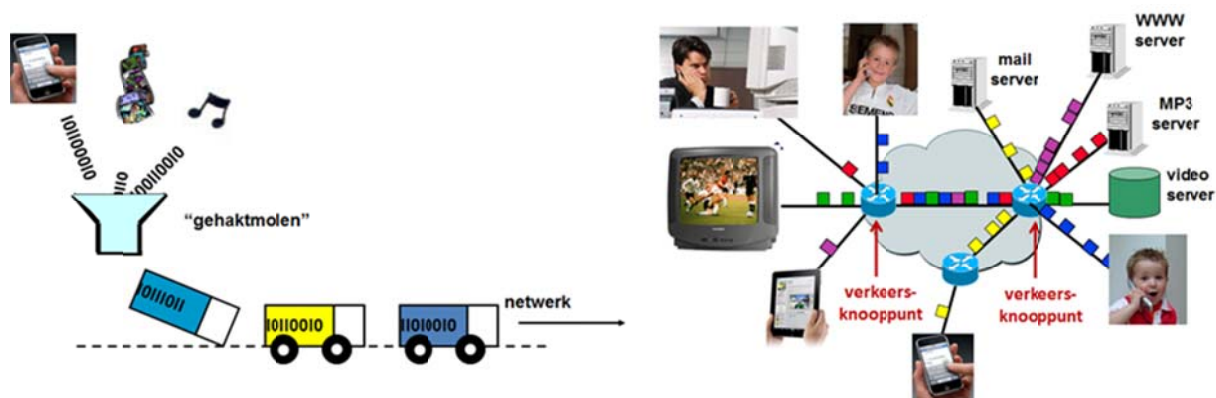
# Traffic Management in Telecommunicatienetwerken

Rob van der Mei (CWI en VU Amsterdam)

## 1. Inleiding en achtergrond

De laatste decennia is het gebruik van telecommunicatienetwerken spectaculair gegroeid, en anno 2012 is het gebruik van ICT is niet meer uit het dagelijkse leven weg te denken. Probeer U zich een dag voor te stellen zonder Internet en telefoon, met alle gevolgen van dien. Het gevolg van deze ontwikkeling is dat onze maatschappij steeds afhankelijker is geworden van het goed functioneren van onze telecommunicatienetwerken, terwijl deze netwerken steeds grotere hoeveelheden digitale informatie moeten afhandelen. Het goed reguleren van de digitale verkeersstromen is daarom van cruciaal belang voor het functioneren van onze moderne maatschappij. Dit wordt ook wel Traffic Management (TM) genoemd.

Er zijn veel analogieën tussen verkeer in telecommunicatienetwerken enerzijds en wegverkeer anderzijds. De meeste telecommunicatienetwerken zoals het Internet en de huidige mobiele netwerken werken als een soort gehaktmolen: digitale informatie die van A naar B moeten worden getransporteerd wordt bij het vertrekpunt A door een gehaktmolen gehaald en in pakketten (“vrachtwagens”) gestopt, vervolgens over het netwerk (“de digitale snelweg”) getransporteerd naar B, waar de pakketten weer worden uitgepakt en afgeleverd.



Figuur 1: De “gehaktmolen” en de digitale snelweg.

## 2. Traffic Management uitdagingen

In het kader van Traffic Management spelen een aantal zaken een belangrijke rol:

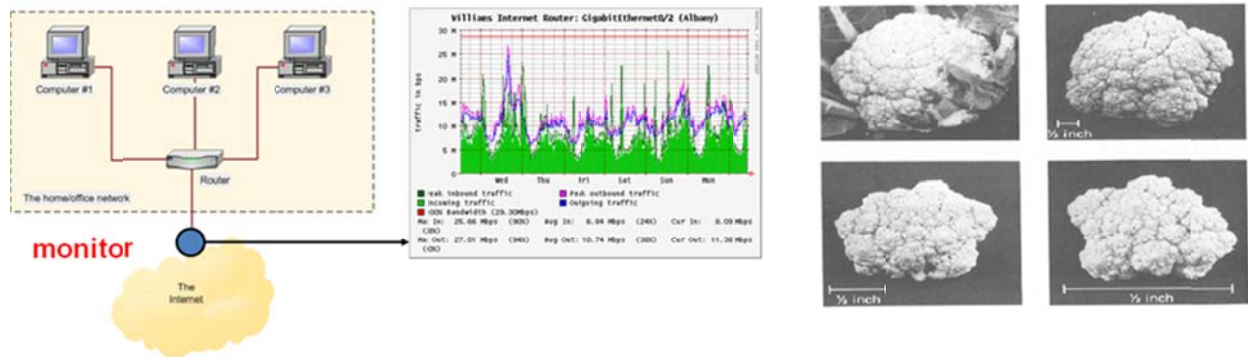
### 1. De meeste netwerken zijn geïntegreerd

In de eerste generaties netwerken waren netwerken direct gekoppeld aan specifieke applicaties. Zo had je bijvoorbeeld fysiek en logisch gescheiden telefonienetwerken, datanetwerken (voor bijvoorbeeld financiële transacties), mobiele netwerken en kabeltelevisienetwerken. Tegenwoordig zijn deze netwerken steeds meer geïntegreerd, en worden verkeersstromen van verschillende diensten en

applicaties over hetzelfde netwerk afgehandeld. Deze ontwikkeling heeft niet alleen de weg geopend voor het ondersteunen van allerlei geavanceerd multi-media diensten, maar ook naar het meer efficiënt gebruik van netwerk-capaciteit.

## 2. *Verschillende applicaties genereren verschillende verkeersstromen in het netwerk*

Een van de grote uitdagingen voor het reguleren van de digitale verkeersstromen is het onzekere en vaak onvoorspelbare, random, karakter van de verkeersstromen. Veel applicaties zoals Web browsing, telefoongesprekken, interactieve televisie en video calls leiden vaak tot enorm 'bursty' verkeersstromen. Sterker nog, statistisch onderzoek aan verkeersstromen heeft aangetoond dat de digitale verkeersstromen vaak zelfs intrigerende fractale eigenschappen hebben (zie Figuur 2).



*Figuur 2: Verkeer op de digitale snelweg is vaak gepiekt, en heeft intrigerende fractale eigenschappen.*

## 3. *Verschillende applicaties stellen verschillende kwaliteitseisen aan het netwerk*

Verschillende applicaties stellen verschillende eisen aan het netwerk. Zo zal een interactieve dienst zoals telefonie strenge eisen stellen aan de vertraging op het netwerk, terwijl het oversturen van grote bestanden met name eisen zal stellen aan het heelhuids afleveren van een bestand. In de praktijk worden daartoe vaak zgn. Service Level Agreements, kortweg SLA's genoemd, afgesproken tussen de netwerk-provider en de betalende klant. In zo'n SLA staan afspraken over de te leveren kwaliteit van de dienstverlening (bijvoorbeeld in termen van netwerkvertraging en pakketverlies), en over maatregelen bij het niet nakomen van de afspraken.

De bovengenoemde aspecten maken het managen van verkeersstromen gecompliceerd, maar heel uitdagend!

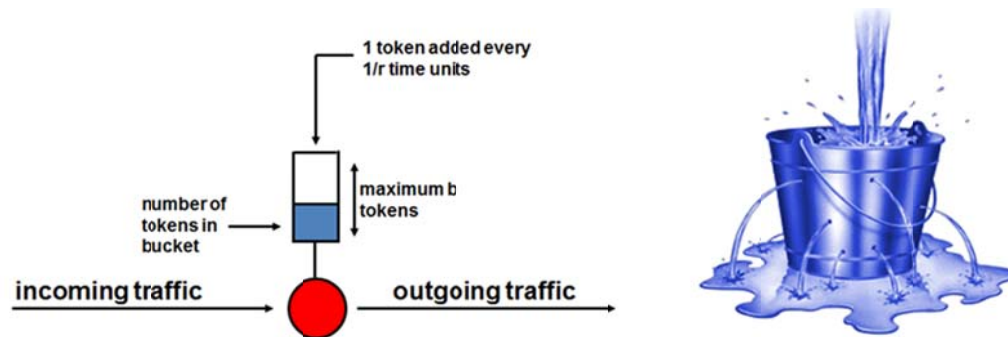
## 3. Overzicht Traffic Management technieken

In deze sectie zullen we de meest gebruikte TM-technieken kort de revue laten passeren.

### *Policing*

Traffic policing is een filter-mechanisme dat checkt of de gebruiker niet meer dan het afgesproken maximale volume aan verkeer door het netwerk stuurt, zoals vastgelegd in een SLA tussen de netwerk-aanbieder en de klant. De meest gebruikte implementatie van traffic policing is het zgn. Leaky Bucket (LB) mechanisme, waarbij pakketten volgens een token-mechanisme worden gemarkeerd als

'conforming' of 'niet-conforming'. Pakketten die niet-conforming zijn, dus 'teveel verstuurde pakketten', kunnen bijvoorbeeld een lage prioriteit krijgen, of zelfs worden weggegooid.



Figuur 3: Traffic policing door middel van een Leaky Bucket mechanisme.

### Shaping

Traffic shaping is een filter-mechanisme dat ervoor zorgt dat pieken de verkeerstromen worden afgevlakt, simpelweg door het vertragen van pakketten ingeval er teveel verkeer in een korte periode aan het netwerk wordt aangeboden. Traffic shaping zorgt ervoor dat de verkeerstromen als het ware 'constanter' worden gemaakt, waardoor de efficiency van TM verhoogd kan worden. Merk op dat hier sprake is van een trade-off: enerzijds wordt door shaping het verkeer afgevlakt, maar anderzijds introduceert dat ook vertraging.

### Admission Control

Admission Control (AC) is een TM-mechanisme om te beslissen of nieuwe verkeerstromen worden toegelaten tot het netwerk. Het netwerk gebruikt daartoe vaak een zgn. Bandwidth Broker (BB), die beslist of door het toelaten van een nieuwe verkeerstromen of klant nog wel aan de afspraken (SLA's) met de bestaande klanten kan worden voldaan (zie Figuur 4).



Figuur 4: Admission Control.

### Prioriteiten

Een andere TM-techniek is het toekennen van prioriteiten aan verschillende verkeerstromen op basis van hun kwaliteitseisen en het prijskaartje. Zo ligt het voor de hand real-time verkeer (tot op zekere

hoogte) voorrang te geven boven non-real-time verkeer, en ligt het voor de hand klanten die veel betalen op de één of andere manier voorrang te geven boven klanten die weinig betalen.

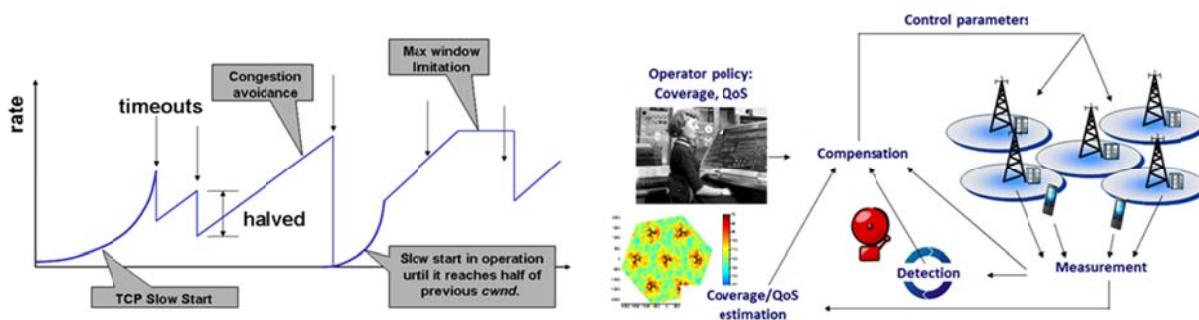
Voor elk van deze mechanismen geldt dat ze *in potentie* een krachtig TM-middel vormen, maar dat de concrete invulling van de parameter-waarden van deze mechanismen (bijv. het aantal prioriteitsklassen, drempelwaarden voor admission control, leaky buckets en traffic shaping parameters) een complexe maar uitdagende zaak is.

#### 4. Analogieën met wegverkeer

In deze sectie zullen analogieën met het wegverkeer worden aangestipt, en wel op het gebied van zelf-organisatie, gelaagdheid en robuustheid.

##### *Zelf-organisatie*

Een belangrijke ontwikkeling in de context van TM is het toenemende nivo van zelf-organisatie, waarbij TM on-the-fly maatregelen kan nemen zodra er is mis gaat, of dreigt te gaan. Een eenvoudig voorbeeld van zelf-organisatie is het TCP transmissieprotocol, dat ervoor zorgt dat de transmissiesnelheid automatisch wordt verkleind zodra het netwerk in de problemen komt. Een ander voorbeeld de cell outage compensatie in mobiele netwerken zoals Long-Term Evolution (LTE), waarbij naburige zendmasten elkaar automatisch te hulp schieten als er tijdelijk een outage is bij een van de masten (zie Figuur 5).



Figuur 5: Voorbeelden van zelf-organiserende systemen: het TCP-protocol en cell outage compensatie in LTE.

Andere voorbeelden van zelf-organisatie in telecommunicatienetwerken zijn dynamische re-compositie van applicatieketens, en de dynamische kanaaltoewijzing in mobiele netwerken. Bij wegverkeer speelt zelf-organisatie ook zeker een rol. Naar analogie van het TCP-voorbeeld: bij grote drukte in het netwerk neemt de toestroom van verkeer vaak automatisch af doordat minder mensen de weg op gaan, of een andere route kiezen.

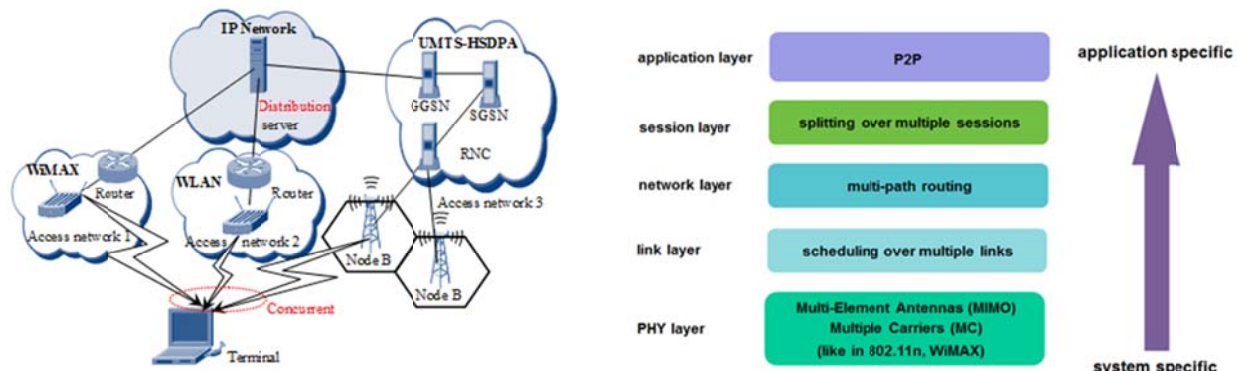
##### *Gelaagdheid*

Telecommunicatienetwerken werken volgens het zgn. OSI-model, een gestandaardiseerde manier om informatie over een netwerk te versturen. Deze gelaagdheid heeft veel belangrijke implicaties. Eén daarvan is dat TM op verschillende lagen kan worden geïmplementeerd, waardoor verschillende TM-technieken, al dan niet bedoeld, kunnen gaan interacteren en elkaar in de weg zitten.



## Robuustheid

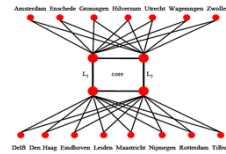
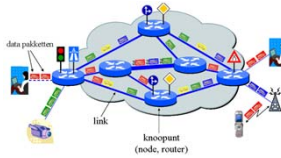
Een belangrijke eis die aan veel telecommunicatiediensten wordt gesteld is robuustheid met betrekking tot verstoringen in het netwerk. Er is geen eenduidige definitie van de term robuustheid, en robuustheid kan worden beschouwd op verschillende protocollagen. Op de fysieke laag speelt robuustheid van de netwerk-topologie een belangrijke rol: welke alternatieve routes zijn er in geval van link failures? Roubuustheid speelt bijvoorbeeld ook een rol bij mobiele netwerken in de context van zgn. concurrent access (CA). Er is sprake van CA als op één en dezelfde locatie meerdere (mobiele) netwerken beschikbaar zijn. In dat geval kan de robuustheid van applicaties sterk worden verbeterd door de verkeersstromen over het mobiele access netwerk van en naar het Internet slim te splitsen, afhankelijk van gemeten instantane kwaliteit van de verschillende mobiele netwerken. Merk op dat de verschillende CA-splitsingsalgoritmen kunnen worden ingezet op verschillende protocollagen, variërend van de fysieke laag tot aan de applicatielaag (zie Figuur 6). De analogie met het wegennet is evident.



Figuur 6: Robuustheid voor mobiele netwerken met concurrent access: TM over verschillende protocollagen.

Samenvattend, er zijn veel parallellen tussen verkeersmanagement in telecommunicatienetwerken en in het wegennet, maar er zijn ook belangrijke verschillen. We kunnen veel van elkaar leren.

# Traffic Management in Communication Networks



**Rob Kooij**  
TNO and TU Delft

**Rob van der Mei**

CWI and VU University Amsterdam

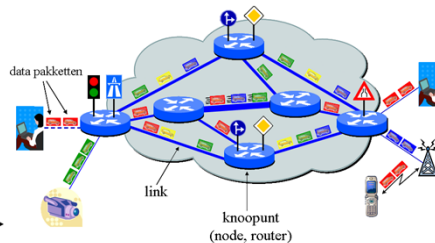


## Overview:

1. Background and need for Traffic Management
2. Traffic Management techniques
3. Self-organization, layering and robustness

Delft, 16 november 2012

# The Digital Highway



**Analogy:** access networks, crossings, core networks,...

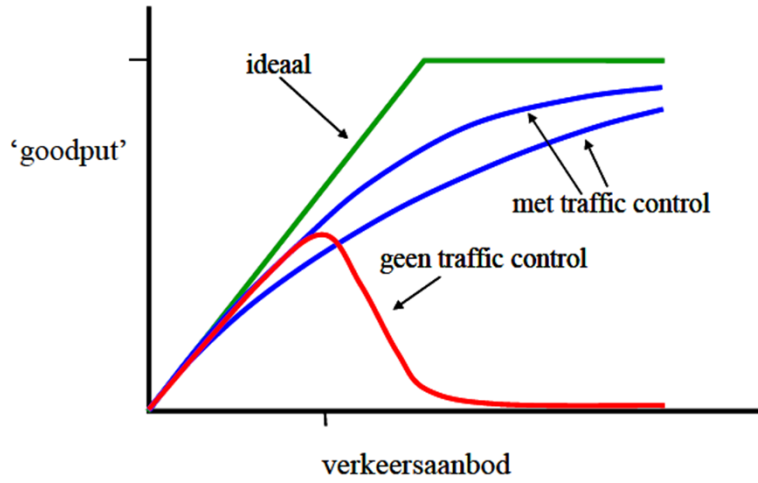
**Traffic problems:** congestion, bypassing, collisions,...

**Complication:** different applications, different requirements

**Challenge:** how to cost-effectively meet QoS requirements?

Delft, 16 november 2012

# Overload and Traffic Control

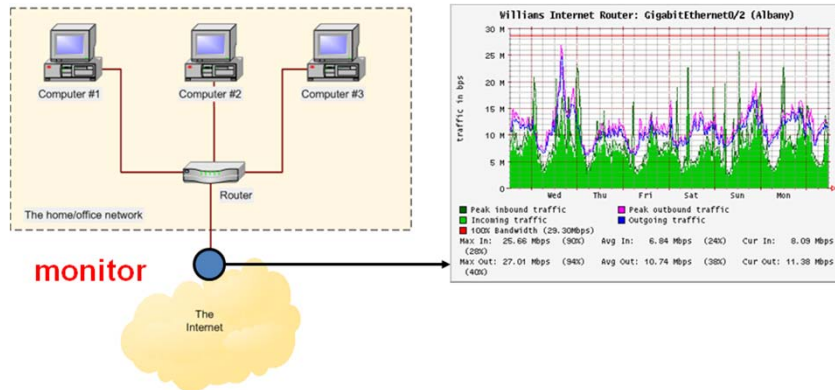


**Trade-off:** load versus QoS

**Traffic control:** 'to squeeze the most out of the network'

Delft, 16 november 2012

# Traffic Burstiness

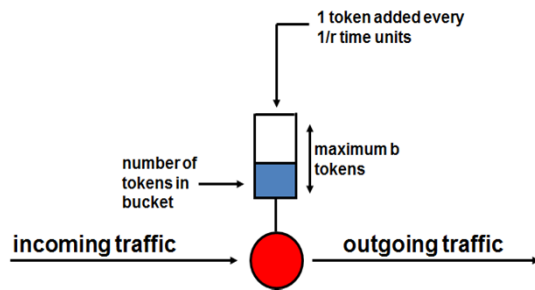


**Traffic characteristics:**

- Traffic often 'peaked'
- Different applications generate different traffic streams

Delft, 16 november 2012

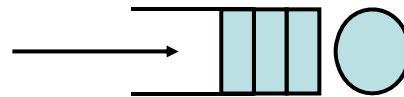
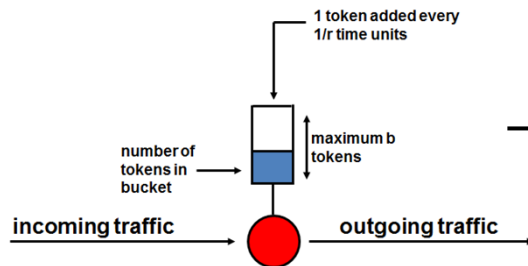
# Traffic Policing



**Policing:** filter to incoming traffic, 'conforming' or not?  
**Leaky Bucket (LB) implementation**  
**'Non-conforming' packets are marked**

Delft, 16 november 2012

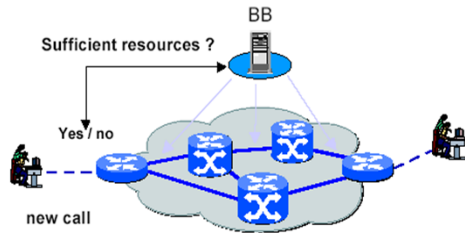
# Traffic Shaping



**Shaping:** smooth bursts of packets  
**Packets may be delayed (as opposed to policing)**  
**Shaped traffic less bursty, higher utilization possible**

Delft, 16 november 2012

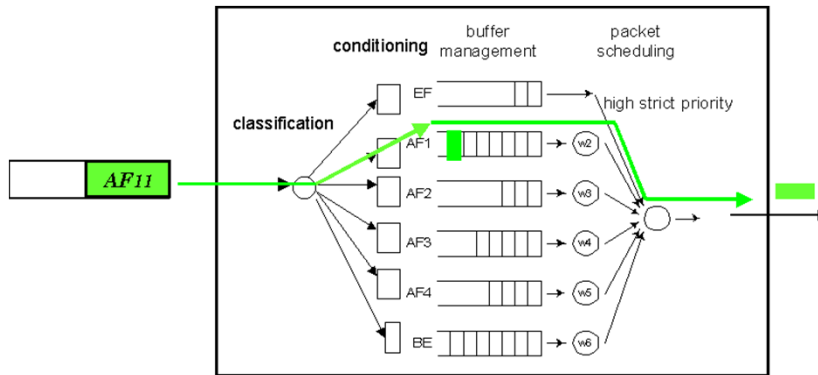
# Admission Control



**Admission Control:** decide whether to allow new customer  
 Avoid violation of existing Service Level Agreements  
 Way to protect network from overload

