



TrafficQuest
CENTRE FOR EXPERTISE ON TRAFFIC MANAGEMENT

TrafficQuest rapport

Analogieën met verkeersmanagement

*Verslag van de workshop
16 november 2012, Delft*



Colofon

Auteurs	Ben Immers Henk Taale Isabel Wilmink Ronald van Katwijk
Datum	29 april 2013
Versie nummer	1.2
Uitgegeven door	TrafficQuest Expertisecentrum Verkeersmanagement Kluyverweg 4 2629 HT DELFT
Informatie	Henk Taale
Telefoon	+31 88 798 24 98
Foto voorkant	this.great.planet

TrafficQuest is een samenwerkingsverband van

TNO innovation
for life

TUDelft



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Analogieën met verkeersmanagement

Verslag van de workshop
16 november 2012, Delft

29 april 2013

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
1.1.	Doel en aanpak van het onderzoek	4
1.2.	Verkeersmanagement	6
1.3.	Analogieën.....	8
1.4.	De workshop.....	12
2.	Samenvatting presentaties inleiders	14
2.1.	Analogieën voor Verkeersmanagement - Ben Immers	14
2.2.	Scholen, zwermen en autoverkeer - Charlotte Hemelrijk.....	15
2.3.	Transport en distributie – Walther Ploos van Amstel.....	17
2.4.	Hersennetwerken – Martijn van den Heuvel	20
2.5.	Internet – Rob Kooij.....	21
2.6.	Elektriciteitsnetwerken – Arjan van Voorden	22
2.7.	Kaartbetalingsproces – Edward van Dooren.....	24
2.8.	Watermanagement – Wytze Schuurmans.....	26
2.9.	Communicatienetwerken - Rob van der Mei.....	27
2.10.	Large scale critical infrastructures – Frances Brazier.....	30
3.	Gevonden analogieën	33
3.1.	Categorisering naar 11 verkeersmanagement domeinen.....	33
3.2.	Categorisering vanuit de 3 vragen	53
3.3.	Lessen uit de workshop	57
4.	Hoe nu verder?	58
	Referenties.....	59
	Bijlagen	60

1. Inleiding

1.1. Doel en aanpak van het onderzoek

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 wegennetwerk. Eén van de manieren om meer inzicht in de processen te krijgen is een vergelijking met andere domeinen waarin zich soortgelijke processen afspelen. Daarvoor is een workshop "Analogieën voor Verkeersmanagement" georganiseerd op 16 november 2012. De gekozen vakgebieden en inleiders zijn:

- Verkeersmanagement – Ben Immers
- Zwermen (biologie) – Charlotte Hemelrijk
- Logistiek – Walther Ploos van Amstel
- Hersenen – Martijn van den Heuvel
- Communicatienetwerken – Rob Kooij en Rob van der Mei
- Energienetwerk – Arjan van Voorden
- Betalingsproces – Edward van Dooren
- Watersysteem – Wytze Schuurmans
- Organisatie – Frances Brazier

De workshop werd gemodereerd door Marcel Westerman.



Figuur 1: De inleiders en de moderator van de workshop

In de workshop zijn de inleiders uit verschillende vakgebieden op zoek geweest naar analogieën met het verkeersmanagementproces. 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 verkeersmanagementproces 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 de workshop stond verkeersmanagement (of ook wel netwerkmanagement of DVM genoemd) centraal (het focussysteem). Verkeersmanagement 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).

Nu is van geen enkel bestaand verschijnsel (systeem, object, etc.) 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 focussysteem. Dergelijke analogieën bestaan per definitie niet. Het is wel zinvol om te zoeken naar analogiesystemen die op een aantal aspecten overeenstemmingen vertonen met het focussysteem, 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 focussysteem om vervolgens het betreffende focussysteem te beschouwen door de bril van het analogiegebied. Afhankelijk van het abstractieniveau waarop men het systeem beschrijft, kunnen verschillende analogieën van toepassing zijn.

1.2. Verkeersmanagement

1.2.1 Wat verstaan we onder verkeersmanagement

Onder verkeersmanagement verstaan we het - op basis van actuele, plaats specifieke en voorspelde verkeers- en omgevingsomstandigheden - doelbewust beïnvloeden (informereren, geleiden, sturen) 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, toepassen van 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.

De kwaliteit van de verkeersafwikkeling wordt vastgesteld aan de hand van de volgende parameters:

- Kwaliteit van de doorstroming van het verkeer (snelheid, dichtheid, volume, oponthoud), waarbij verschillende gebruikersgroepen kunnen worden onderscheiden;
- Omvang uitstoot van schadelijke stoffen;
- Omvang van de veroorzaakte geluidshinder;
- Omvang van de ongevalrisico's van de verkeersdeelnemers;
- Betrouwbaarheid van de reistijden.