Delft, 16 november 2012

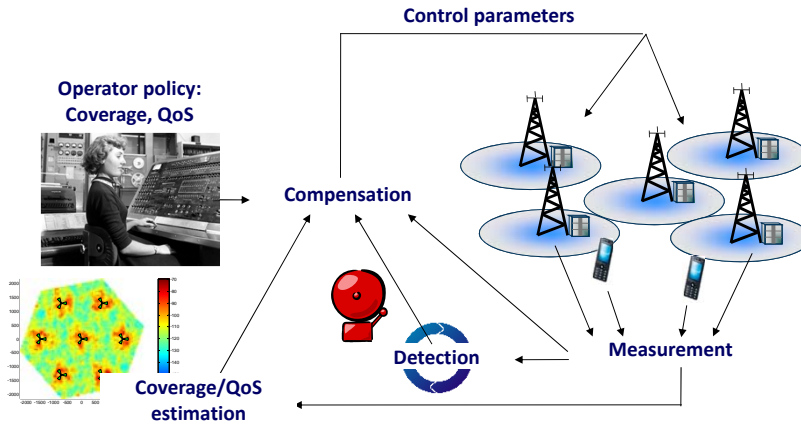
# Priorities



**Priorities:** to deal with heterogeneity QoS requirements  
 IP networks 'best effort'  
 IP Differentiated Services: hop-by-hop behavior

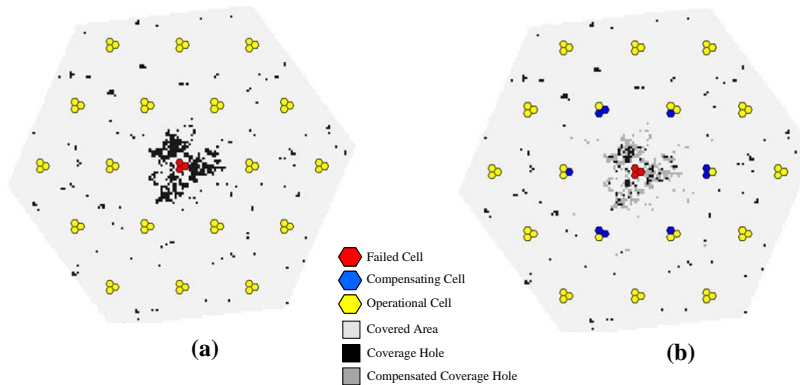
Delft, 16 november 2012

# Self-Organization: Cell Outage Compensation in LTE



Delft, 16 november 2012

# Self-Organization: Cell Outage Compensation in LTE



without outage compensation

with outage compensation

FP7 SOCRATES PROJECT

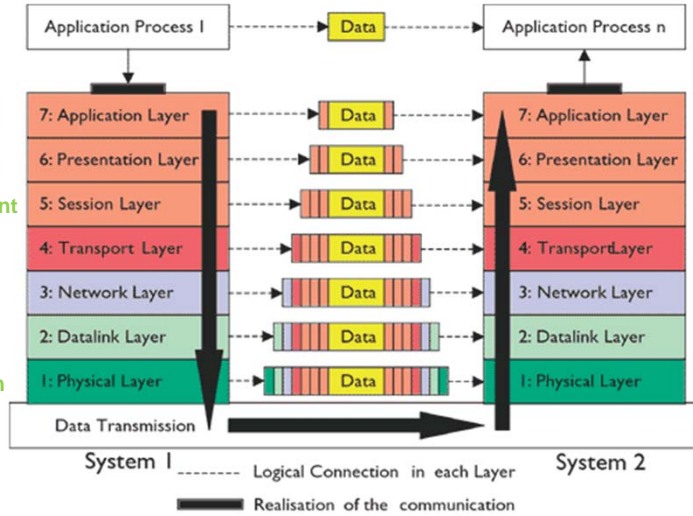
Delft, 16 november 2012



# Multi-Layering



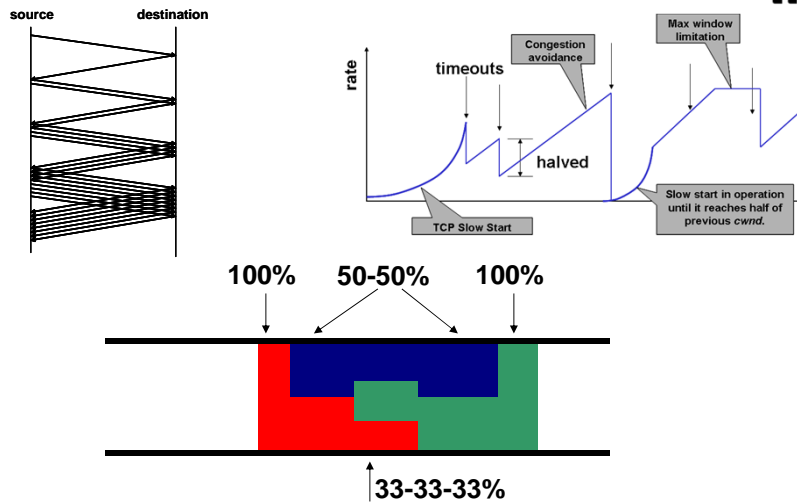
- Authentication, user applications  
Encryption
- Session management
- Reliability, ordering
- Routing, path selection
- Medium access
- Binary transmission



Traffic control possible at different layers simultaneously

Delft, 16 november 2012

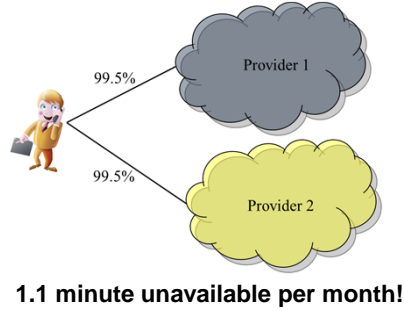
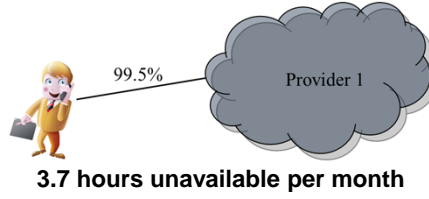
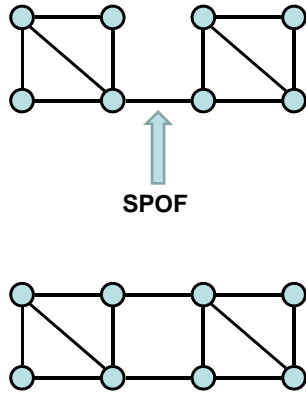
# Example: TCP Flow Control



Congestion and loss at network layer induces slowdown of transmissions at transport layer

Delft, 16 november 2012

# Robustness

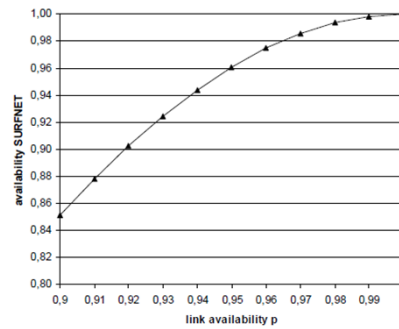
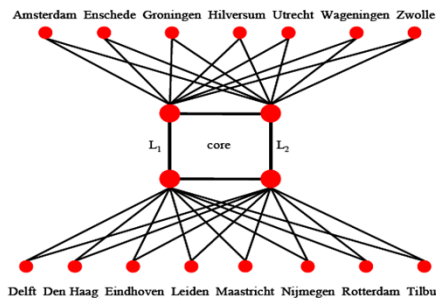


Delft, 16 november 2012

# Network Robustness



Example 1



- Probability that network is fully connected

Delft, 16 november 2012

# Network Robustness



Example 2



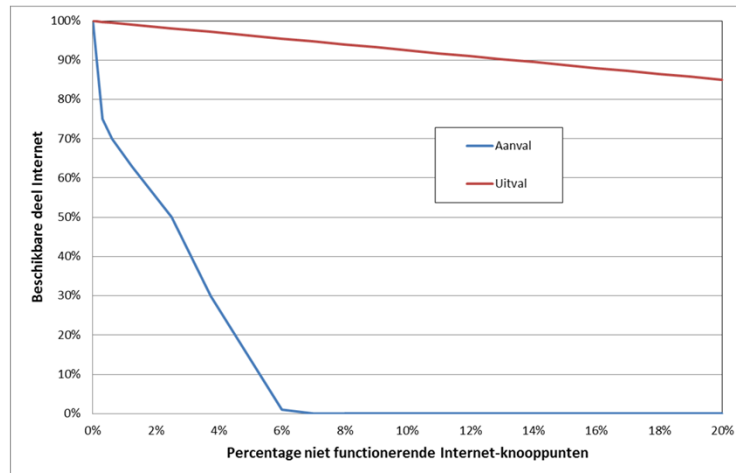
- What fraction of Internet available?

Delft, 16 november 2012

# Network Robustness



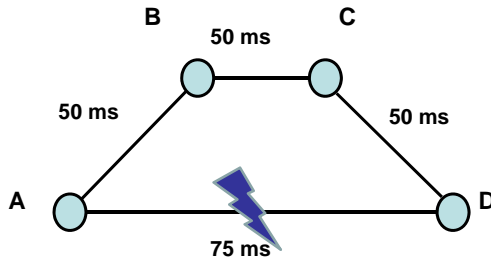
Example 2



- What fraction of Internet available?

Delft, 16 november 2012

# Service Robustness



**Requirement:** delay between A and D:  $T < 100$  ms  
Network still connected, but can not meet service requirement!  
Service robustness < network robustness



Global management of large scale critical  
infrastructures based on self-management  
/participation

prof dr Frances Brazier

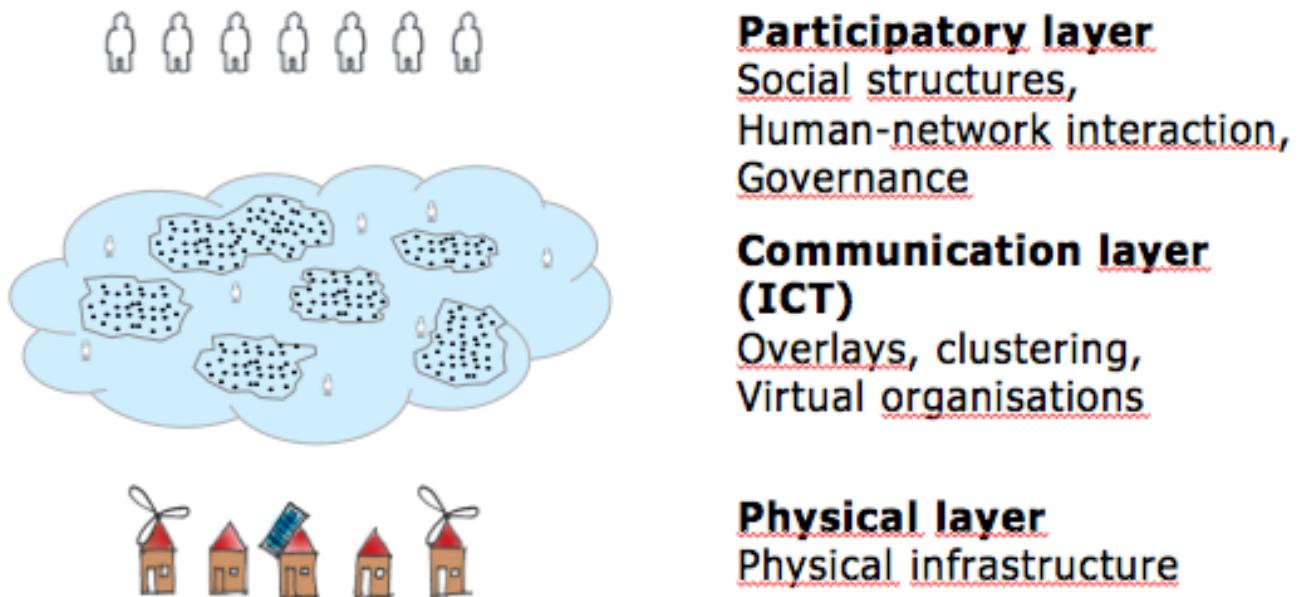
Participatory Systems Initiative, Systems Engineering,  
TUDelft

## Self-management door participatie

Participatie is een voorwaarde voor zelf-management van grootschalig genetwerkte infrastructuren, systemen waarin sociale structuren en technische ontwikkelingen in samenhang worden ontworpen. Een participatief systeem wordt gekenmerkt door aandacht voor engagement en empowerment met als tegenhanger vertrouwen en verantwoordelijkheid in genetwerkte omgevingen.

## Gelaagdheid van systemen

Infrastructurele systemen zijn genetwerkte systemen waarin 3 lagen kunnen worden onderscheiden: (1) fysieke laag, (2) communicatielaag en (3) participatielaag, zoals hieronder weergegeven. Self-management vindt plaats binnen elk niveau, en vergt interactie tussen de drie lagen.



AgentScape development cycle for design and development of large-scale distributed systems



De laagste laag bevat de fysieke infrastructuur, het fysieke netwerk: de wegen, de auto's, de windmolens, de sensoren, de bekabeling. De laag waarin het verkeer zichzelf organiseert, windturbines zich voegen naar de wind. De middelste laag bevat self-management door ICT. Coordinatiemechanismen die zorgen voor zelforganisatie van energiegebruik, of zelforganisatie door middel van informatie. De communicatiestructuren, coordinatiemechanismen, informatievoorziening, cyber-security, autonome aanpassingen, automatische onderhandelen, zijn voorbeelden van functionaliteit op dit niveau. De bovenste laag is de laag van participatie, de sociale laag. Hierin vindt de interactie plaats tussen mensen onderling, en ook tussen mensen en het netwerk. Menselijke waarden en normen zijn hier van primair belang. Zaken zoals privacy, reputatie, governance, voorkeuren, informatievoorziening, engagement, empowerment, verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid zijn van essentieel belang.

## De energiemarkt als voorbeeld

Als voorbeeld de energiemarkt. De samenleving is zich steeds meer bewust van het belang van duurzaamheid. Mbv nieuwe vormen van communicatie en coordinatie worden consumenten onderdeel van het energiesysteem.. De rol van consumenten verandert. Zij worden prosumers en zijn zowel producent als consument. Zij organiseren zich, bundelen belangen, onderhandelen met energiebedrijven. De markt verandert. Informatie wordt steeds belangrijker. Nieuwe markten ontstaan. 'Communities' zijn niet noodzakelijkerwijs geografisch bepaald, afstand krijgt een andere betekenis. ICT maakt het mogelijk om afspraken te maken en te effectueren - binnen woningen en bedrijven, maar ook tussen energie communities en leveranciers, over tijd en afstand. 'Loadbalancing' vergt planning - uitvoering vraagt om geavanceerde ICT. Prosumers nemen verantwoordelijkheid voor de wereld waarin zij leven door te handelen in en vanuit een lokale context. Zij ervaren direct de effecten van hun handelen. Zij participeren.

## De technologie, de ICT

De technologie die van belang is in grootschalig genetwerkte gedistribueerde systemen, zoals energie infrastructures, maar ook verkeer, is de laatste decennia sterk in ontwikkeling. 'Self-management', 'self-organisation' en 'self-healing' zijn allen uitdagingen voor ICT. Robustheid en

'containment van failure' is een van deze uitdagingen. Cascadische effecten, bijvoorbeeld, is de focus van een NWO project samen met Rob Kooij (EWI, TUDelft). Welke overlegstructuren werken het beste? Kan er rekening worden gehouden met de gezondheid van het fysieke netwerk? Vragen die rechtstreeks relateren aan verkeersmanagement vraagstukken. Toerekenbaarheid (accountability) is een ander voorbeeld. Vergt automatische onderhandeling, identiteit management, gedistribueerde monitoring, maar ook garanties ten aanzien van privacy. Ook dit zijn voorbeelden van onderwerpen die op dit moment in ons onderzoek aan bod komen. Een leidraad is lokale aggregatie en coordinatie van informatie waarmee global management mogelijk is.

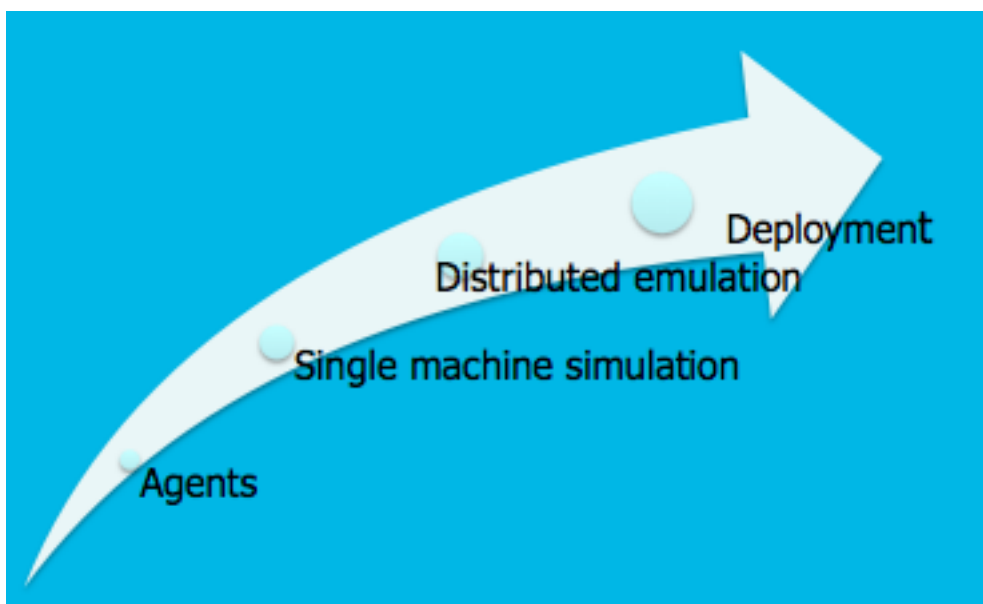
## Hoe?

Het onderzoek naar grootschalig gedistribueerde systemen vergt een gedistribueerde aanpak. Naast literatuuronderzoek, interviews, ... zijn gaming en gedistribueerde simulaties van essentieel belang voor systeemontwerp, evaluatie, menselijke ervaring en training.

Communicatie is asynchron, het gedrag emergent, en events onvoorspelbaar. Communicatie- en coordinatiemechanismen moeten in gedistribueerde omgevingen worden ontwikkeld en geevalueerd.

Effecten van cluster grootte, lokale multi-casting vs broadcasting, volledig gedistribueerd vs semi-gedistribueerd, kunnen in experimentele omgevingen worden geevalueerd.

AgentScape is een multi-agent systeemplatform dat 4 fasen van ontwikkeling ondersteunt: het ontwikkelen van individuele agenten, simulatie op een enkel machine, gedistribueerde emulatie op een groot aantal machines en implementatie in een werkelijke situatie.



**AgentScape**  
development cycle for  
design and  
development of large-  
scale distributed  
systems



# Global management of large scale critical infrastructures based on self-management

Frances Brazier

Analogieën voor Verkeersmanagement, november 2012



# Global management of large scale critical infrastructures based on participation

Frances Brazier

Analogieën voor Verkeersmanagement, november 2012



Participation in social-technical systems, systems that adapt



self-organization based on local  
coördination





# Infrastructural systems





# Requires design based on

- Design for trust:  
social acceptance, transparency, privacy, integrity, security
- Design for autonomy:
- Design for engagement:




# Requires design based on

- Design for trust:  
social acceptance, transparency, security
- Design for autonomy:  
empowerment, self-management and self-regulation
- Design for engagement:



# Requires design based on

- **Design for trust:**  
social acceptance, transparency, security
- **Design for autonomy:**  
empowerment, self-management and self-regulation
- **Design for communication:**  
engagement, presence, enactment



Systems for which different levels of self-organisation and interaction are required within and between layers



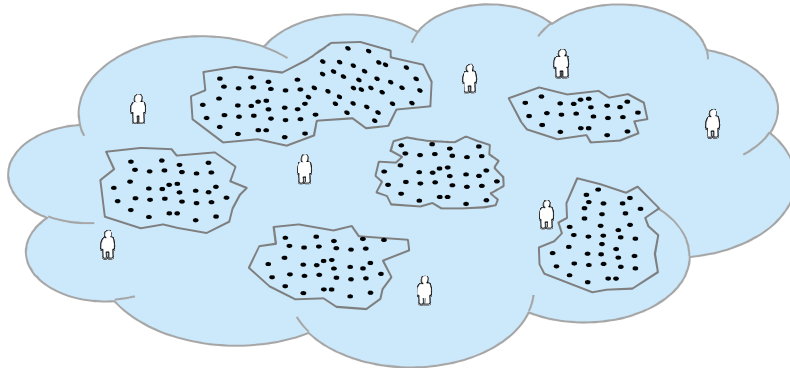
# Which levels

Social layer – participatory layer

Communication layer – ICT

Physical layer





## **Participatory layer**

Social interaction,  
human interaction

## **Communication layer**

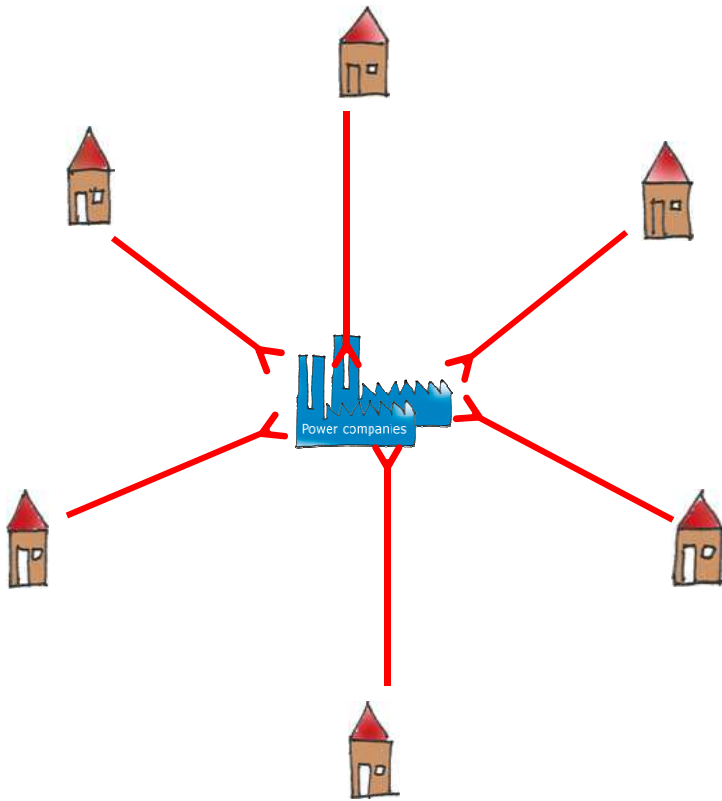
Overlays, clustering  
Virtual organisations