Operationele maatregelen zijn maatregelen die inspelen op het (korte-termijn) verkeersproces: de afwikkeling van de verschillende verplaatsingen op het multimodale netwerk. Men kan denken aan de volgende maatregelen:

- Verstrekken van verkeersinformatie;
- Regelen van het verkeer (verkeerslichtenregeling, toeritdosering, etc.);
- Beïnvloeding van de attitude van de reiziger (bij voorbeeld m.b.t. reistijdbetrouwbaarheid, verplaatsingssnelheid, milieukwaliteit, etc.);
- Het toepassen van tijd- en plaatsgebonden prijsmaatregelen.

Belangrijk bij de keuze van de toe te passen maatregelen is dat men een correct beeld heeft van de momentane kwaliteit van de verkeersafwikkeling en dat men ook een beeld heeft van hoe de kwaliteit van de verkeersafwikkeling zich verder zal ontwikkelen, zonder, resp. met de toepassing van bepaalde operationele maatregelen. De volgende twee componenten zijn daarom een integraal onderdeel van verkeersmanagement:

- systemen die ons in staat stellen de actuele verkeerssituatie (de kwaliteit van de verkeersafwikkeling) waar te nemen (MTM, NDW, GPS, etc.);
- een voorspelmodel dat ons in staat stelt de kwaliteit van de verkeersafwikkeling in functie van de toepassing van allerlei maatregelen te berekenen/voorspellen.

De verkeersmanagementmaatregelen zullen vervolgens geïmplementeerd worden via systemen die ons in staat stellen het verkeer realtime te regelen via het verstrekken van informatie en/of via het

sturen van resp. ingrijpen op de afwikkeling van de verkeersstroom (navigatiesysteem incl. back-office, verkeersinformatiecentrum, verkeersregelcentrum).

Bij de toepassing van verkeersmanagement kunnen twee toepassingsdomeinen worden onderscheiden:

- Beïnvloeden van de vraag naar verplaatsingen (vraagzijde); vraag management;
- Het regelen van het verkeer; het beschikbaar stellen aan resp. verdelen van de beschikbare capaciteit (aanbodzijde) over de verkeersstromen; aanbod management.

1.2.2 Waarom passen we verkeersmanagement toe?

Een belangrijke reden om verkeersmanagement toe te passen is de mogelijkheid die daardoor geboden wordt om de schaars beschikbare capaciteit in het netwerk op een efficiënte wijze in te zetten voor de afwikkeling van het verkeer. Een andere reden voor de toepassing van verkeersmanagement kan zijn dat men de uitstoot van schadelijke stoffen wil beperken of de omvang van de ongevalsrisico's die de verkeersdeelnemers lopen bij de deelname aan het verkeer. Zoals hierboven al is aangegeven wordt verkeersmanagement toegepast om de kwaliteit van de verkeersafwikkeling in positieve zin te beïnvloeden. Aan de toepassing van maatregelen zal veelal een afweging vooraf gaan zoals een maatschappelijke kosten-batenanalyse. Bij een dergelijke afweging worden de baten en kosten van de invoering van een maatregel tegen elkaar afgezet. Om een dergelijke afweging te kunnen maken zal men in staat moeten zijn een vrij nauwkeurig beeld te scheppen van de gegenereerde baten en kosten (implementatie, onderhoud en toepassing van de maatregel). Ook zal men moeten weten gedurende welke periode de maatregel effectief van kracht is (met bijbehorende kosten en baten). Tot slot kan het wenselijk zijn dat men een beeld heeft van de effecten van de toepassing van een specifieke maatregel op de effecten van toepassing van andere maatregelen (cross-elasticiteiten).

Toepassing van verkeersmanagement is noodzakelijk omdat we niet bereid zijn het netwerk (de capaciteit) zodanig te dimensioneren (resp. de verkeersafwikkeling zodanig los te laten) dat de dagelijkse reguliere en niet-reguliere verkeersstromen zonder ingrijpen van buitenaf en zonder problemen (congestie, overlast, ongevallen) kunnen worden afgewikkeld. Via verkeersmanagement grijpen we in in de verkeersstroom. Dat kan voorafgaand aan de verplaatsing en tijdens de verplaatsing. Door het mogelijk te maken om in te grijpen in de verkeersstroom, kan het netwerk (de capaciteit) anders (beperkter) worden gedimensioneerd en kan de kwaliteit van de verkeersafwikkeling (in termen van veiligheid, milieuvriendelijkheid) worden verbeterd. De totale bijdrage van benuttingsmaatregelen (lees verkeersmanagementmaatregelen) aan de verminderde toename van het aantal voertuigverliesuren bedroeg tussen 1996 en 2005 25% (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Beleidskader Benutten, 2008).