## **Physical layer**

Physical infrastructure

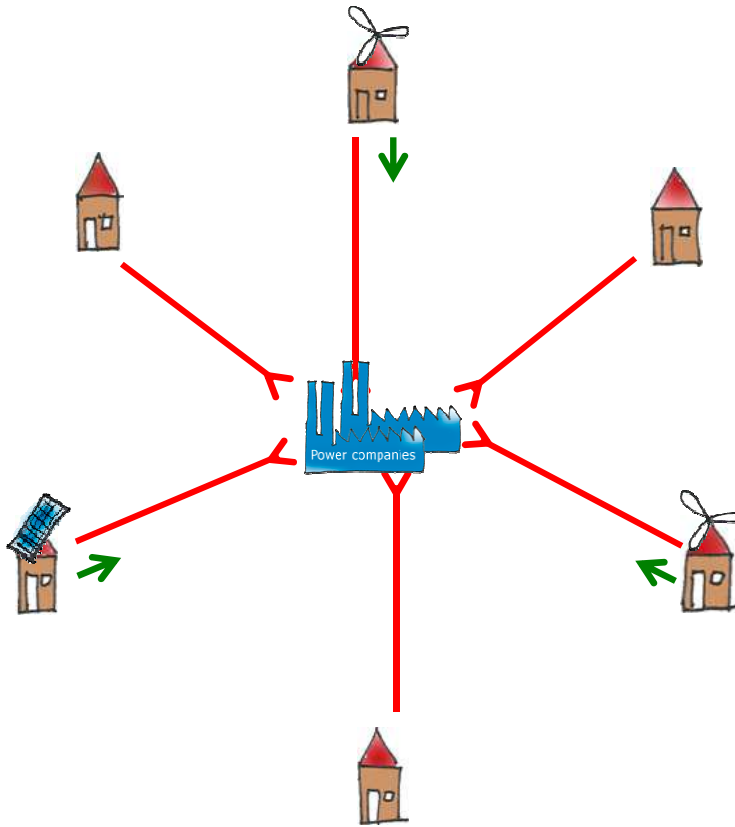


Looking at the energy market

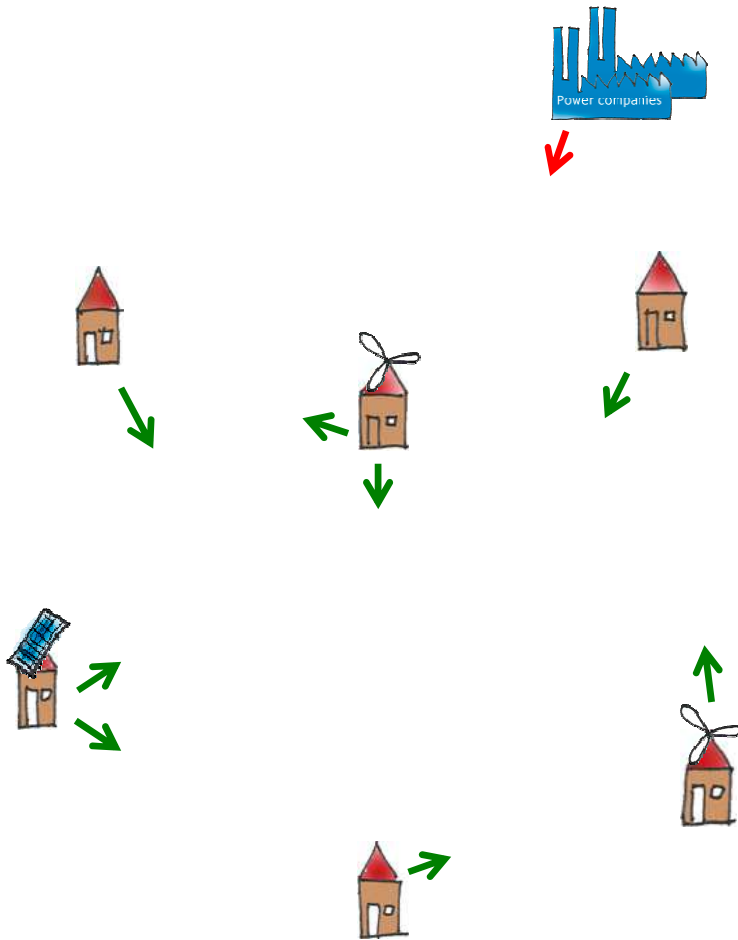


### **Traditional energy market**

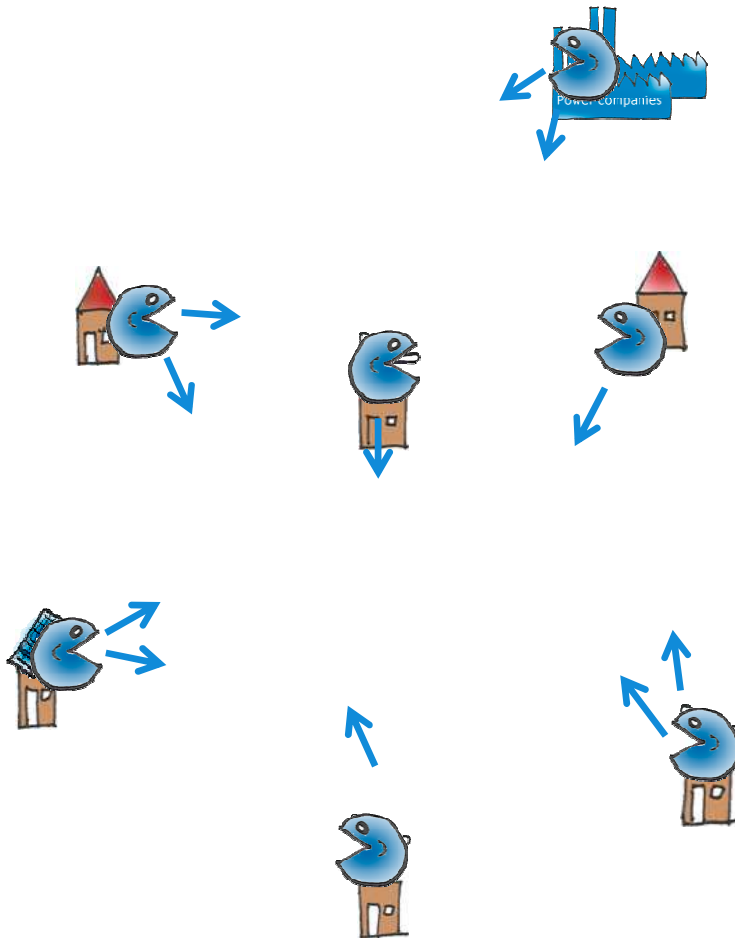
Energy flows one direction from a few big producers to many small consumers (and industries).



- The situation is changing
- Distributed (green) generation  
wind turbines, solar panels, etc.
- Consumer becomes producer.

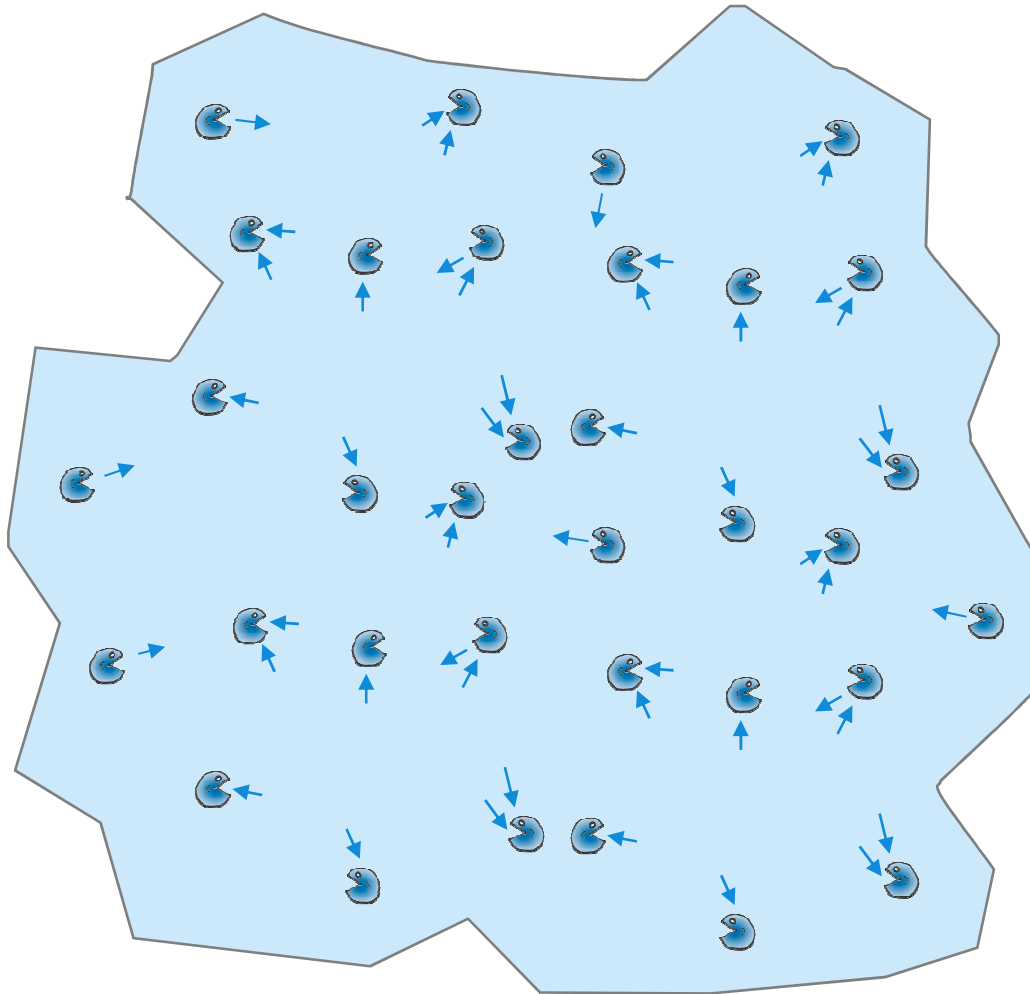


- Role power companies is changing;
- Ability for consumers to sell power to each other.

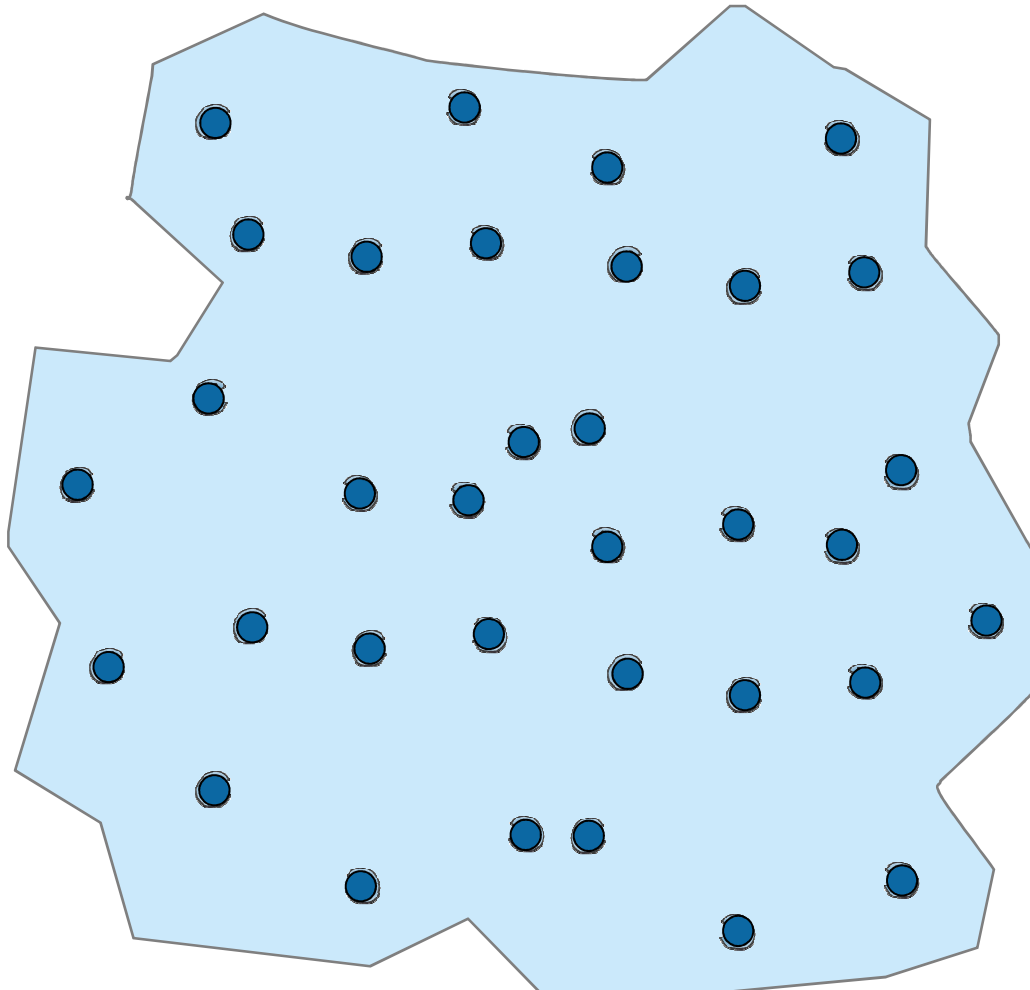


- Each entity is represented by a software agent;
- Agents can operate semi-autonomously to negotiate agreements to buy and sell energy.

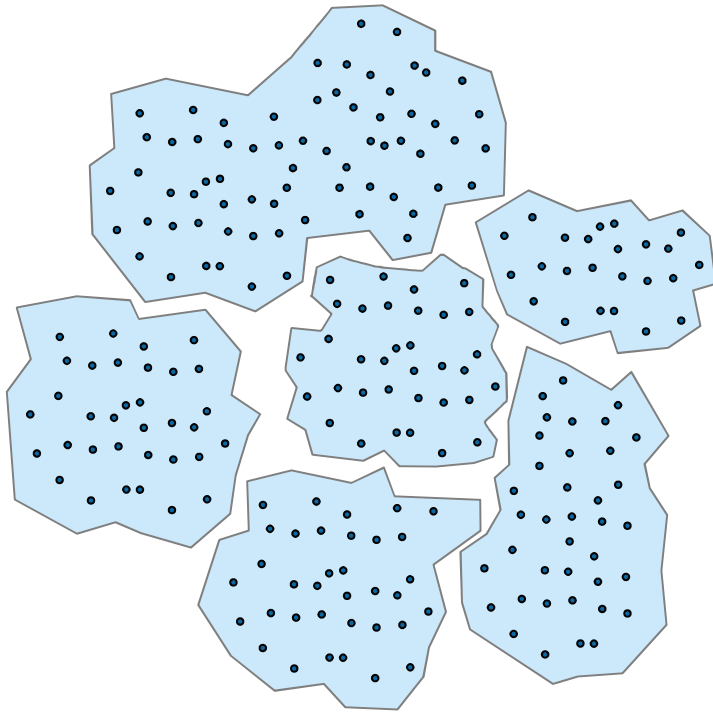




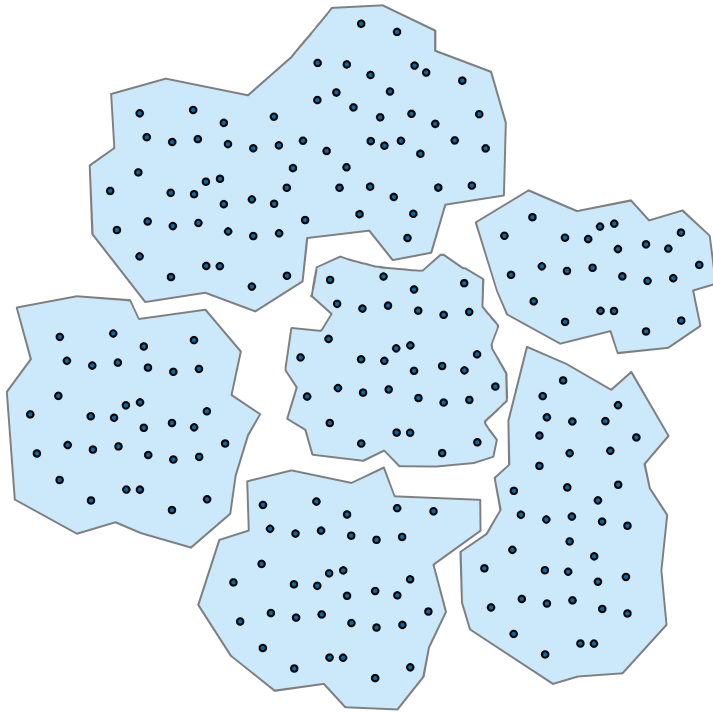
- But the real market is more complicated;
- More agents, more communication.



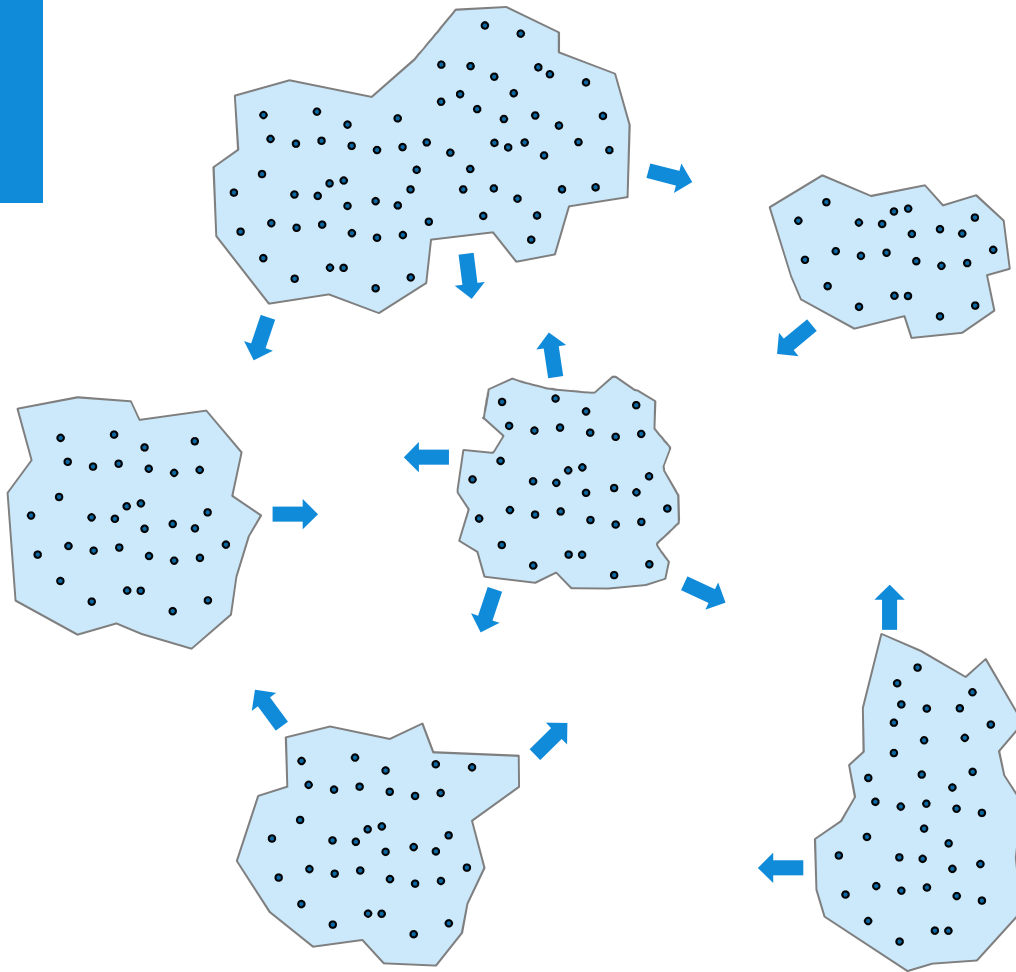
- But the real market is more complicated;
- More agents, more communication.



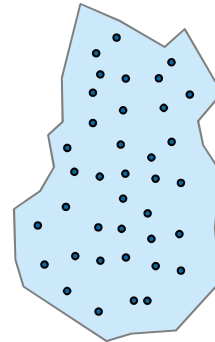
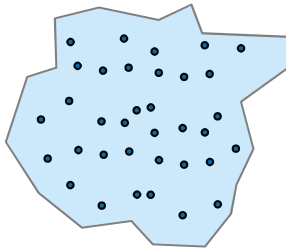
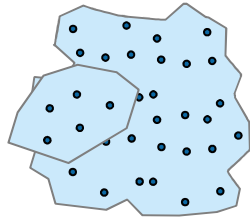
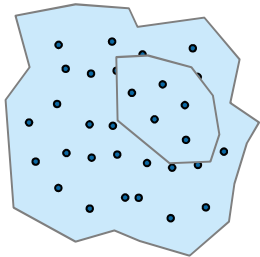
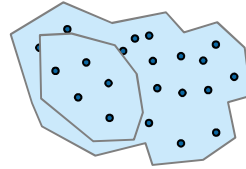
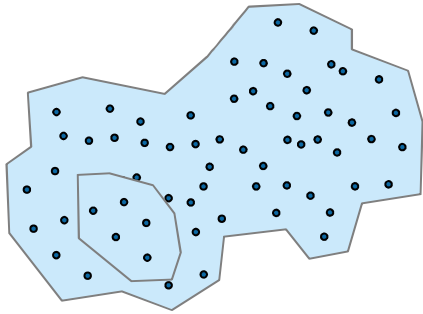
- Smaller dynamic organisations are more effective.



- Organisations acquire autonomy.



- Organisations negotiate with each other.



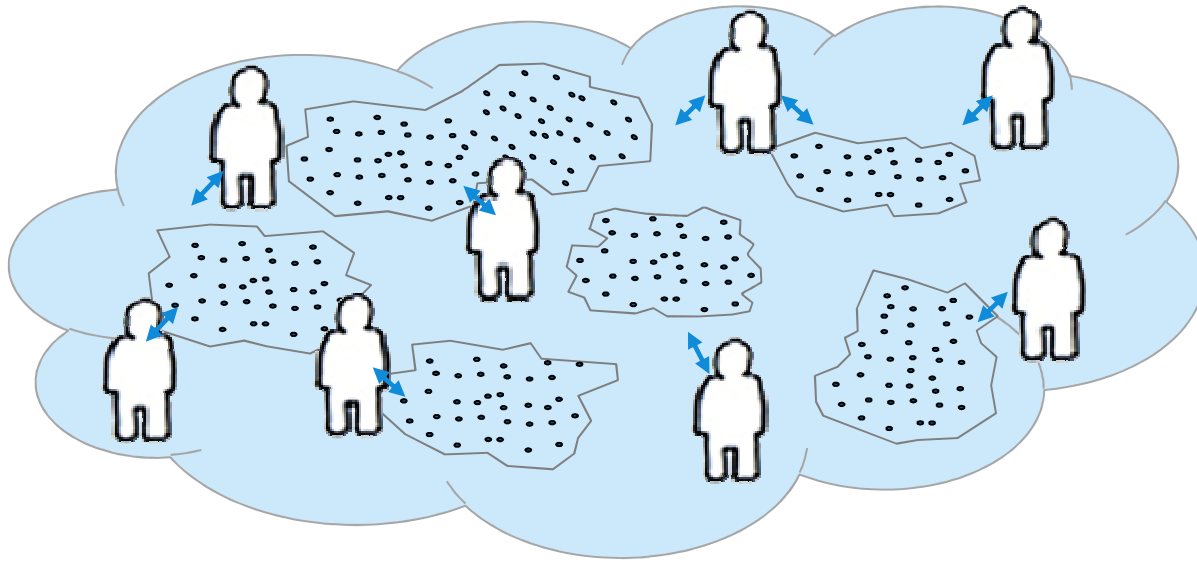
- Organisations negotiate with each other and change

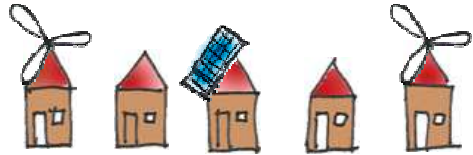
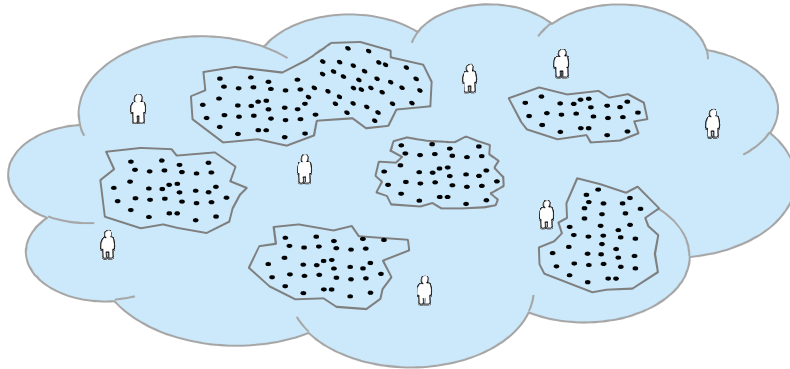




Technological self organisation is a fact.