Voor een uitgebreide uitwerking van verkeersmanagement wordt verwezen naar het door TrafficQuest uitgegeven boekje "De toekomst van verkeersmanagement" (TrafficQuest, 2012). Dit boekje is te vinden op de website van TrafficQuest www.traffic-quest.nl.

1.3. 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 verderop) 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 verre analogieën

Het hulpmiddel dat we toegepast hebben 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, is het verkeersmanagement domein geanalyseerd vanuit verschillende invalshoeken. Dit stelde 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 was, is de mate van analogie of overeenkomst, de soort analogie (kwalitatief/kwantitatief/wetmatigheid) en de relevantie hiervan voor verkeer en verkeersmanagement, nader onderzocht.

Bij het hulpmiddel voor verre analogieën hebben we de volgende drie beschouwingwijzen onderscheiden:

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. We beperken ons hier tot het aangeven 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 verkeersmanagement¹:

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 verwerking en 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.

Laag 4: Segment/traject/corridor niveau

Op deze laag vindt coördinatie plaats van verschillende afzonderlijke lokale regelsystemen teneinde de aangeboden verkeersstromen zo goed 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.

¹ Deze uitwerking is erg weggant gericht; begrijpelijk, immers in die tijd stonden in-car systemen nog in de kinderschoenen.

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.



Figuur 2: Voldoende stof voor discussie

Karakteristieken Verkeersmanagement

Op basis van de principes van sturing van verkeer en vervoer door middel van DVM (zie: De Toekomst van Verkeersmanagement, TrafficQuest, 2012), en het hulpmiddel voor het zoeken naar verre analogieën, kunnen de gevonden karakteristieken voor verkeer en sturing door DVM als volgt 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 gewenste flexibiliteit/adaptiviteit van de sturing van processen;
- Keuzevrijheid van weggebruikers met onderling verschillende attitudes, waaronder 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 langs de weg (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 noodzaak tot samenwerking tussen verschillende actoren die bij de processen betrokken zijn.

Mogelijke 'nabije analogieën'

Hieronder worden, vooralsnog zonder analyse, enkele suggesties gedaan voor '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);
- In- en uitstroom van publiek bij stadions (stromen van mensen over beperkte infrastructuur).

Mogelijke 'verre analogieën'

Naast nabije analogieën kunnen ook (mogelijke) 'verre analogieën' worden vastgesteld. Deze analogieën zijn gevonden door middel van het opgestelde zoekhulpmiddel. Tussen de haakjes is aangegeven wat, volgens de in het zoekhulpmiddel onderscheiden kenmerken van verkeersmanagement, de overkomst is met het genoemde (mogelijke) analogiegebied.

- Bedrijfsorganisatie (gelaagde opbouw en sturing);
- Voedselvoorziening in mensen en planten (doorgaande hoofdstromen en ontsluitende stromen);
- Menselijk lichaam (bloedbanen als netwerk);
- Hiërarchie in dierenrijk (gelaagdheid);
- Elektriciteitsvoorziening (stromen);
- Systeem- en regeltechniek (sturingsconcepten);
- Speltechniek (opstellen van strategieën voor succesvol opereren);
- Civiele techniek (waterlopen/constructietechniek/bouw);
- Biologie (gedrag van dieren en planten, gedrag van mensen);
- Gedragstheorie (gedragingen van weggebruikers);
- Elektronenbanen in chips (stromen over complexe infrastructuur);
- Trek van vogels, wilde dieren, zalm (stromen van wezens met een eigen belang);

- Winkelend publiek (interactie tussen mensen met eigen belangen);
- Bibliotheek / boekenverkeer (boekenafhandeling en afhandeling van verkeer).

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



Figuur 3: Nog meer interessante analogieën?

1.4. De workshop

Er zijn veel aspecten binnen de toepassing van verkeersmanagement die zich lenen voor een vergelijking met andere systemen. Het was 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.

De genoemde drie aspecten zijn voorgelegd aan de inleiders en deze hebben dit verwerkt in hun bijdragen in de vorm van een kort paper en een presentatie. De papers en de presentaties zijn opgenomen in de bijlagen. In het volgende hoofdstuk worden de presentaties besproken en de discussie tijdens de workshop samengevat.

2. Samenvatting presentaties inleiders

2.1. Analogieën voor Verkeersmanagement - Ben Immers

In de workshop staan 3 vragen centraal:

- Welke sturingsprincipes zijn van toepassing: zelforganisatie en/of centrale sturing?
- Is er sprake van een gelaagdheid van het systeem en hoe wordt daarmee omgegaan in de regeling?
- Hoe verzeker je de robuustheid en betrouwbaarheid van het systeem?

Zelforganisatie binnen verkeersmanagement kan zowel op wegvakniveau als op netwerkniveau optreden; daarnaast kan zelforganisatie ook optreden bij de beleidsontwikkeling en organisatie van verkeersmanagement. Zelforganisatie ontstaat doordat bestuurders een grote mate van vrijheid hebben in hun keuzen (rijgedrag, routekeuze, etc.) en ook doordat bestuurders op elkaar reageren en elkaar steeds meer zullen gaan informeren (voertuig-voertuig communicatie). Indien de (verwachte) kwaliteit van de verkeersafwikkeling daarom vraagt wordt zelforganisatie vervangen door sturing. Belangrijke sturingsprincipes zijn:

1. 'Bijgeschakelen' van capaciteit; 'neutraliseren' van filegolven;
2. Verkeer optimaal over het netwerk verdelen (route-informatie);
3. Instroom in een gebied (wegvak) beperken;
4. Terugslag van wachtrijen voorkomen, en
5. Snelheid beperken of aanpassen (milieu, veiligheid, geluid, doorstroming).

In het verkeerssysteem kunnen (vergelijkbaar met het OSI-model; zie Wikipedia) 7 lagen worden onderscheiden, oplopend van het niveau sensoren/signaalgevers tot het multi-modale niveau. Relevant voor verkeersmanagement is de wijze (gelaagdheid) in de aansturing van het verkeer. Er kan sprake zijn van centrale aansturing maar ook decentrale, gedistribueerde aansturing, waarbij gebruik wordt gemaakt van agents. Bij een decentrale (agent-based) aansturing kan men zowel hiërarchische als niet-hiërarchische systemen toepassen.

Onder robuustheid verstaan we het vermogen van het systeem om de functie waarvoor het systeem (netwerk) ontworpen is te blijven vervullen, ook in situaties die sterk afwijken van de reguliere gebruikersomstandigheden. Een robuust netwerk is beter in staat de betrouwbaarheid van de reistijd te garanderen. Het (frequent) optreden van niet voorspelbare en niet reguliere situaties kan grote gevolgen hebben voor de kwaliteit van de verkeersafwikkeling en de betrouwbaarheid van de reistijd. Een vijftal netwerkeigenschappen (redundantie, compartimentering, veerkracht, aanpassingsvermogen, preventie) maken het mogelijk de robuustheid van het netwerk te vergroten.

Vragen en opmerkingen

Vraag: Heel herkenbaar verhaal. Robuustheid en gelaagdheid spelen ook in de logistiek een grote rol. Gelaagdheid, beprijzen: op welk niveau doe je dat?

Antwoord: Voor wat betreft de gelaagdheid wordt verwezen naar de onderverdeling in verplaatsingsmarkt, vervoersmarkt en verkeersmarkt (overeenkomend met de beslissingsniveaus Strategisch, Tactisch en Operationeel). Daarnaast wordt in paragraaf 1.3 aangegeven welke lagen er binnen verkeer en verkeersmanagement onderscheiden kunnen worden. Beprijzen kan op uiteenlopende niveaus worden toegepast. Betaald parkeren wordt nu al op zeer lokale schaal toegepast. Rekening rijden zou op nationale schaal ingevoerd worden, maar rekening rijden op lokale schaal kan ook heel goed. Ik verwijs hierbij naar de toepassing van HOT-lanes in diverse staten in de VS. Deze toepassing impliceert tevens een differentiatie in de robuustheid van het systeem. Reactie hierop: Vanuit betalingsverkeer is veel hardere sturing, je hoeft geen mensen mee te krijgen, je sluit contracten af.

Opmerking: Sturen (als onderdeel van verkeersmanagement) is een utopie – de vraag is: hoe ga je om met niet sturen – zouden de inleiders daar ook op in kunnen gaan?

Vraag: Wat is de termijn waarop we kijken? Houdt TrafficQuest / de verkeersmanagementwereld zich ook bezig met de vraag of er een nieuwe weg moet komen op een gegeven moment?

Antwoord: wij zitten op de verkeersmarkt (en niet op de vervoermarkt of de verplaatsingsmarkt). De vraag is hoever we af zitten van de vervoer- en verplaatsingsmarkt? (Opmerking Martijn van den Heuvel: In het brein hangt dat waarschijnlijk samen).