For citizens to be able  
to take responsibility and to act,  
**to participate,**  
socio-technical self organisation is needed.





## Participatory layer


- user preferences;
- trust;
- reputation;
- policy legislation;
- self management.

## Communication layer

- **Participation**
- negotiation;
- clustering;
- self management;

## Physical layer

- houses, wind turbines;
- power lines;
- solar panels;



Different levels of self-organisation  
Interaction are required within and  
between layers



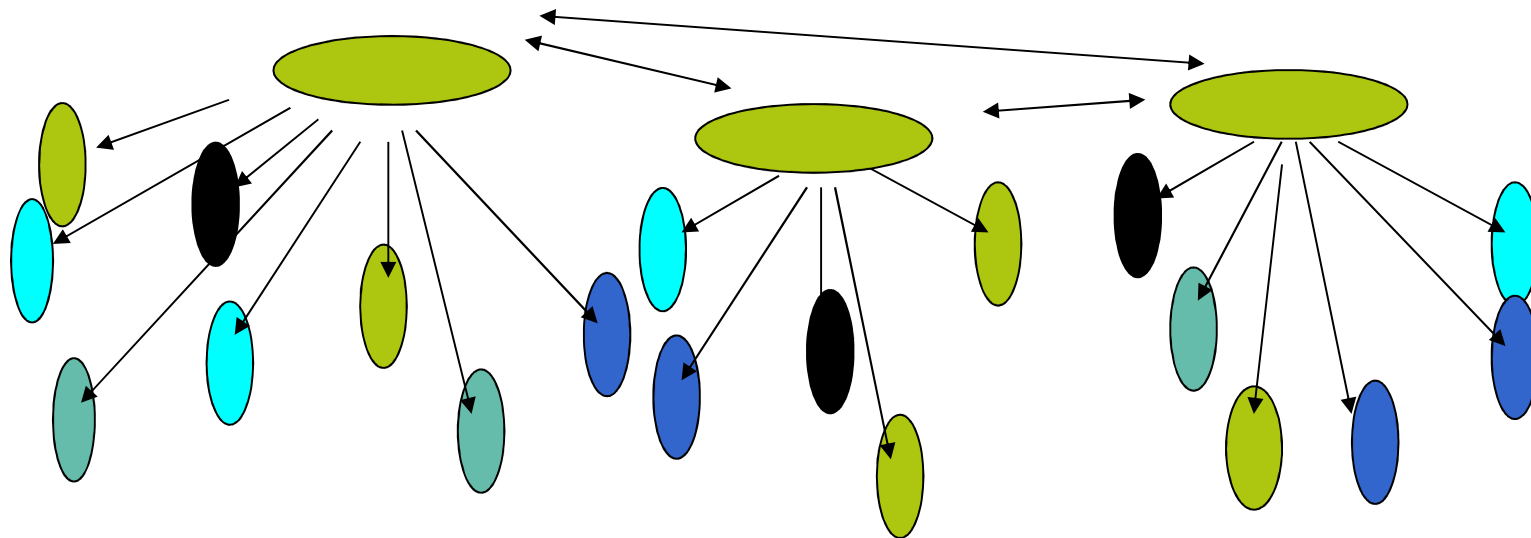
# Focus now on communication level

Structure of a communication network

- dynamic overlay structures within each level
- dynamic interaction between levels

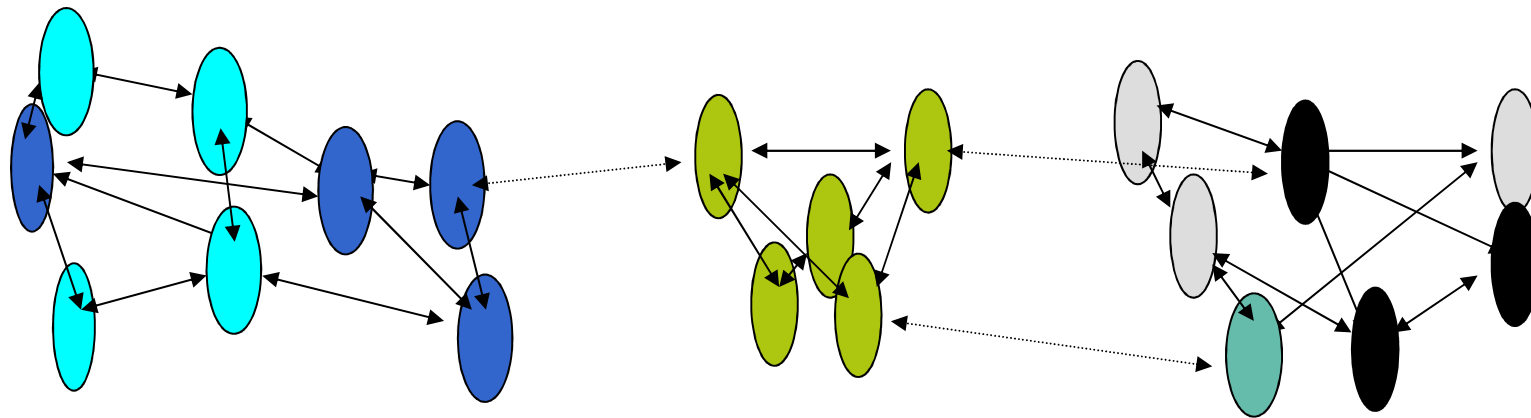
*Eg How structured does a network need to be?*

# Semi-structured communication network

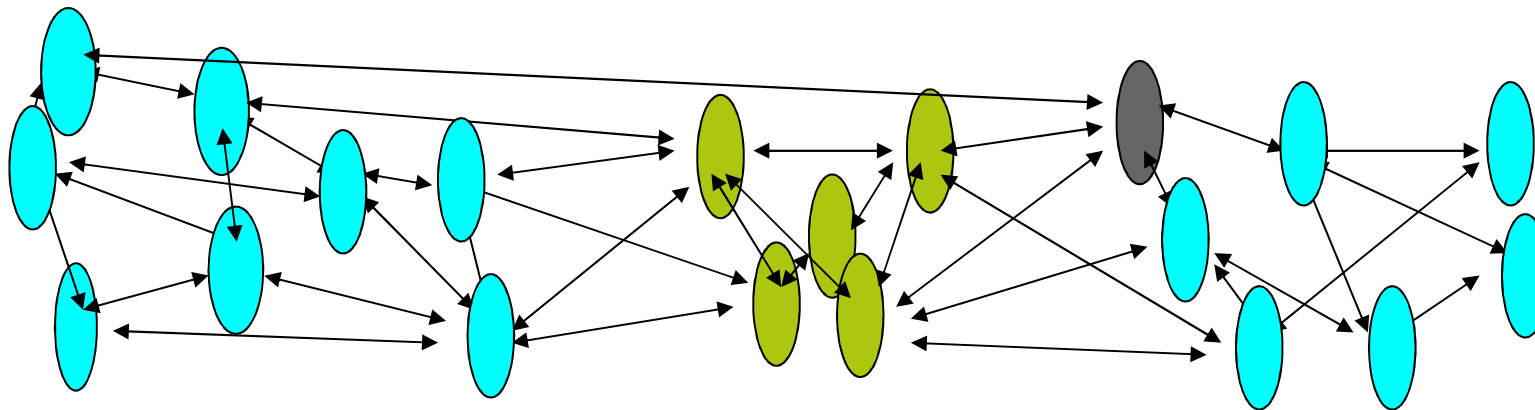




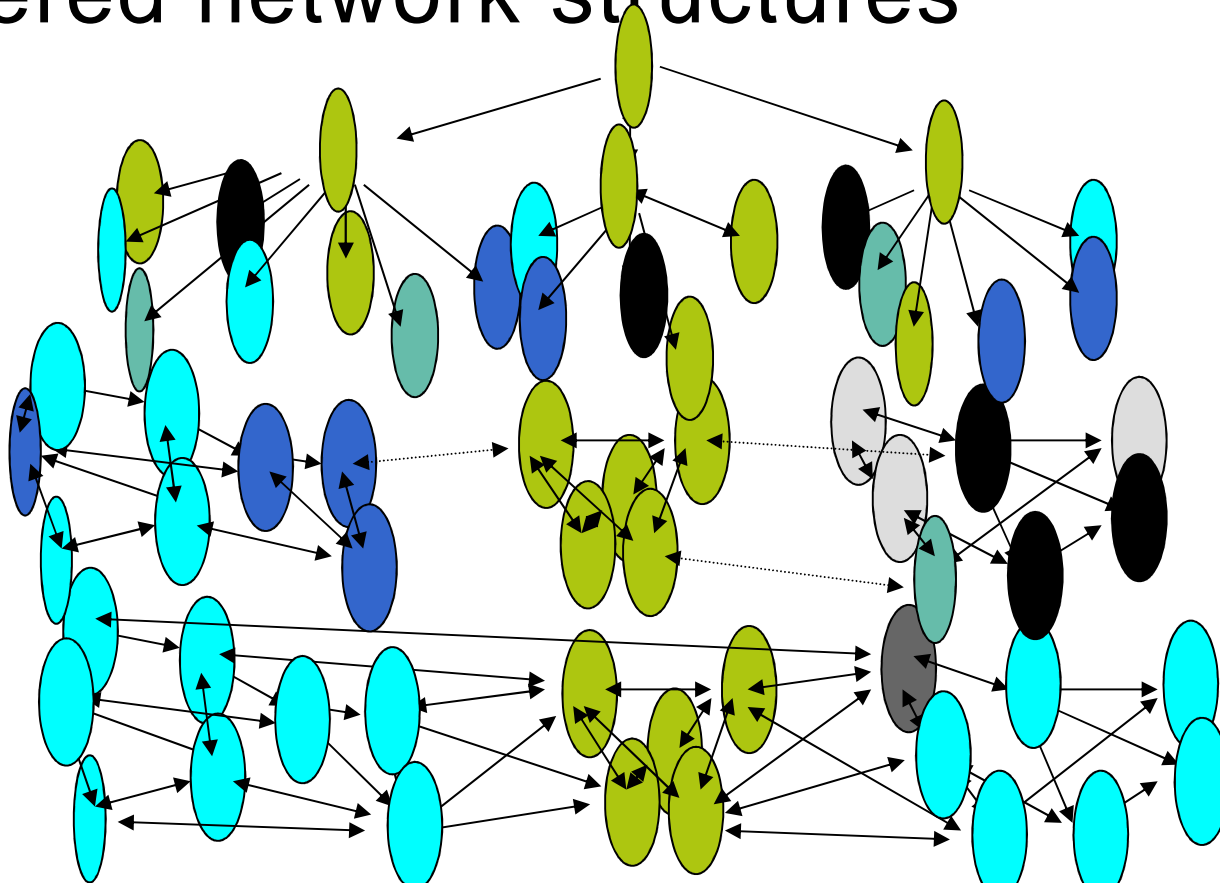
# Decentralised clustered network structure



# unstructured network structures



# layered network structures





# Communication layer - challenges

(Local) aggregation and dissemination of information

Accountability - distributed SLA negotiation, distributed monitoring, identity mgt

Containment – avoiding cascading effects

Security, Robustness, Reliability



# Energy network - security

Self-organisation of energy network on the basis of its physical health, with agents representing physical network – topology, distributed (RobuSmart, NWO)

Securing the European Electricity Supply Against Malicious and accidental thrEats (SESAME, EU)

Self-Managed Dynamic Institutions in Power Grids: Sharing the Cost of Reliability (NGI)



# How?

In addition to literature review, interviews, enquetes, ....





# Gaming

Exploration - emergent behaviour, insights, effects of design choices

Situational awareness - how, what, why

(Training)



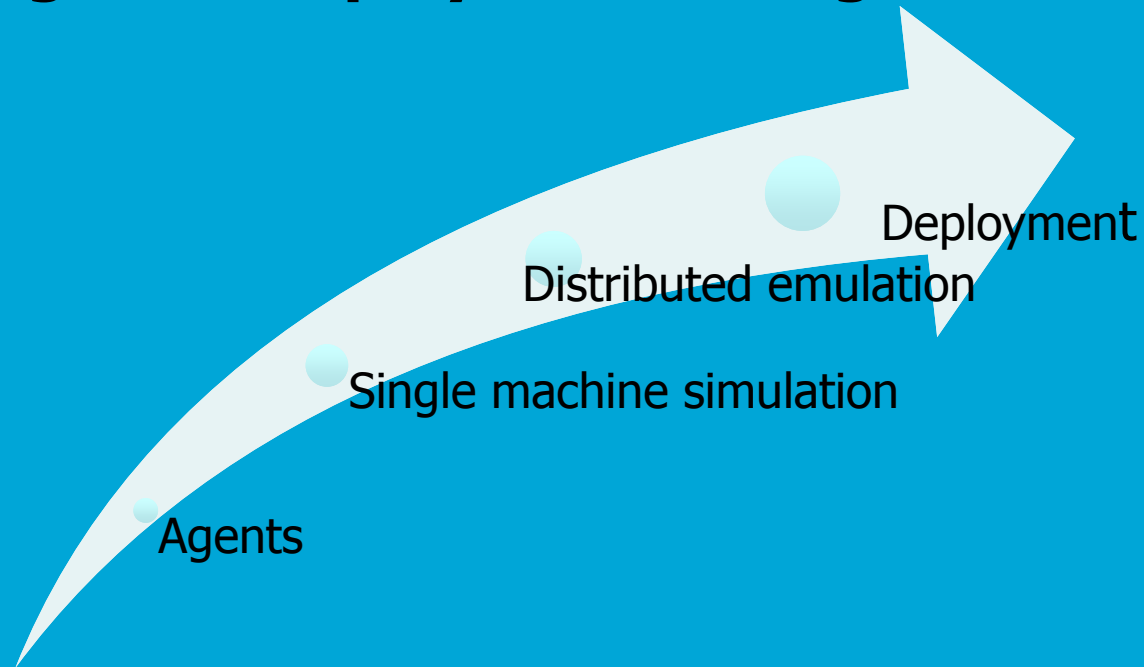
# Simulation and Emulation

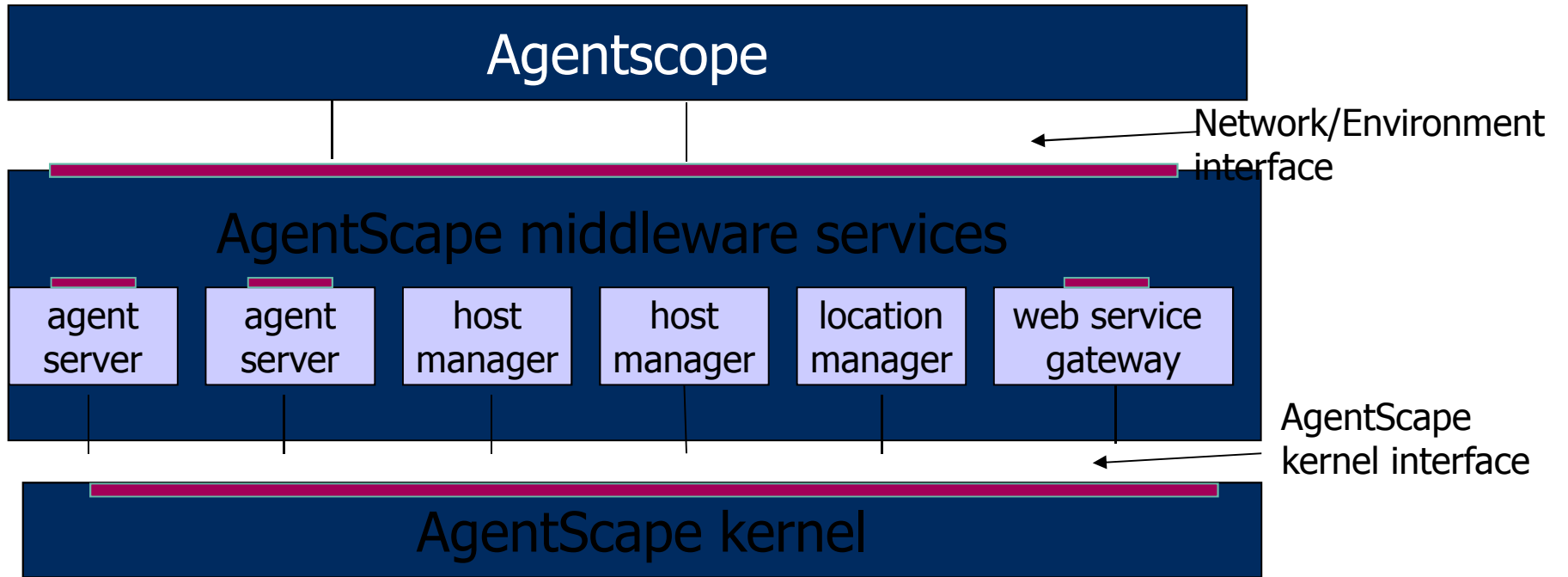
Study system behaviour during different phases of system design, what-if, ...

Explore different design choices

- Fully distributed vs central vs semi-distributed
- One-one negotiation vs broadcasting vs multi-casting
- Cluster size

# AgentScape: designed to support 4 phases of design and deployment of large scale MAS







Thank you for your attention!

For more information: [www.participatorysystems.org](http://www.participatorysystems.org)

**TU Delft** Delft University of Technology

# PARTICIPATORY SYSTEMS

ABOUT NEWS PEOPLE BIOMODD PROJECTS PUBLICATIONS

## ABOUT

The Participatory Systems initiative is headed by prof. dr. Frances Brazier. The initiative is part of the [Systems Engineering Section](#) at the [Faculty of Technology Policy and Management](#) at the [Delft University of Technology](#).

### RESEARCH FOCUS

The Participatory Systems Initiative brings together inspired researchers, artists and practitioners, professional and novice, who have realised the need for a new design paradigm in today's networked society. A design paradigm for socio-technical ecological systems that enable and support participation in today's changing organisations and society. The leading design principles are:

- design for trust: social acceptance, transparency, security
- design for autonomy: empowerment, self-management and self-regulation
- design for human-system interaction: engagement and collaboration

Search

#### LINKS

- [AgentScape](#)
- [Biomodd](#)
- [Faculty of Technology, Policy, Management, Systems Engineering](#)
- [TU Delft](#)
- [Witnessed Presence](#)

©2011 - PARTICIPATORY SYSTEMS TU DELFT

Design: Cok Francken



# Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 2012

Rob Kooij  
*22 November 2012*

1

# November 1974



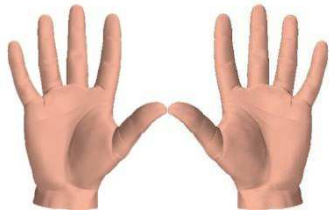
# November 1974



› paal door midden



› door net heen



› keeper bewusteloos



## Kwaliteit ICT Netwerken: 2 perspectieven

- Kan ICT netwerk omgaan met uitval/aanval/overbelasting?
  - Robuustheid van ICT netwerken
- Als het ICT netwerk werkt, hoe goed zijn de diensten?
  - Quality of Experience voor ICT netwerken

# Belang robuuste ICT

- Maatschappij: steeds afhankelijker van ICT netwerken
- Verstoring ICT netwerk kan ernstige gevolgen hebben





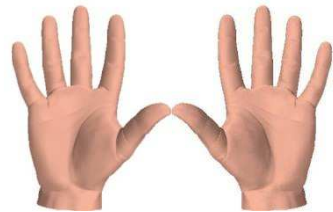
# Aantal "slachtoffers"?



› 0,75 miljoen

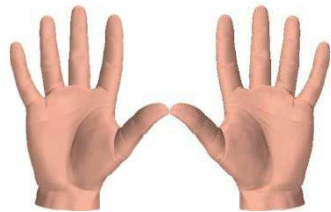


› 1 miljoen



› 1,25 miljoen

# Aantal "slachtoffers"?



› 1,25 miljoen

# Belang robuuste ICT



**North American  
blackout**

# Belang robuuste ICT

• 7 september 2012, 10:38

ProRail start procedure tegen Staat wegens  
verstoringen netwerk

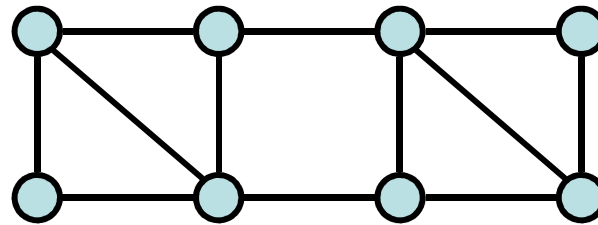
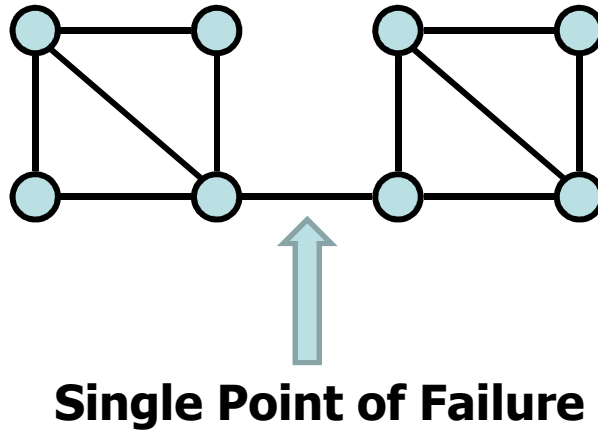


Foto NRC / Arjan de Jongh

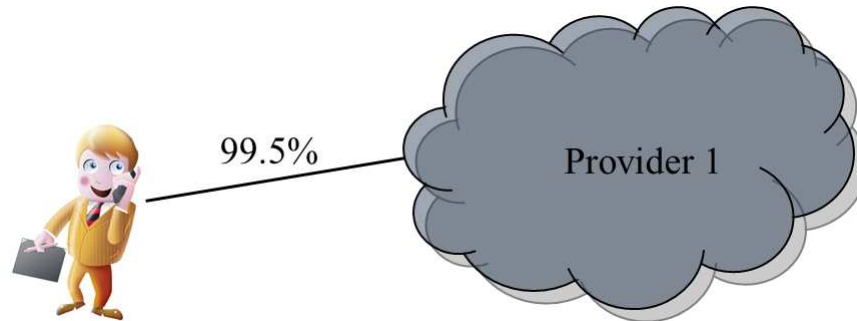
# Robuustheid

- ICT Netwerken dienen voldoende robuust te zijn
- Robuustheid: mate waarin in een netwerk om kan gaan met verstoringen
- Focus: kwantificeren robuustheid (modelering/simulatie)

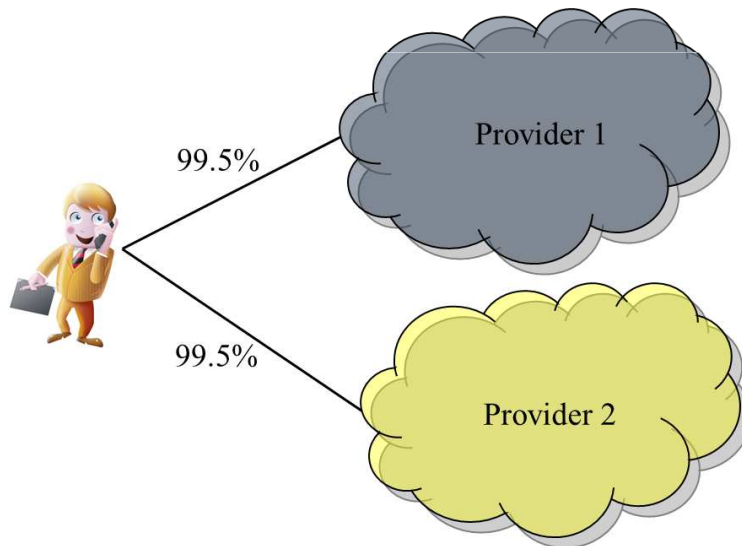
# Robuustheid: design principle



# Robuustheid: design principle



3.7 uur onbeschikbaar per maand





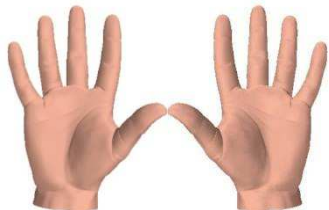
# Onbeschikbaarheid per maand voor scenario 2?