Figuur 4: Overzicht deelnemers workshop

2.2. Scholen, zwermen en autoverkeer - Charlotte Hemelrijk

Voortbewegende groepen van dieren organiseren zichzelf via zelforganisatie. In tegenstelling tot het menselijk wegverkeer, 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 gradiënt volgen (bijvoorbeeld een temperatuurgradiënt), dan worden ze ook gestuurd van buitenaf. Bewegende groepen van dieren worden voornamelijk beschreven met drie parameters:

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

Groepen kunnen zich in verschillende toestanden bevinden betreffende de mate van polarisatie, dus de mate van gelijkgerichtheid. Dit is misschien te vergelijken met turbulente en laminaire stroming. In computermodellen blijkt 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, meerrichting met, en uitwijking voor anderen), maar ook van de voorgaande toestand (hysteresis). Enkele van de getoonde afbeeldingen lijken overeenkomsten te hebben met de fundamentele diagrammen in de verkeerskunde.

Filevorming (gezien als vertraging van snelheid van een bewegende groep) lijkt geen belangrijk probleem bij dieren. Dat hangt samen met de overvloed aan ruimte die dieren meestal hebben. Er zijn wel wat filefenomenen waar te nemen, zoals lagere snelheden bij grotere dichtheden als er weinig ruimte is, een soort van terugslag en schokgolven (dat laatste bij aanvallen door roofdieren). In zwermen en scholen proberen de dieren een zelfde snelheid aan te houden en zo te voorkomen dat ze botsen. De reactietijden van vogels en vissen zijn veel korter dan die van mensen. Visscholen en vogelzwermen lijken homogener dan wegverkeer; vermoedelijk zijn in visscholen en vogelzwermen de individuele verschillen in kruissnelheid en acceleratie kleiner dan in wegverkeer 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. Zwermen hebben geen leider, maar qua organisatie van coördinatie zijn er soms wel verschillen tussen individuen in dominantie of motivatie (bijvoorbeeld honger), en in ervaring en starheid (duiven die bijvoorbeeld meer ervaring hebben met het trekken naar een overwinteringsgebied, hebben een sterkere voorkeur voor een bepaalde richting en door hun grotere starheid hebben ze meer invloed op de route die de groep volgt).

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. Vogelzwermen en visscholen lossen op een aantal manieren verstoringen op. De verantwoordelijkheid bij het oplossen van de verstoringen ligt altijd bij de dieren zelf en hun 'maatregelen' zijn evolutionair geselecteerd.

Vragen en opmerkingen

Vraag: Is het efficiënt? Vliegen vogels niet veel te veel kilometers?

Antwoord: Charlotte denkt dat ze veel plezier hebben in vliegen, spreeuwen zijn sociale dieren. Een deelnemer suggereert dat de vogels bij wijze van spreken aan het speeddaten zijn.

Opmerking: Kunnen we dit in het wegverkeer toepassen? We zien overeenkomsten met pelotonvorming.

Vraag: Wat zijn overeenkomsten dan wel verschillen met verkeersmanagement?

Antwoord: Mogelijke overeenkomsten zijn: zelforganisatie, elementen van leiderschap, en filevorming. Wellicht is het leiderschap van ervaren bestuurders een mogelijk aanknopingspunt. Men denkt daarbij ook aan blokrijden.

Maar er zijn ook verschillen. De gedragscomponent ontbreekt bijvoorbeeld bij betalingsverkeer. Verder houden vogels hun snelheid constant, dat doen bestuurders niet altijd uit zichzelf. Maar op autosnelwegen zijn de snelheden redelijk constant. Dit draagt bij aan de veiligheid van het auto-snelwegennet.

Verder observeert men dat dieren het belang zien van de groep (voor hun eigen veiligheid); in verkeer zijn dit soort groepen er niet.

Vraag: Hoe kan men verklaren dat zwermen weer bij elkaar komen.

Antwoord: Dat is geen zelforganisatie, dat is aantrekkingskracht.

In de filmbeelden van vogelzwermen ziet men een soort pulsering. Charlotte legt dit uit als dat ze bijvoorbeeld boven hun slaappleats cirkelen, waarbij niet alle dieren op hetzelfde moment om-draaien. Een verschil met wegverkeer is dat wegverkeer tweedimensionaal is in plaats van driedimensionaal. 2D modelleren kan wel voor vissen, maar vliegpatronen zijn te 3D om 2D te modelleren.

Vraag: Kunnen scholen of zwermen in een netwerk gesimuleerd worden? Bijvoorbeeld met een padensysteem. Wellicht zie je dan meer analogieën.

Vraag: Zijn de getoonde modellen gevalideerd met data van echte zwermen.

Antwoord: Ja. Men is geïnteresseerd in de reactietijd in relatie tot de snelheid. Dit is een belangrijk element in de modellering.

2.3. Transport en distributie – Walther Ploos van Amstel

In het goederenvervoer domein wordt gestreefd naar een steeds betere afstemming tussen goederenketens, vervoerketens en infrastructuurketens. Hierdoor kan, gegeven de actuele en totale vervoersvraag, op elk moment de juiste combinatie van schakels gekozen worden. In één woord wordt dit ook wel met synchromodaliteit aangeduid. '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)

Om op ieder moment de ideale keten te kunnen samenstellen vindt afstemming op verschillende niveaus plaats. Wanneer afstemming plaatsvindt op operationeel niveau, dat wil zeggen op basis

van de huidige, actuele stand van zaken in het netwerk, wordt dit aangeduid met Sense and Respond (S&R). Het volgende voorbeeld wordt in dit kader aangehaald: Een vrachtauto is onderweg en rijdt in de buurt van één 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. Deze extreme vorm van flexibiliteit is vooralsnog ook in het goederenvervoer geen gemeengoed, maar geeft wel een ideaalbeeld weer. Indien we de overstaptijden tot een minimum zouden kunnen verkleinen zou een groot deel van de bevolking liftend naar zijn werk kunnen gaan.

Op tactisch niveau vindt afstemming plaats om vooraf de beste, alternatieve, contingency plannen voor het netwerk uit te werken mocht er zich een wezenlijk andere situatie zich voordoen. Afstemming op dit niveau wordt aangeduid met predict and prepare (P&P). 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. 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. Het is zinvol kritieke capaciteiten in het logistieke netwerk te onderkennen en je daarop voor te bereiden met strategische en tactische scenario's. S&R kan voor een belangrijk deel door middel van zelforganisatie worden ingevuld. Daar waar het P&P betreft speelt de ketenregisseur een belangrijk rol. Ook daar waar het gaat om het maken van afspraken tussen de verschillende logistieke partijen in de verschillende ketens. Hierbij zijn er nog veel vraagtekens bij de 'governance' modellen, transparantie die geboden wordt van de prestatie van ieders netwerk en het delen van elkaars netwerk.

Een belangrijk element van synchromodaal 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, kunnen zij deze goederen gaan bundelen om een hogere efficiëntie in een transport te bewerkstelligen.

Een noodzakelijke voorwaarde om een flexibele afstemming van goederenketens, vervoerketens en infrastructuurketens te kunnen verwezenlijken is dat de Situational Awareness (SA) van de verschillende actoren wordt vergroot. Dit houdt in dat elke actor informatie heeft om een situatie beter te kunnen beoordelen en zo beter kan beslissen en sturen. Om steeds betere beslissingen te kunnen nemen, moet een beslisser al doende kunnen leren. Ten eerste moeten verschillende verladers samen werken om het bundelen van de te vervoeren goederen mogelijk te maken. Een tweede voorwaarde is de aanwezigheid van een open, transparant en competent ICT platform. Een derde voorwaarde is de aanwezigheid van de benodigde infrastructurele faciliteiten.

Vragen en opmerkingen

Opmerking: Walther merkt op in zijn presentatie dat door vergrijzing de vervoersector het over een aantal jaren met 25% minder chauffeurs moet doen. Naast alle andere redenen is dit ook een reden om efficiënter te werk te gaan.

Opmerking: Planningslagen zijn belangrijk, goede planning maakt de operationele laag effectiever en makkelijker - "perfect planning prevents poor performance" dus het is belangrijk om "to predict and prepare". Op strategisch niveau zijn de afspraken wel moeilijk te maken. Er is veel opportunistisch gedrag (vergelijk gedrag sommige bestuurders in file).

Vraag: Waarom is strategisch (opportunistisch) gedrag verkeerd?

Antwoord: Omdat je zekerheid wilt bieden. Als tijdslots heel duur worden gaan vervoerders snel terug naar de oude routine. Er is veel onzekerheid over calculerend gedrag van speculanten.

Opmerking: Als containers weten wat ze willen, dan moeten mensen dat helemaal weten. *Antwoord:* Maar de mens denken vaak dat ze slimmer zijn dan het systeem, dus misschien moet je ze niet teveel vrijheid bieden?

Opmerking: Het verschil tussen personenvervoer en vrachtvervoer is dat er nog een laag tussen zit. Het stukje governance is bij synchromodaliteit nog niet goed ingevuld, en kan gemakkelijk verstoord worden. Frances Brazier geeft aan dat dit wel al de realiteit is, je kan er niet omheen. Het grootste probleem zit in governance en organisatie (is ook bij verkeersmanagement).