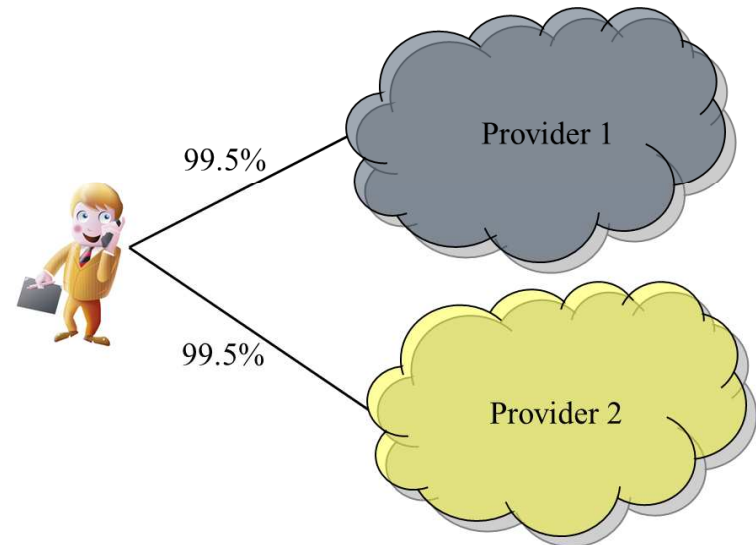
› 0,1 minuut



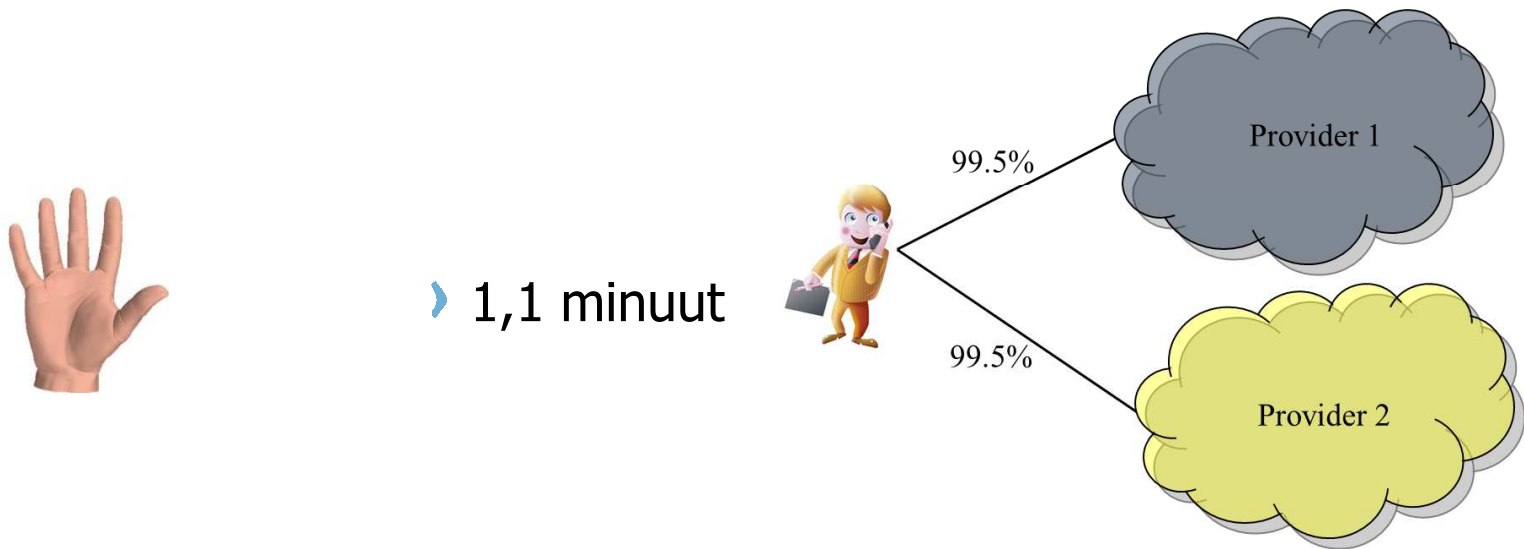
› 1,1 minuut



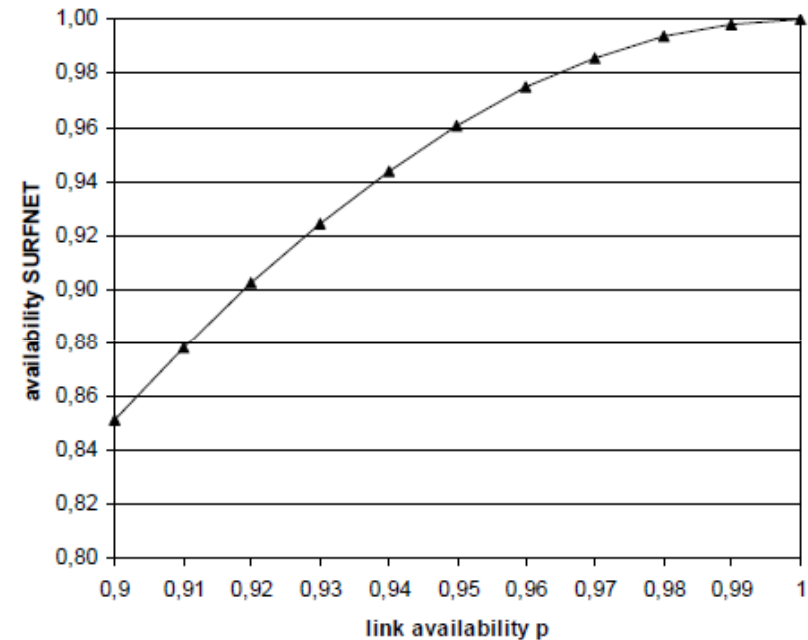
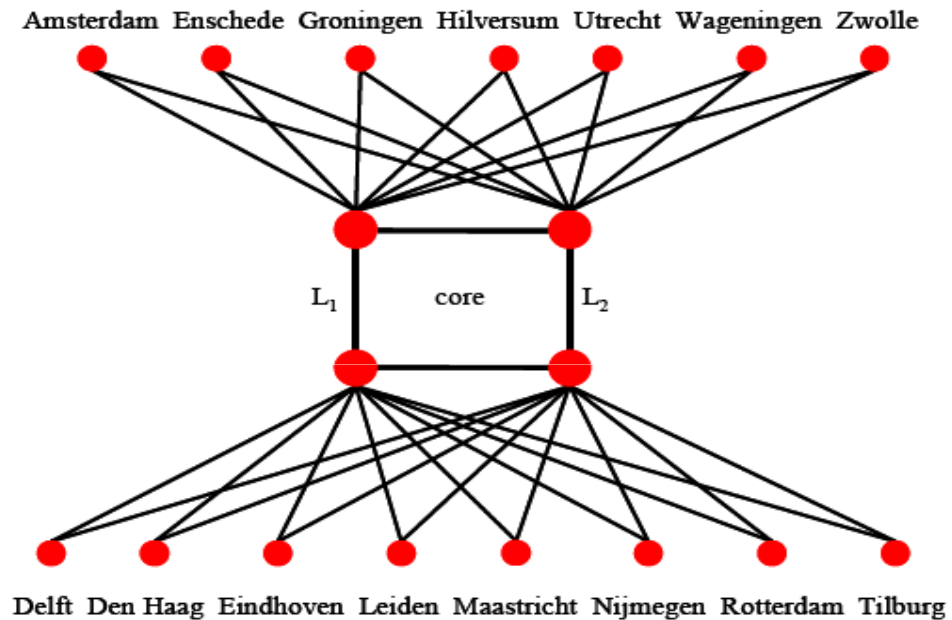
› 11 minuten



# Onbeschikbaarheid per maand voor scenario 2?



# Robuustheid: voorbeeld 1



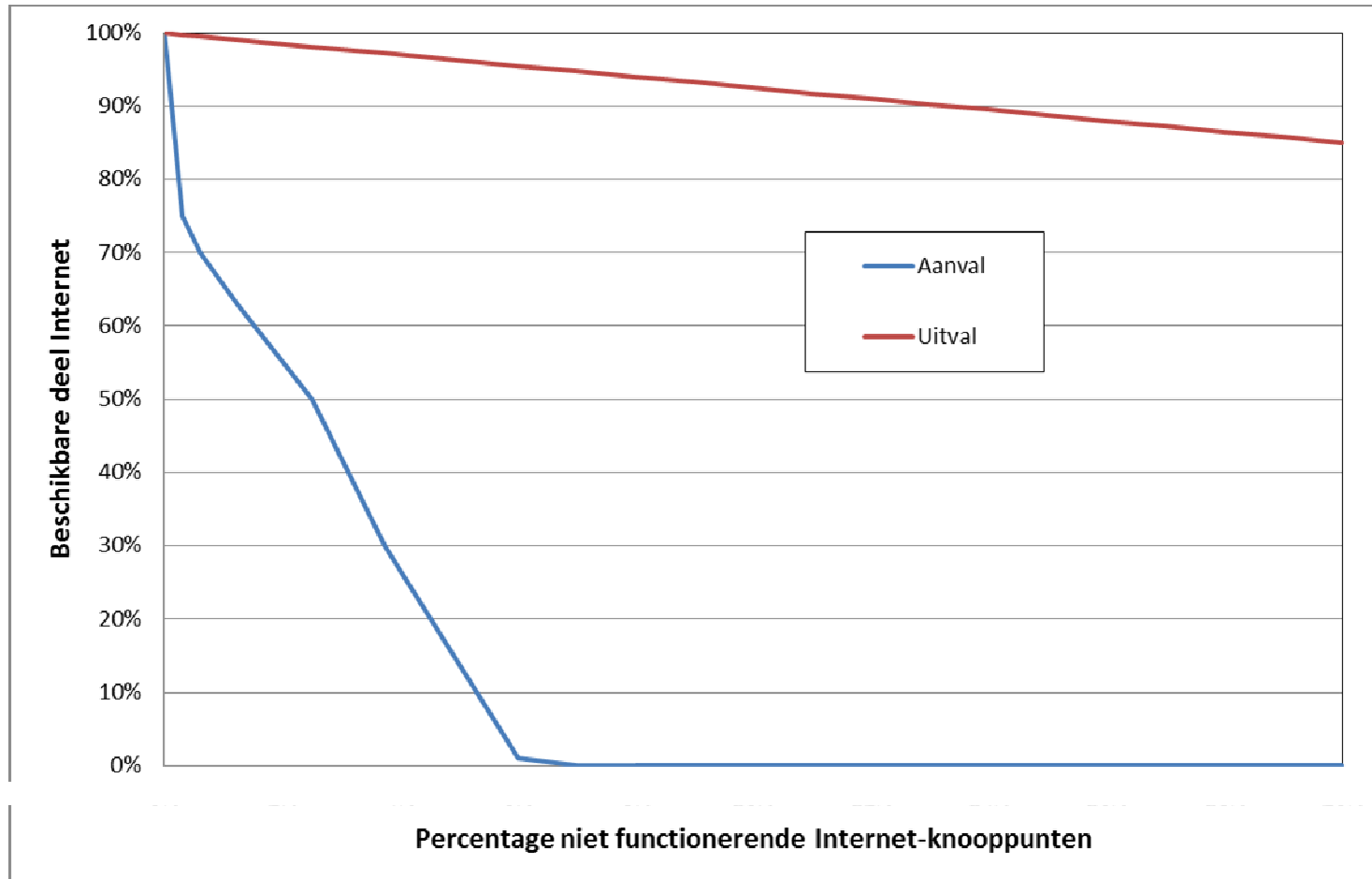
- Kans dat netwerk beschikbaar is

## Robuustheid: voorbeeld 2



- Welk gedeelte Internet is beschikbaar bij verstoringen?

# Robuustheid: voorbeeld 2



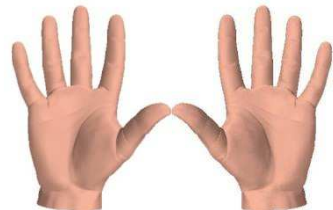
# Bij welk percentage “aangevallen knooppunten” desintegreert het complete Internet?



› 6%



› 16%



› 60%

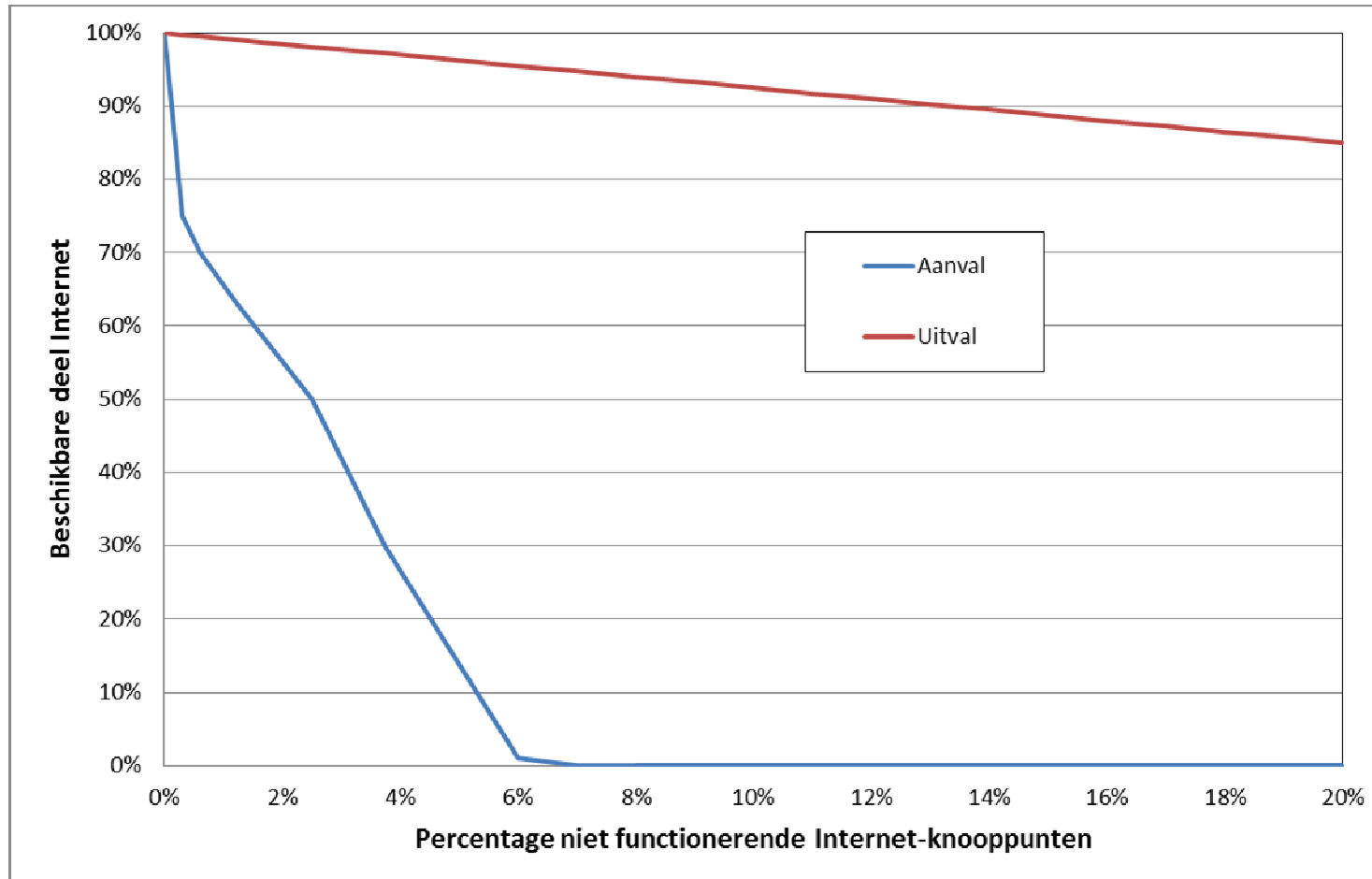
# Bij welk percentage “aangevallen knooppunten” desintegreert het complete Internet?



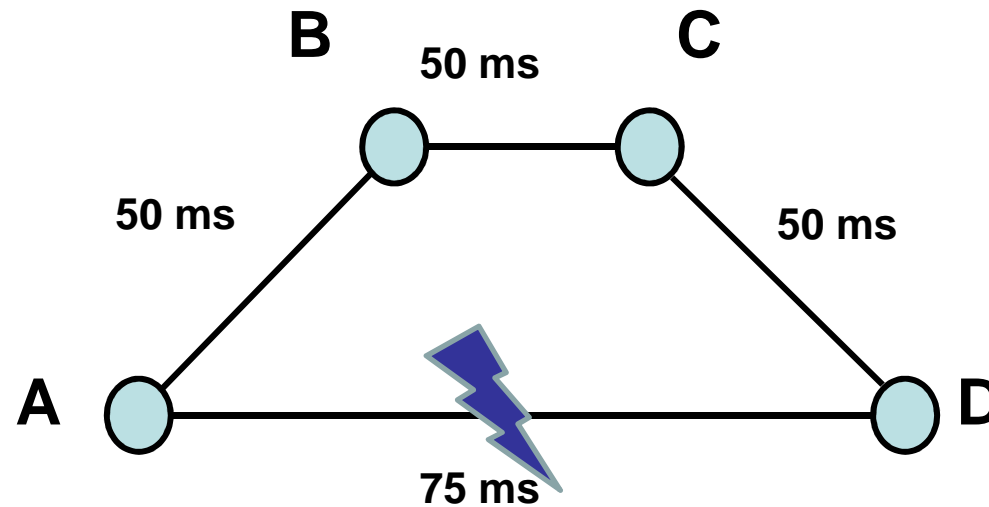
› 6%



# Robuustheid: voorbeeld 2



# Service robuustheid



Stel service eis: vertraging tussen A en D kleiner dan 100 ms

Service robuustheid < netwerk robuustheid

# Wrap-up

- ICT netwerken dienen robuust te zijn
- Rekenen aan ICT robuustheid is uitdagend
- Service robuustheid < netwerk robuustheid
- Laten we samenwerken!

# Shoot-out



2003



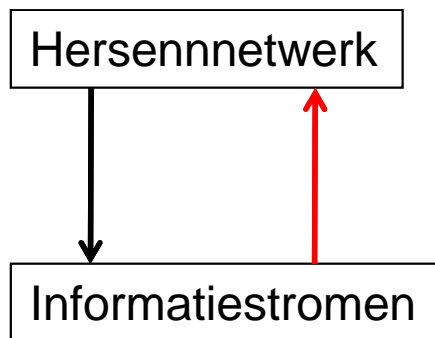
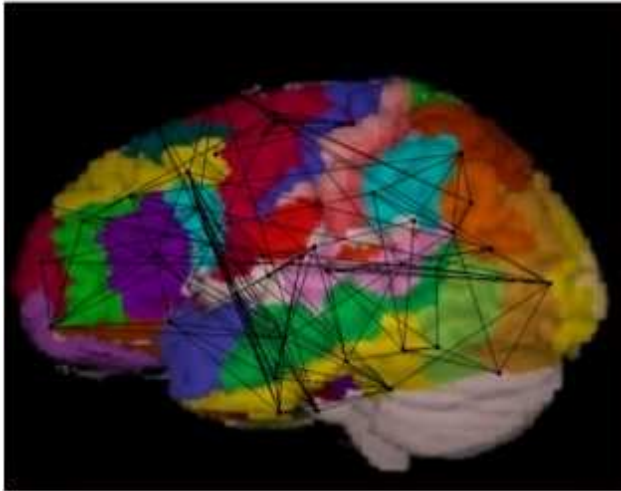
# Zijn hersennetwerken robuust?