Vraag: Speculeren in transport leidt tot verstoringen en onzekerheid. Bedrijven zijn daar bang voor. Is intelligentie van de mens niet te groot en leidt dat niet tot verstoringen (gebruikers vs. sturing)?

Vraag over 'roadpricing': Vanuit het betalingsverkeer is de sturing heel anders. Hoe om te gaan met niet kunnen sturen? Informatie over wie waar heen gaat? Hoe zit het met de terugkoppeling van verkeersafwikkeling naar beleidsbeslissingen als aanleg infrastructuur?



Figuur 5: Discussie in subgroep

2.4. Hersennetwerken – Martijn van den Heuvel

Martijn van den Heuvel werkt voor het Universitair Medisch Centrum Utrecht en vertelt over het hersenonderzoek dat hij doet. We zijn er nog niet zo lang achter dat hersenen een netwerk bevatten. We dachten eerst dat het brein uit verschillende gedeeltes bestond met een eigen rol. Neurologie heeft ervoor gezorgd dat we op een nieuwe manier naar de hersenen zijn gaan kijken. Verbindingen tussen de hersencellen (synapsen) kunnen chemisch en elektrisch zijn (vergelijkbaar met langzaam en snelverkeer). Hoe het hersennetwerk in elkaar zit, weten we nog niet. Er wordt geprobeerd de verbindingen in kaart te brengen. Voor een klein wormpje is een dergelijke kaart (een connectome) gemaakt, maar bij de mens gaat dat niet lukken. Met behulp van MRI wordt er nu gekeken naar 'bundels' van verbindingen, een soort 'snelwegen'. De topologie helpt daarbij. Dit gaat dus over het netwerk, maar zegt nog niets over de functie. Zowel netwerk als de functie proberen we in beeld te brengen.

Zelfsturing vs. sturing: Een neuron weet alleen iets van de burens en heeft geen planning. Een neuron geeft een signaal af (vuurt) zonder doel. Het is niet duidelijk of er sturing door het DNA is. Van buitenaf kan er wel ingegrepen worden. Zo is bekend dat breinstimulatie bij de ziekte van Parkinson kan helpen de symptomen te verminderen. De vraag werpt zich op of (uitgebreide) sturing echt nodig is? Met 3 regels gaat het blijkbaar al heel goed.

Gelaagdheid: We hebben als gelaagdheid de drieslag neuron – hersengebied – breinnetwerk. Ook zijn er verschillende organisatievormen in het brein. Er lijken zo eigenschappen te ontstaan. Randvoorwaarde is dat het binnen de schedel gebeurt. Daardoor is het wellicht ook noodzakelijk om processen (zoals informatieoverdracht) efficiënt te laten verlopen. En er is behoefte aan efficiënte communicatiewegen. De aanwezigheid van (een soort) hubs duidt ook op een vorm van gelaagdheid. Het wegennetwerk omvat 4% snelwegen en deze verwerken 45% van het verkeer. Dat is in de hersenen ook zo.

Het brein laat een zekere mate van robuustheid zien bij ziekte. Bijvoorbeeld als een bloeding leidt tot het uitvallen van een functie beschikt het brein over een zeker aanpassingsvermogen. Medicatie grijpt in op het systeem, echter zonder dat we weten hoe het werkt. Veel medicijnen werken in op de synaps. Een micro-effect heeft effect op het hele systeem (dit zijn bijwerkingen). De vraag is dan ook wanneer leiden ingrepen in het systeem tot averechtse effecten. Simulaties kunnen helpen om 'perverse' effecten in beeld te krijgen. In de hersenen worden bijvoorbeeld stimulaties ingekapseld. Gewoontegedrag ontstaat als iets vaak wordt herhaald. Routekeuze in het verkeer lijkt daarop.

Vragen en opmerkingen

Opmerking: Bij de presentatie: In het brein is sprake van elektrisch en chemisch verkeer; elektrisch is snel maar "duur" verkeer. Er is nog relatief weinig bekend over het hersennetwerk, maar het vermoeden is dat het een van de meest efficiënte netwerken is. (Daarmee is het dus heel nuttig om te weten hoe het werkt.)

Vraag: Hoe kan je het brein beïnvloeden?

Antwoord: Dat kan met behulp van medicatie. Lastig is dat niet precies bekend is hoe de hersenen werken. Veel medicatie werkt op neuron- of zelfs synapsniveau, dan kan je bijvoorbeeld de snelheid van transmissie beïnvloeden. Dat kan echter, analoog met bijvoorbeeld toeritdosering, door gelaagdheid van het systeem ook elders effect hebben.