CVS  
Amsterdam, 22 november 2012

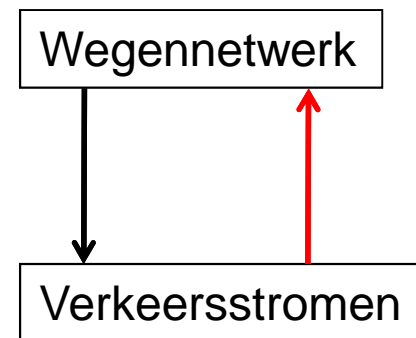
C.J. Stam  
Afdeling  
Klinische Neurofysiologie  
VUmc



## Hersenen



## Verkeer



# Graaftheorie: de bouwstenen van complexe netwerken

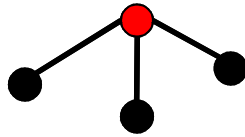
vertex



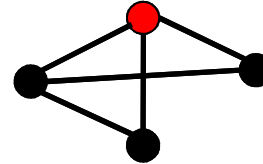
edge



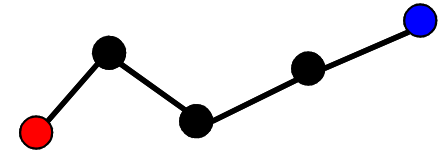
graad



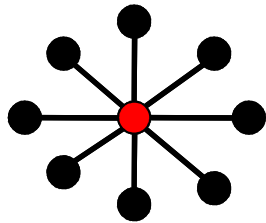
Clustering



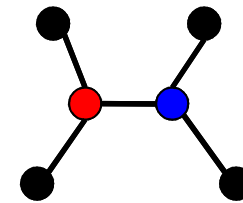
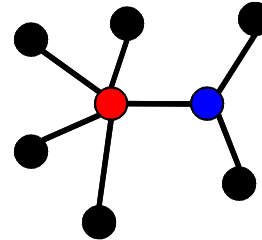
Korste pad



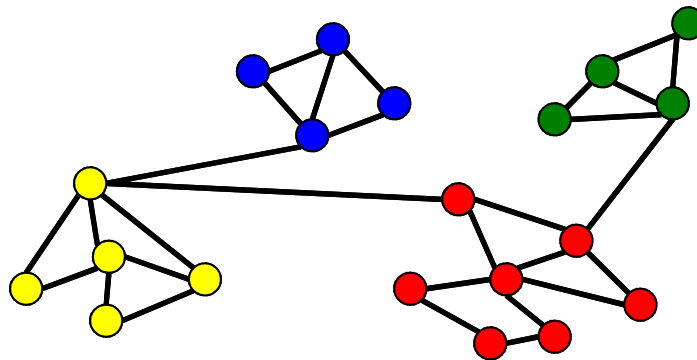
Betweenness centrality



graad correlatie



Modulariteit

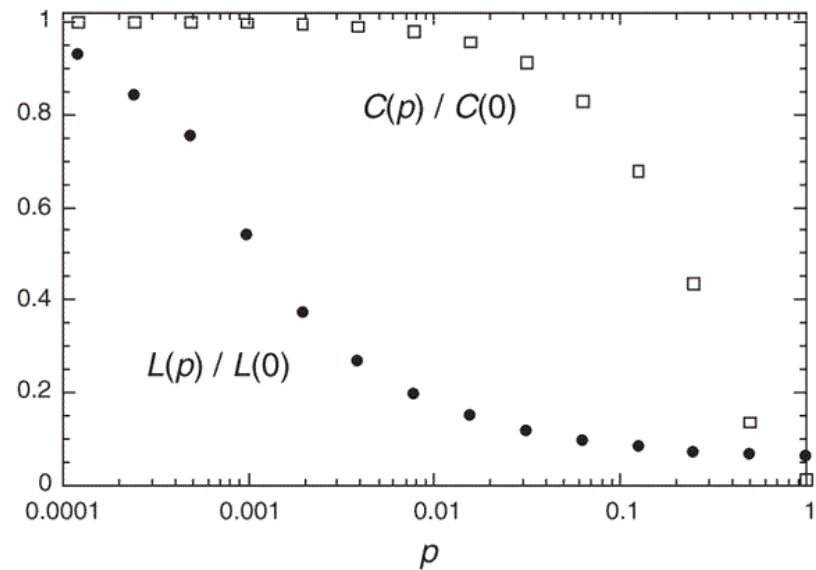
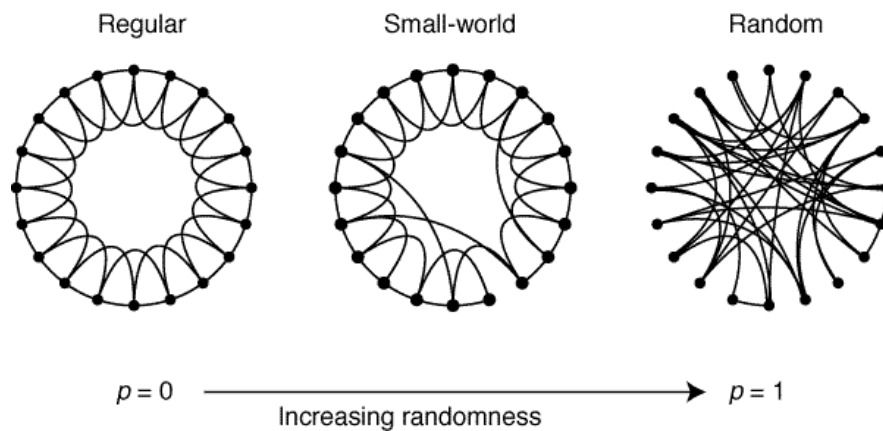




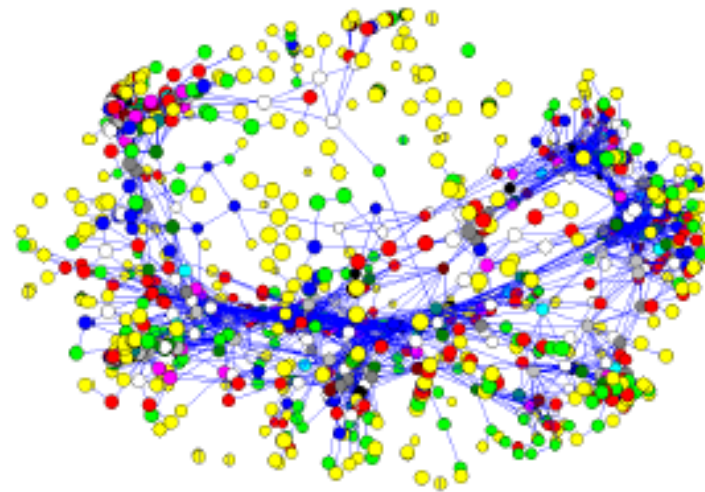
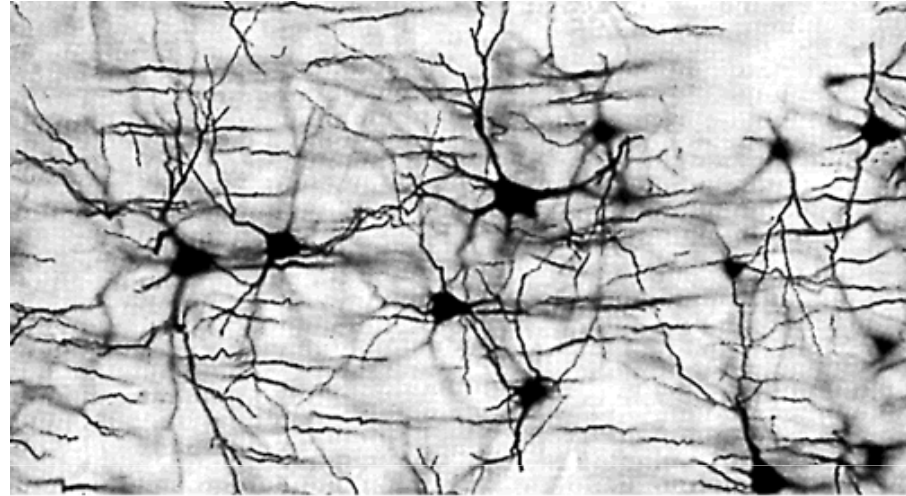
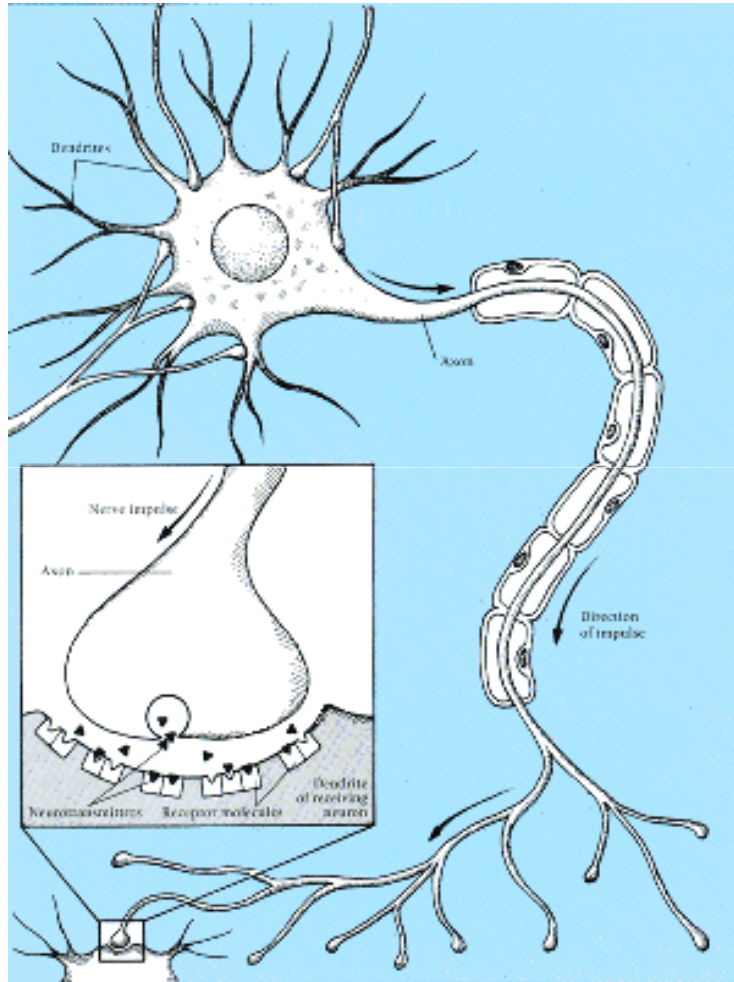
# Collective dynamics of 'small-world' networks

Duncan J. Watts\* & Steven H. Strogatz

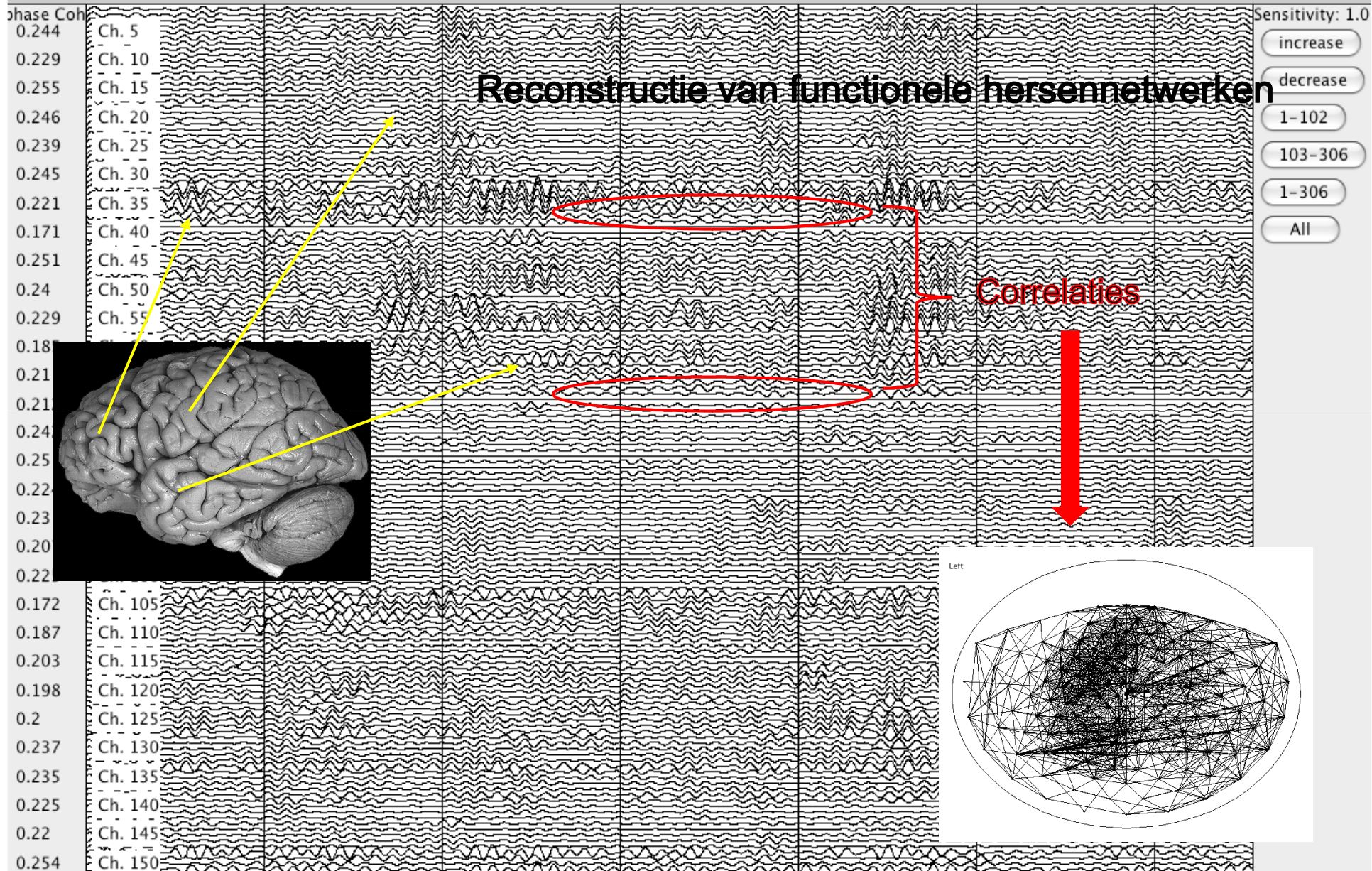
*Department of Theoretical and Applied Mechanics, Kimball Hall,  
Cornell University, Ithaca, New York 14853, USA*



# De hersenen: van zenuwcel naar netwerk







## Scale-free brain functional networks

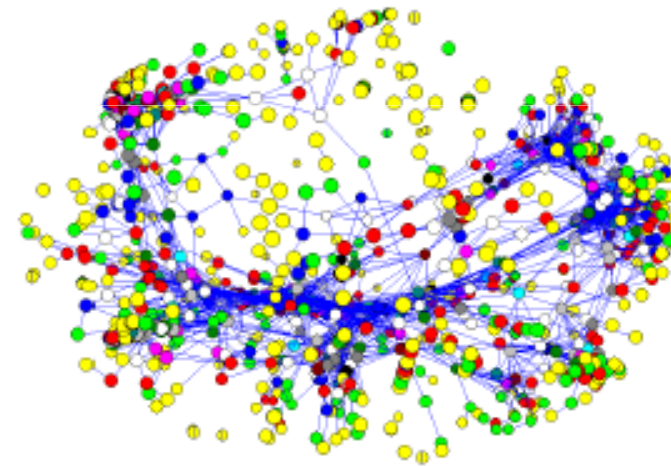
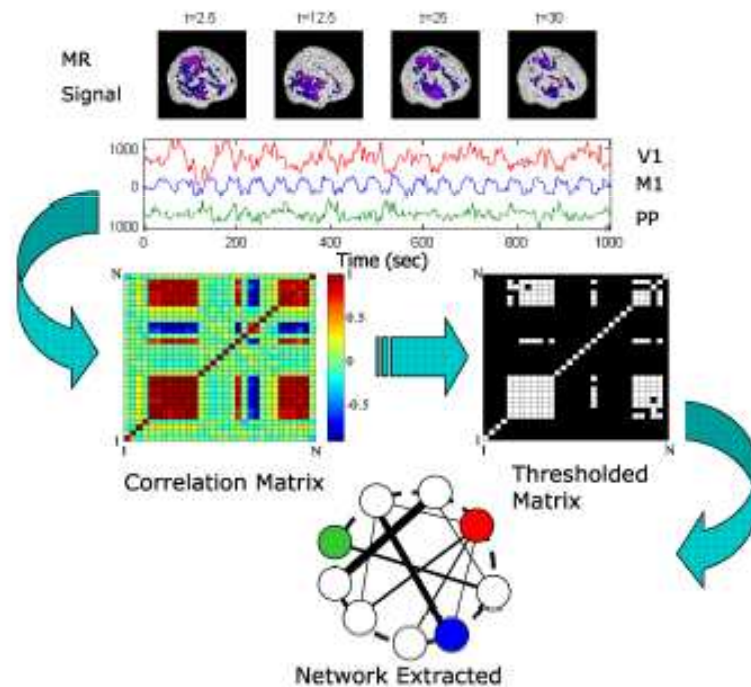
Victor M. Eguíluz,<sup>1</sup> Dante R. Chialvo,<sup>2</sup> Guillermo Cecchi,<sup>3</sup> Marwan Baliki,<sup>2</sup> and A. Vania Apkarian<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados, IMEDEA (CSIC-UIB), E07122 Palma de Mallorca, Spain*

<sup>2</sup>*Department of Physiology, Northwestern University, Chicago, Illinois, 60611, USA.*

<sup>3</sup>*IBM T.J. Watson Research Center, 1101 Kitchawan Rd., Yorktown Heights, NY 10598, USA.*

(Dated: January 14, 2004)



Hoge clustering + korte padlengte  
=  
“small-world” netwerk

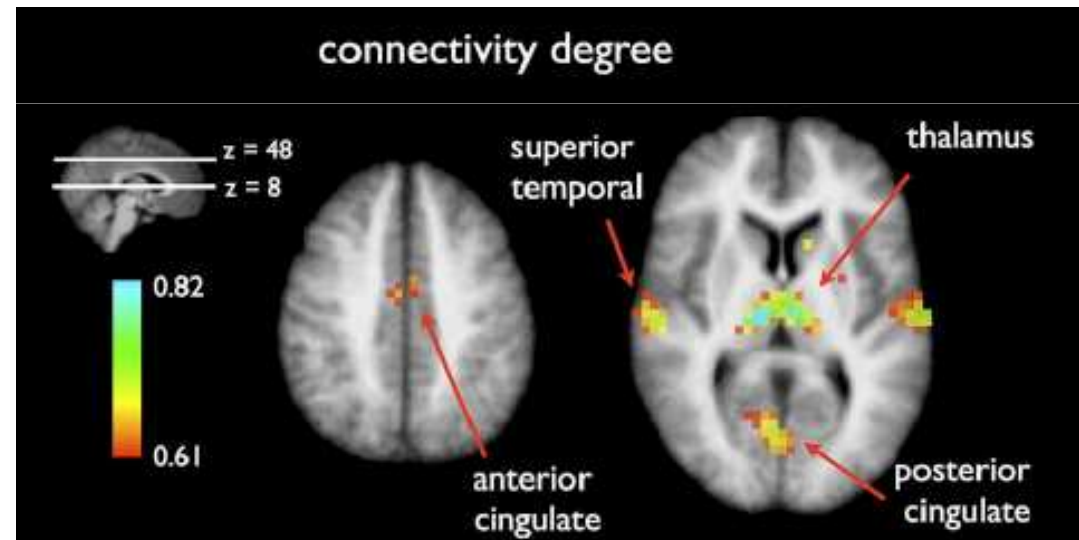
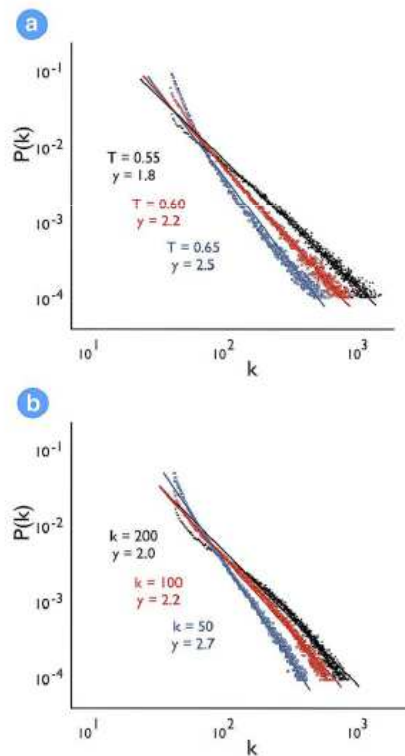


# Small-world and scale-free organization of voxel-based resting-state functional connectivity in the human brain

M.P. van den Heuvel<sup>a,\*</sup>, C.J. Stam<sup>b</sup>, M. Boersma<sup>b</sup>, H.E. Hulshoff Pol<sup>a</sup>

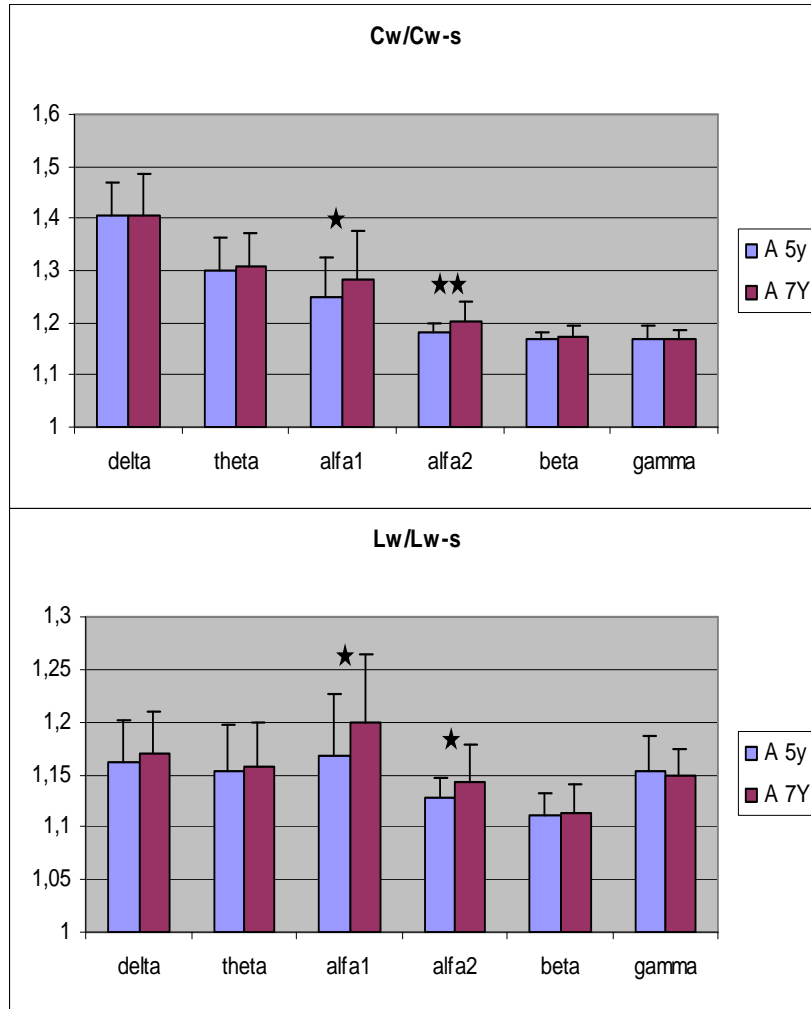
<sup>a</sup> Rudolf Magnus Institute of Neuroscience, University Medical Center Utrecht, Department of psychiatry, Utrecht, The Netherlands

<sup>b</sup> Institute for Clinical and Experimental Neurosciences, Department of Clinical Neurophysiology, VU University Medical Center, Amsterdam, The Netherlands

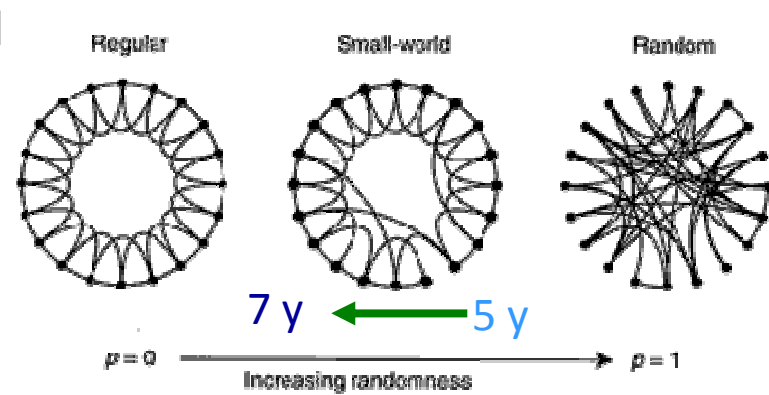
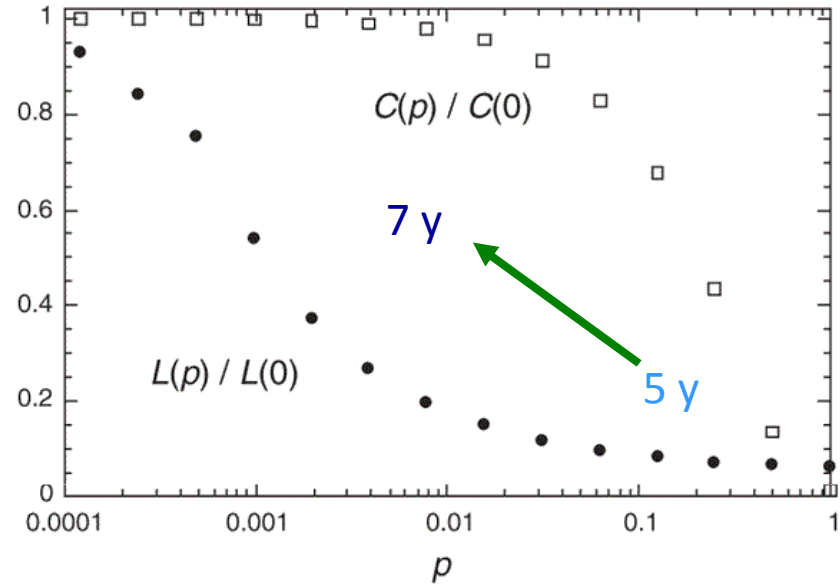


Hubs: “verkeersknooppunten” in hersennetwerken

# Ontwikkeling van hersennetwerken: van random naar “small-world”



(\* p<.05 \*\* p<.01)



## Heritability of “Small-World” Networks in the Brain: A Graph Theoretical Analysis of Resting-State EEG Functional Connectivity

Dirk J. A. Smit,<sup>1\*</sup> Cornelis J. Stam,<sup>2</sup> Danielle Posthuma,<sup>1</sup>  
Dorret I. Boomsma,<sup>1</sup> and Eco J. C. de Geus<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Department of Biological Psychology, VU University Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands*

<sup>2</sup>*Department of Clinical Neurophysiology, VU University Medical Center*

46-89% van individuele verschillen in clustering coefficient C en 37-62% van individuele verschillen in padlengte L zijn erfelijk

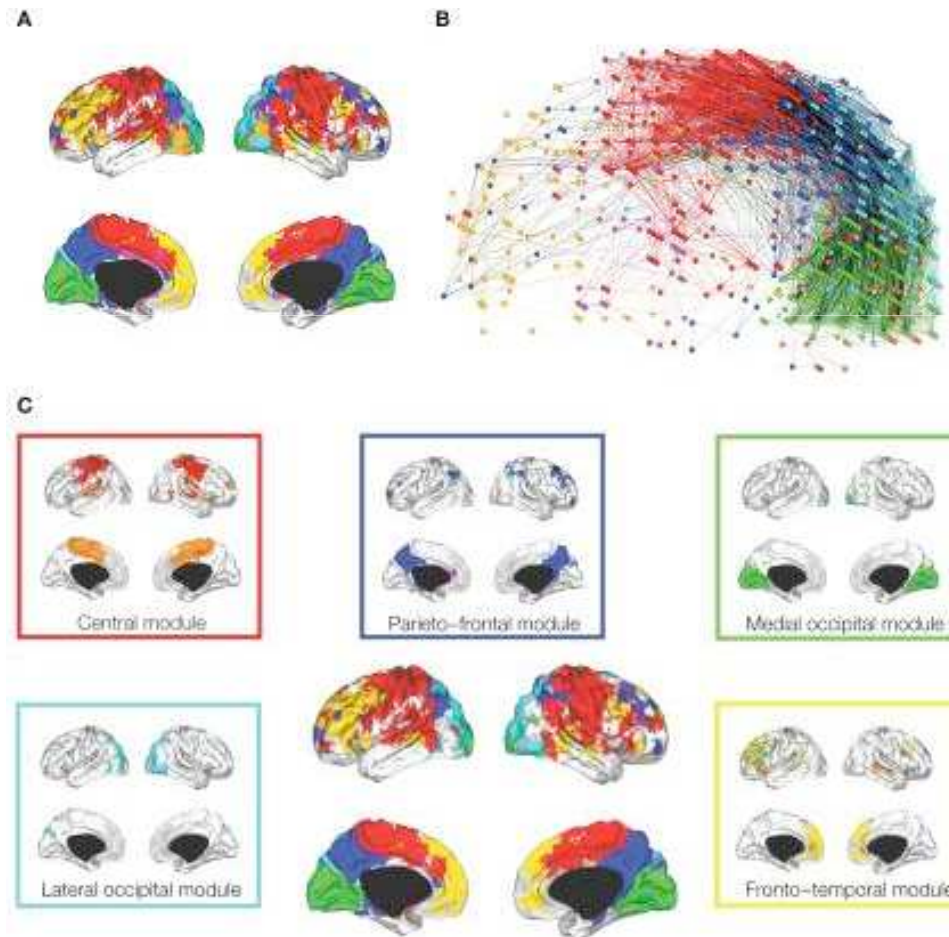
-C,L en een ‘small-world’ organisatie zijn valide markers van genetische verschillen in hersennetwerk organisatie



# Modular and hierarchically modular organization of brain networks

*David Meunier<sup>1†</sup>, Renaud Lambiotte<sup>2†</sup> and Edward T. Bullmore<sup>3\*</sup>*

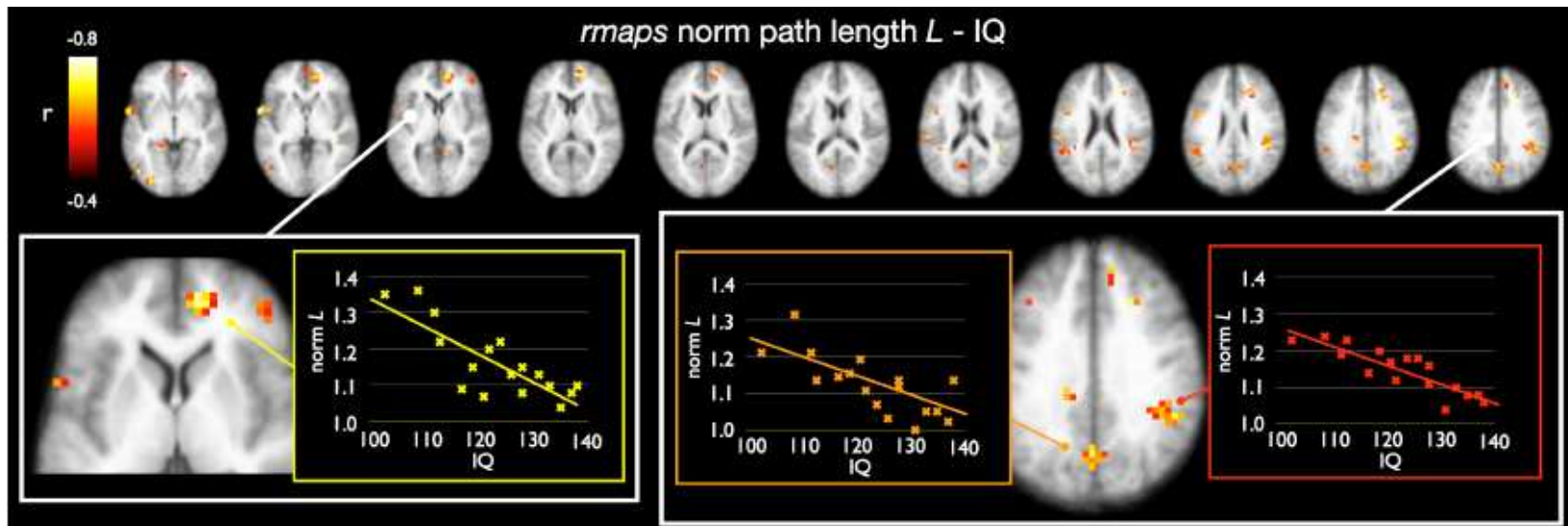
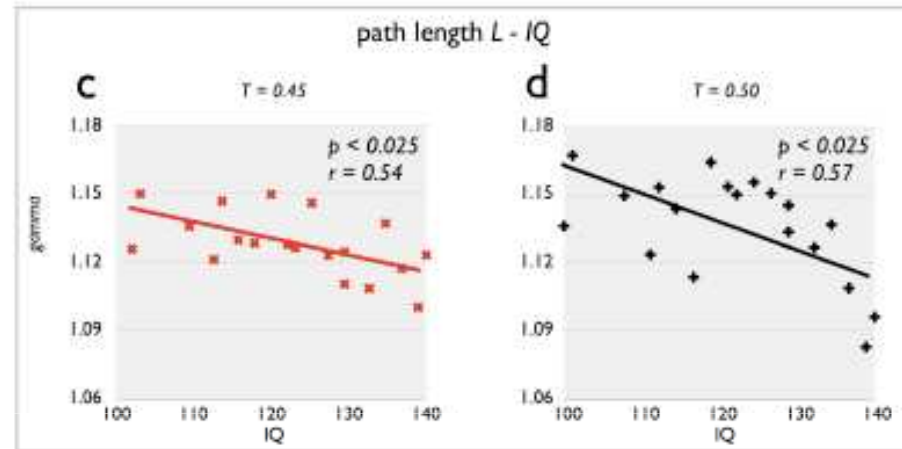
Frontiers in Neuroscience, 2010



# Efficiency of functional brain networks and intellectual performance

M.P. van den Heuvel, C.J. Stam, R.S. Kahn, H.E. Hulshoff Pol

J Neurosci. 2009 Jun 10;29(23):7619-24.



## Eigenschappen van gezonde hersennetwerken:

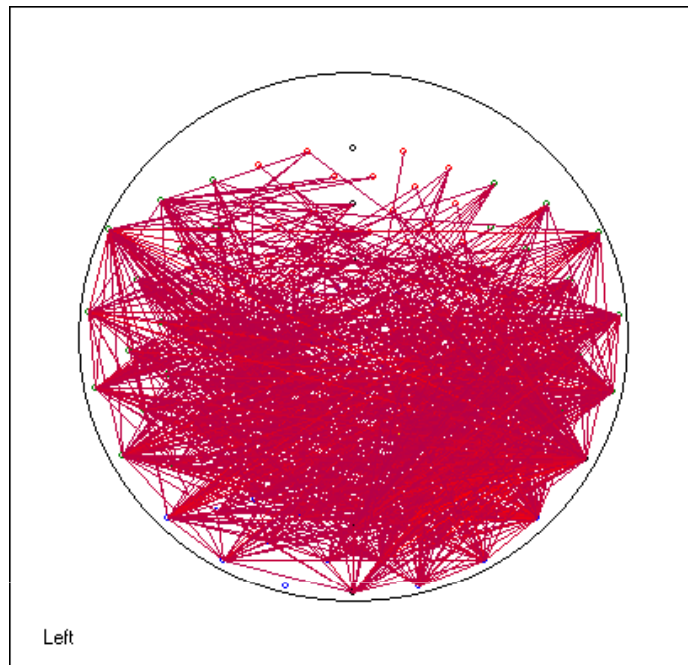
- Small-world: hoge clustering en korte padlengte
- Scale-free: scheve graadverdeling met hubs
- Modulair en hiërarchisch
- Complexe structuur ontstaat tijdens ontwikkeling onder sterke genetische controle
- Robuust tegen random beschadiging, maar gevoelig voor 'targeted attack'
- Network topologie bepaalt netwerk functie:
  - Korte padlengte en hubs correleren met hoger IQ

## Lessen van de Nederlandse Spoorwegen:

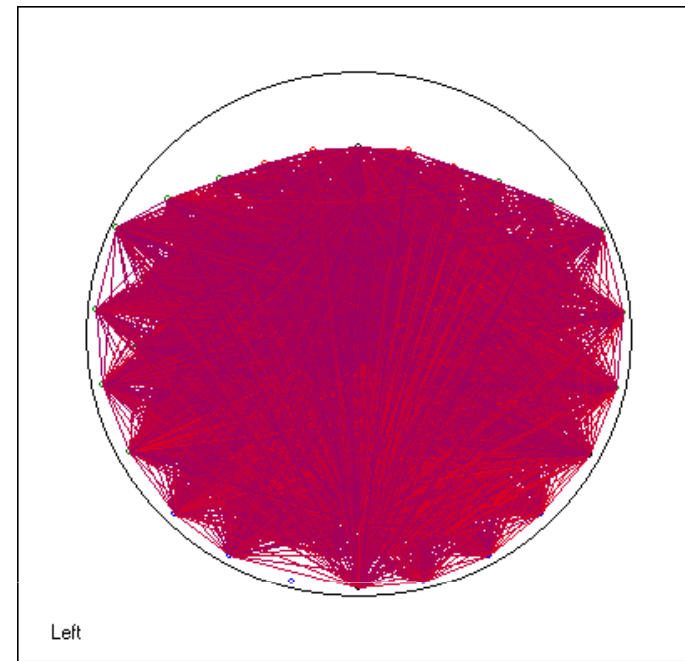
- De structuur van een netwerk bepaalt de verkeersstromen op dat netwerk
- Netwerk hubs zijn potentiële zwakke plekken wanneer het netwerk overbelast wordt



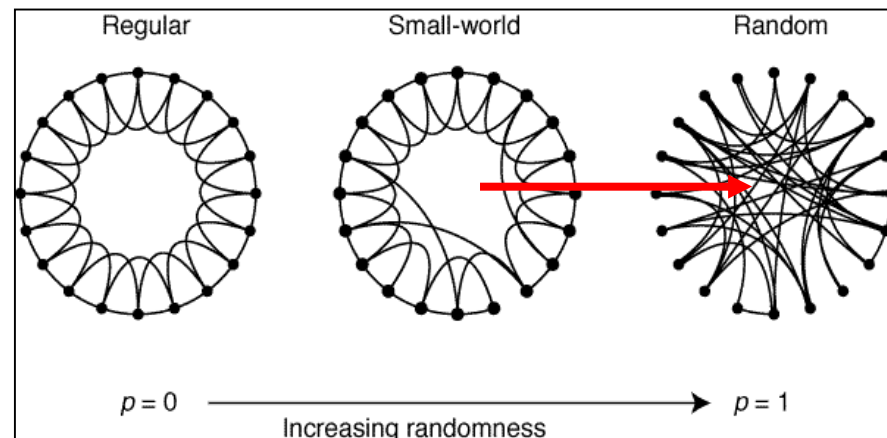
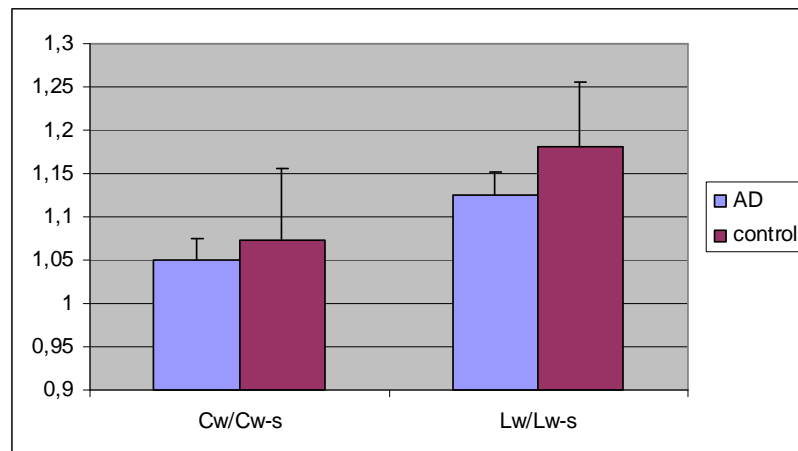
# Gewogen netwerken 8-10 Hz



Alzheimer

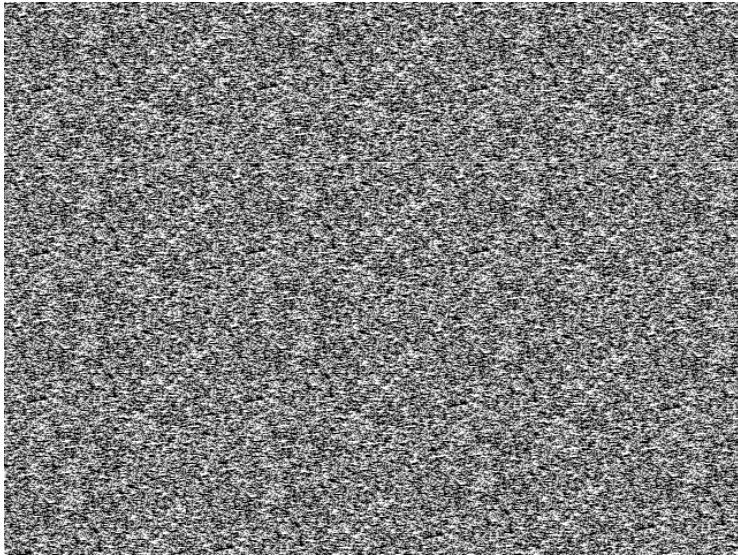


Controles





# Twee scenarios voor netwerkschade:



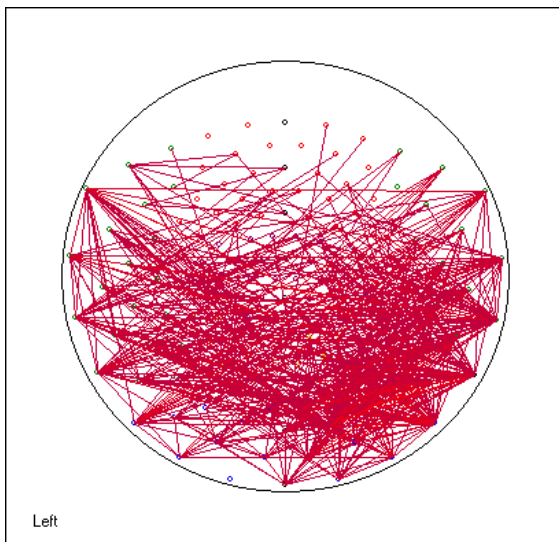
Random verlies vertices / edges



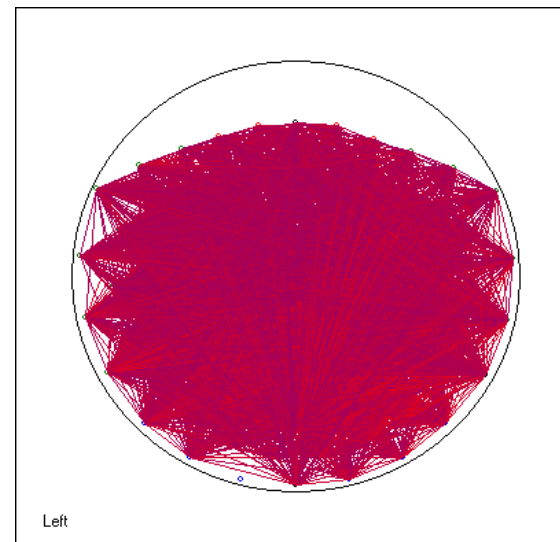
Verlies van kritische edges of Vertices ('hubs')



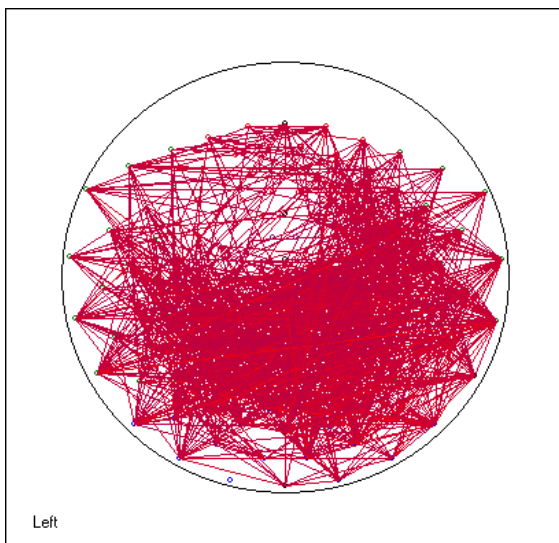
Phase lag index 8-10 Hz



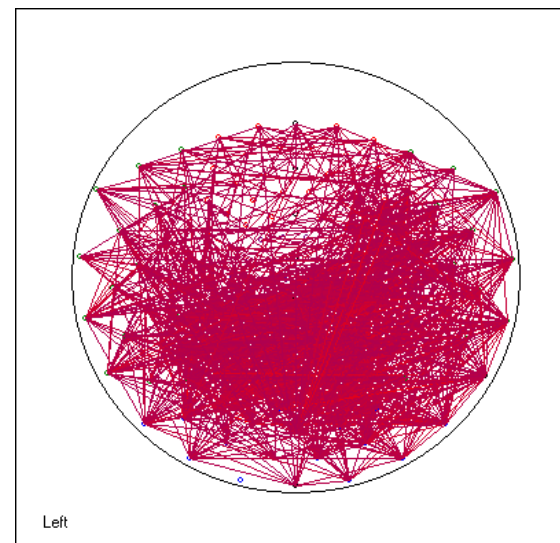
Alzheimer



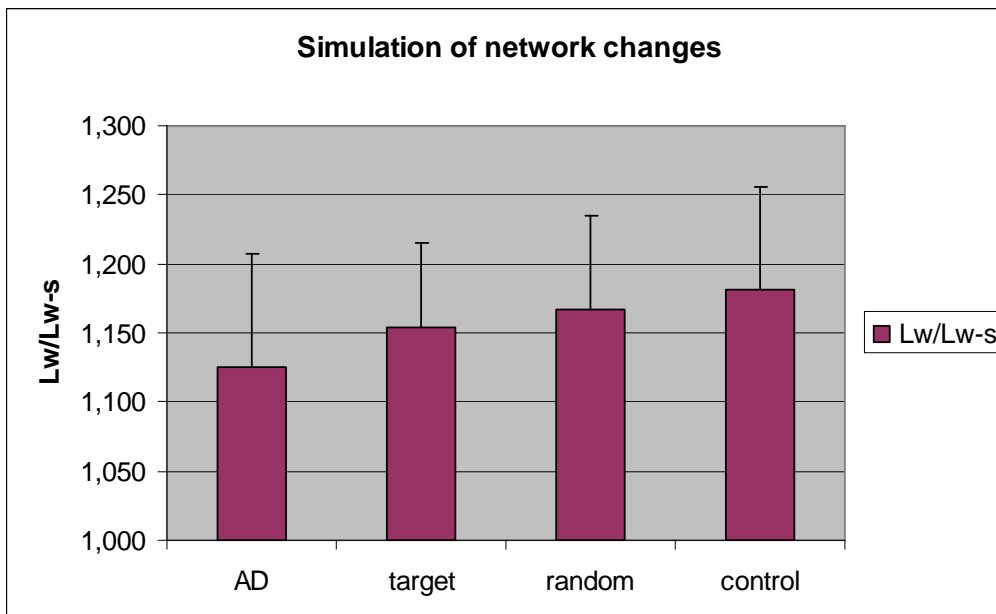
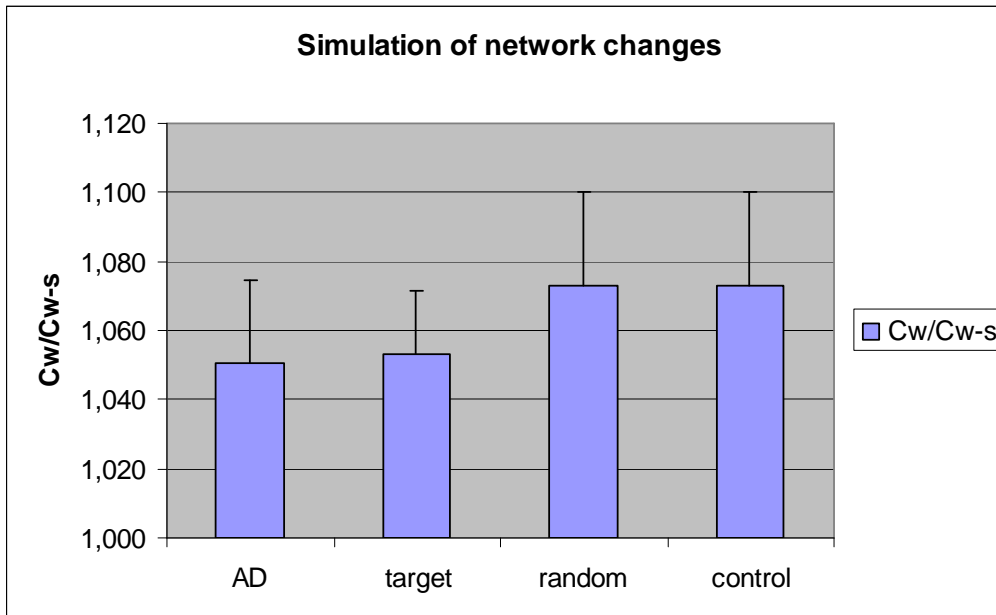
Controles



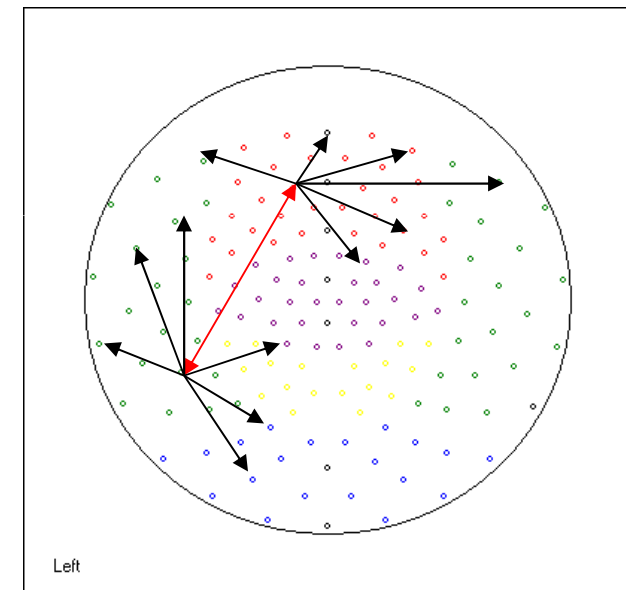
Targeted attack



Random failure



Connecties tussen hubs  
Zijn bij voorkeur aangedaan  
Bij de ziekte van Alzheimer

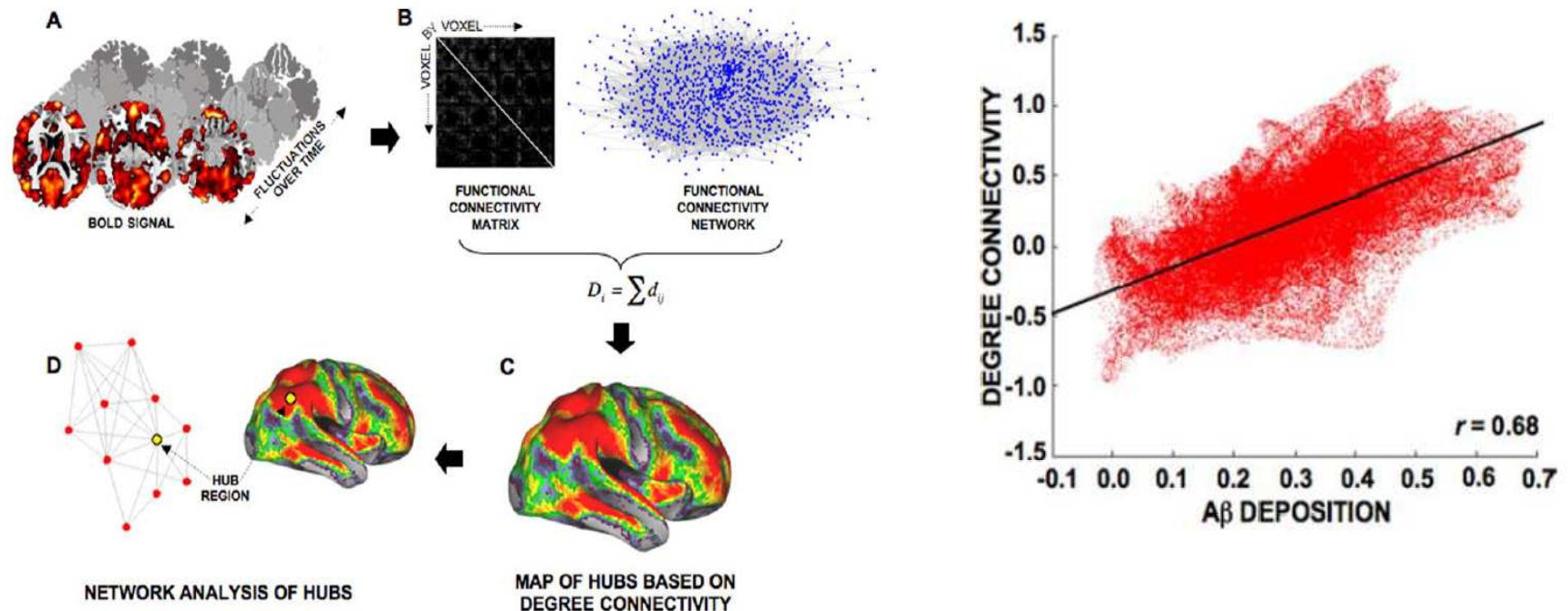


# Cortical Hubs Revealed by Intrinsic Functional Connectivity: Mapping, Assessment of Stability, and Relation to Alzheimer's Disease

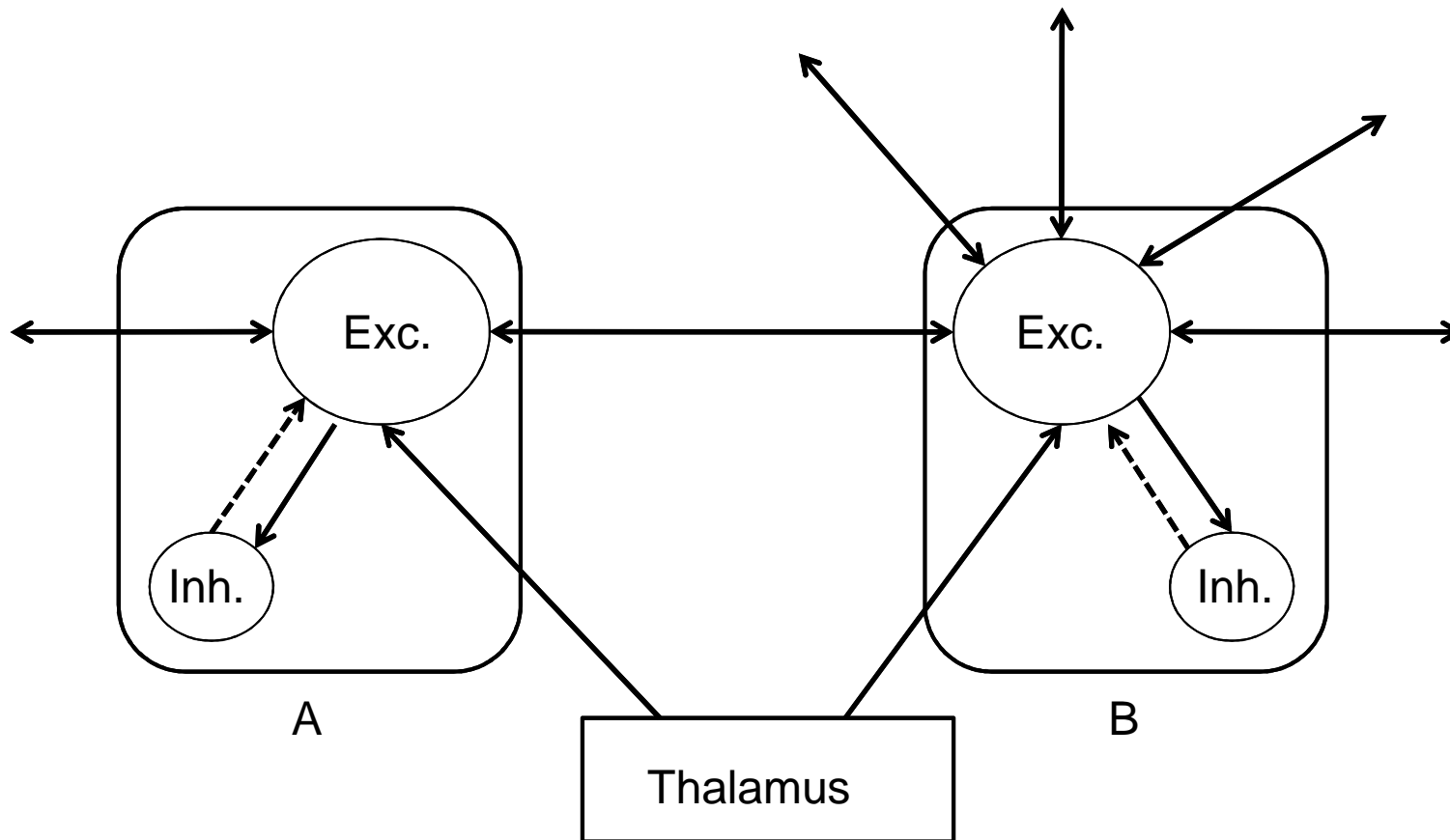
Randy L. Buckner,<sup>1,2,3,5,6</sup> Jorge Sepulcre,<sup>1,3,5</sup> Tanveer Talukdar,<sup>3,5</sup> Fenna M. Krienen,<sup>4,5</sup> Hesheng Liu,<sup>3,5</sup> Trey Hedden,<sup>1,3,5</sup> Jessica R. Andrews-Hanna,<sup>1,5</sup> Reisa A. Sperling,<sup>3,5,7</sup> and Keith A. Johnson<sup>3,4,7</sup>

Buckner et al. • Cortical Hubs

J. Neurosci., February 11, 2009 • 29(6):1860–1873 • 1861

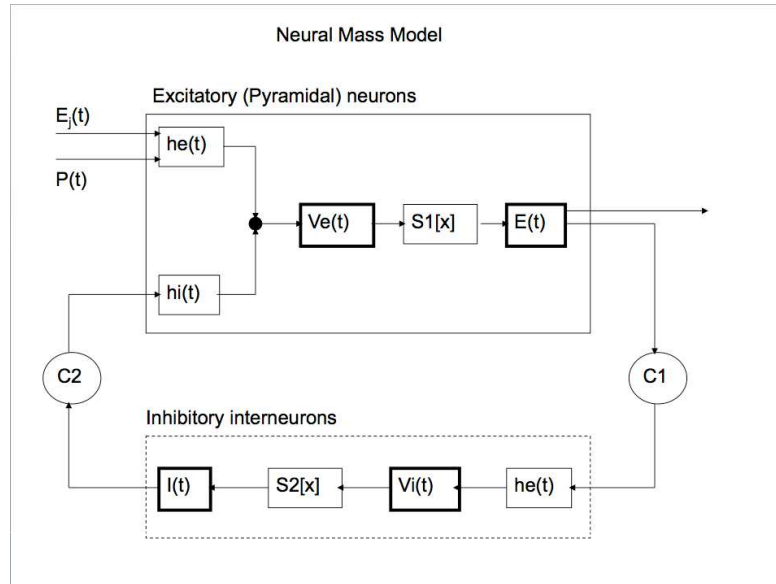


# Schema van het model: netwerk van verbonden hersengebieden

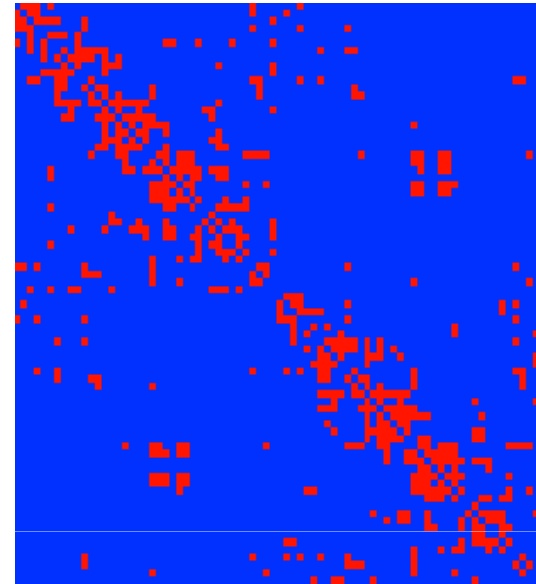


Hypothese: excessieve neurale activiteit beschadigt verbindingen

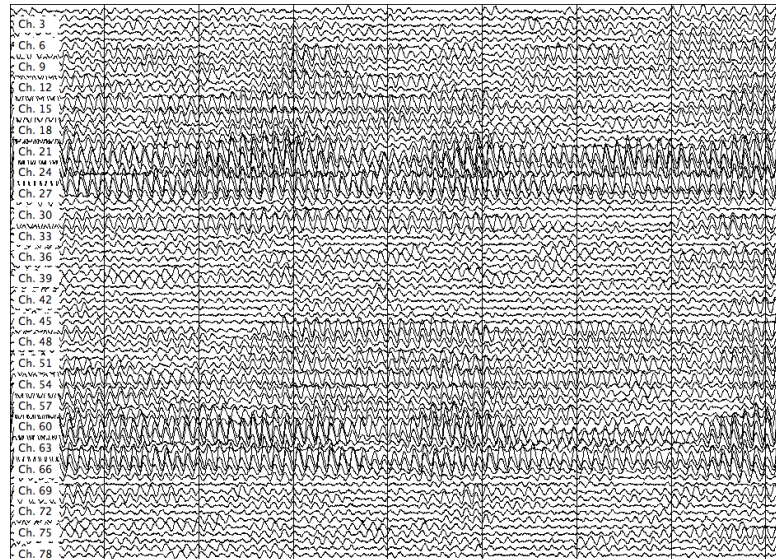
A



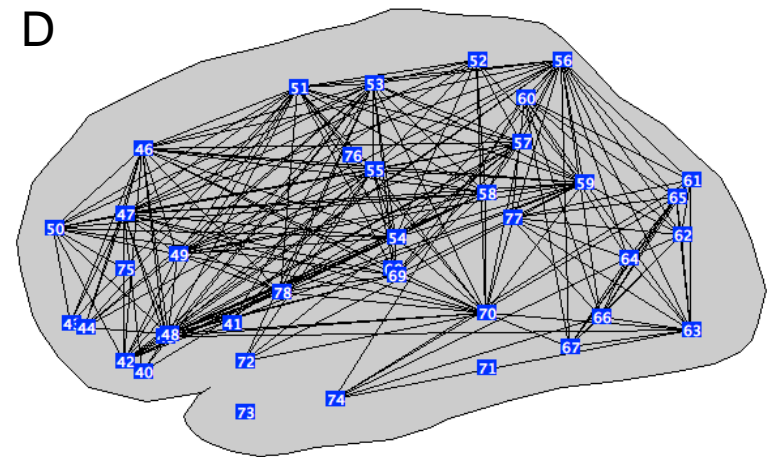
B

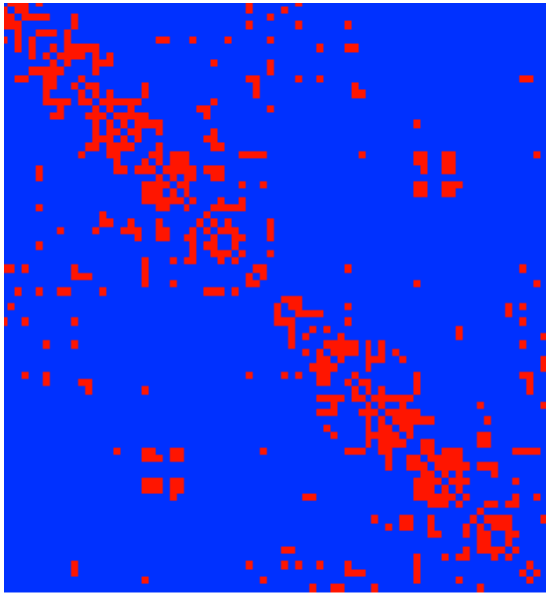


C

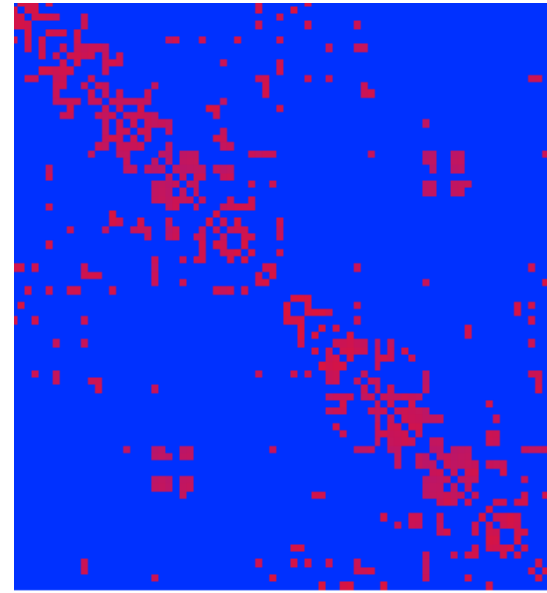


D

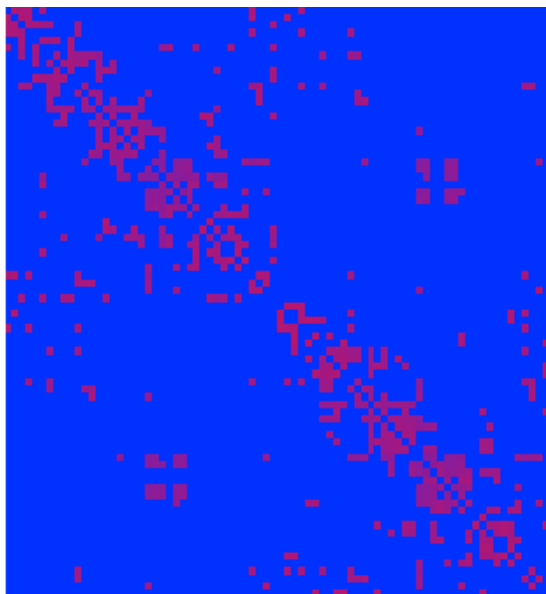




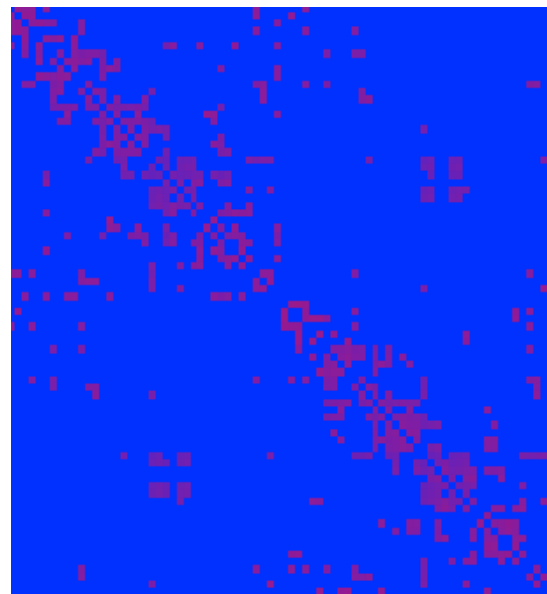
$T = 0$



$T = 10$



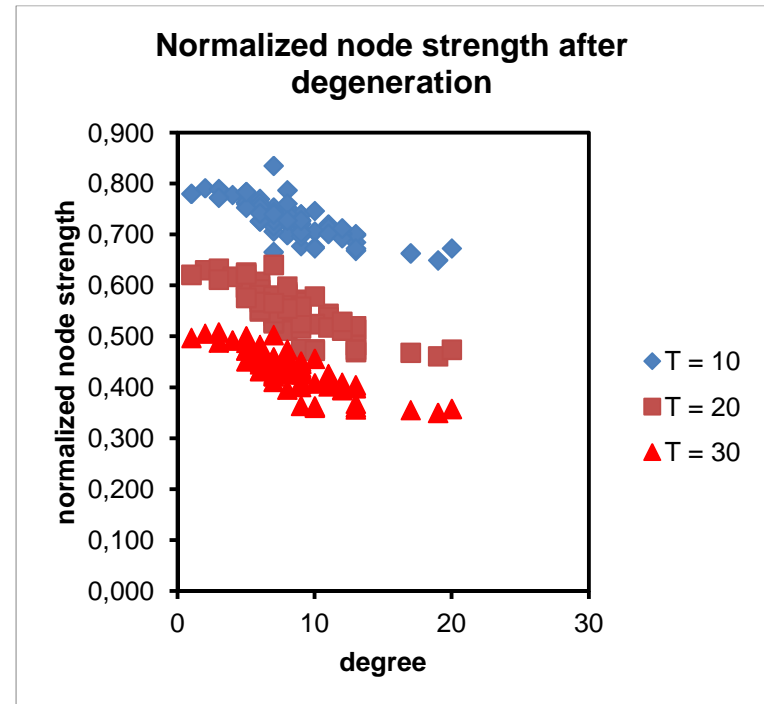
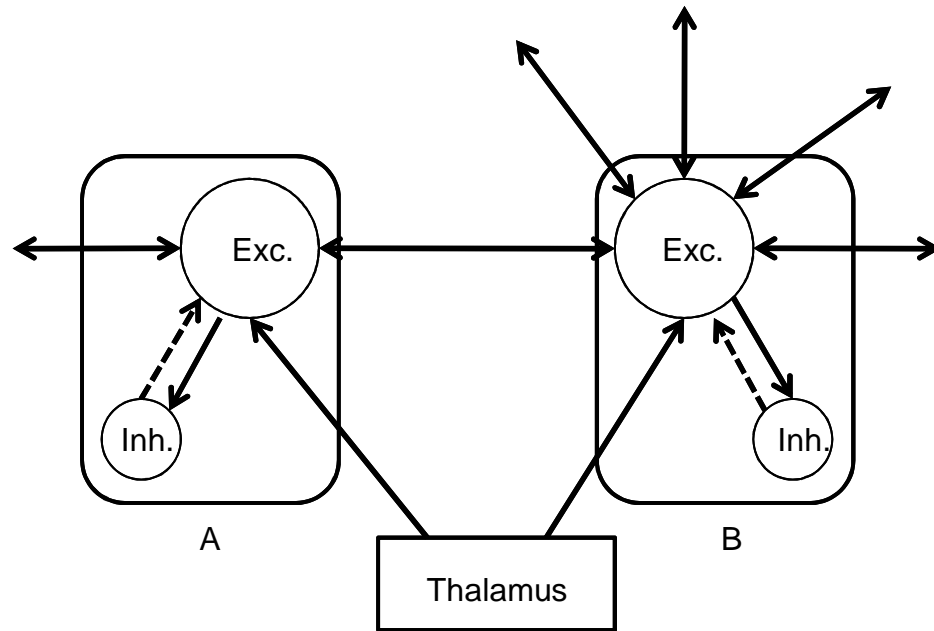
$T = 20$



$T = 30$



# Selective hub schade bij de ziekte van Alzheimer: *activity dependent degeneration*



- Connectiviteit bepaalt activiteit
- Activiteit bepaalt degeneratie

# Samenvatting & Conclusies:



- Graaftheorie kan gebruikt worden om de organisatie van hersennetwerken te karakteriseren
  - Gezonde hersenen zijn ‘small-world’ / scale-free netwerken
  - De topologie van hersennetwerken is genetisch bepaald en correleert met cognitie
  - Hubs (knooppunten in het netwerk):
    - Cruciaal voor optimale functie
    - Meest kwetsbaar bij overbelasting (ziekte van Alzheimer)
- Robuust: een compromis tussen optimale functie en maximale “bedrijfszekerheid”?

Website: [Connected Brains](#)

# Met dank aan:

- Klinische neurofysiologie
  - R.L.M. Strijers
  - H.E. Ronner
  - E.C.W. Van Straaten
  - S.C. Ponten
  - M. Boersma
  - EEG technicians
- Neurologie
  - H.W. Berendse
  - H. Bosboom
  - I. Bosma
  - E. van Dellen
  - L. Douw
  - W. de Haan
  - Ch. Polman
  - J.J. Heimans
  - J. Reijneveld
  - Ph. Scheltens
- MEG
  - A. Hillebrand
  - B.W. van Dijk
- Neuroradiologie
  - F. Barkhof
  - M. Schoonheim
  - A.M Wink
  - B. Tijms
- MOVE
  - A. Daffertshofer
- TUD
  - P. Van Mieghem
  - H. Wang