Vraag aan verkeersmanagers: wanneer moet men ingrijpen: neem als voorbeeld de ziekte van Parkinson. Er is een ingreep mogelijk, maar die is risicovol, en er zijn bijwerkingen. Bij verkeersmanagement zijn er ook risico's door ingrijpen - hoe vaak werkt verkeersmanagement nu ave-rechts op de weg?

Opmerking: Een voorbeeld van een onbedoeld effect: de extra file die ontstond op sommige 80 km zones. Die maatregel werkte op sommige plaatsen dus contraproductief. De maatregel is daar dus aangepast. Verder simuleren we als we risicovolle ingrepen willen uittesten.

Vraag: In het verkeer is vaak sprake van perverse effecten. Is dat bij hersenen ook zo? *Antwoord:* Ja, zie de bijwerkingen van medicijnen. Of elektroden die in de hersenen geplaatst worden en die worden ingekapseld waardoor ze niet meer werken. Wat hieruit af te leiden is, is dat neuronen er kennelijk belang bij hebben dat buurneuronen zich prettig voelen. Dat is anders bij weggebruikers.

Vraag: Wat is nou de trigger voor veranderingen in de topologie van het brein.

Antwoord: Dat verschilt per laag, sommige lagen zijn heel dynamisch (bijvoorbeeld waar verwerking plaatsvindt van visuele informatie van buitenaf). Veel indrukken van buitenaf leiden op termijn tot bepaalde aanpassingen in lokale stromen, zodat die met weinig energie afgehandeld kunnen worden.

Opmerking: Het idee van agents komt uit de neurale wetenschappen. Het is een tijdje minder in de belangstelling geweest maar wordt nu weer actueel. Dan gaat het om het opstellen van simpele regels, en het uittesten van de dynamiek van het systeem. Nu de connecties in beeld gebracht kunnen worden, is er weer meer mogelijk.

2.5. Internet – Rob Kooij

De presentatie van Rob Kooij bestond uit een filmpje uit 2000 (<http://youtu.be/bH2-egFK-8s>). De moraal van het verhaal is dat er analogieën zijn met verkeersmanagement (logisch), alleen is op het web sprake van pakketten in plaats van voertuigen, maar er zijn bijvoorbeeld ook een soort snelwegen. Opmerkelijk is dat de topologie in de visualisatie overeenkomt met die in de presentatie van Martijn van den Heuvel (hersenen).

Vragen en opmerkingen

Zie paragraaf 2.10; de vragen en opmerkingen van deze presentatie zijn gecombineerd met die van de presentatie van Rob van der Mei.

2.6. Elektriciteitsnetwerken – Arjan van Voorden

Bij de elektriciteitsvoorziening (EV) staat balanshandhaving (is afstemming aanbod (opgewekt vermogen) en vraag (gevraagd vermogen + verliezen)) centraal. Nieuwe ontwikkelingen zoals decentrale opwekkers en opkomst elektrisch vervoer maken balanshandhaving en daarmee sturing op lagere spanningsniveaus (0,4kV) noodzakelijk. In principe is het EV-systeem zelforganiserend maar indien er sprake is van uitval, verschilt de redundantie voor de verschillende lagen van het systeem. In de hoogspanningsnetten is er voldoende redundantie om de klanten aangesloten te houden. Het middenspanningsnet maakt gebruik van storingsverkliekers (deze zetten een herstelactie in gang) en (in de toekomst) een self-healing grid (voor automatisch herstel). Voor de laagspanning is vooralsnog geen automatisering van herstel bij uitval voorzien (de klant moet dit dan melden). De komst van de elektrische auto kan de variaties in de vraag aanzienlijk vergroten. Sturing (op basis van prijs/tarief) wordt daardoor steeds meer noodzakelijk.

Overeenkomsten tussen EV-systeem en verkeerssysteem zijn zelforganisatie en ontwerp en scenarioplanning. Een belangrijk verschil is dat bij een EV-systeem alleen binaire (en geen continue) sturing mogelijk is. Het EV-systeem is een gelaagd systeem (5 niveaus: Extra Hoogspanning (EHS = 380 en 220 kV), Hoogspanning (HS = 150 en 110 kV), Tussenspanning (TS = 50 kV), Middenspanning (MS = 20 en 10 kV) en Laagspanning (LS = 0,4 kV)). De bovenste 3 niveaus (EHS, HS en TS) hebben een grote redundantie en worden centraal en volledig geautomatiseerd bestuurd. Overeenkomsten tussen een EV-systeem en verkeerssysteem zijn de gelaagdheid en de relatie tussen het niveau (importantie) en de daarmee samenhangende keuzes in netwerk ontwerp. Een belangrijk verschil is dat bij een EV-systeem weinig omwegen beschikbaar zijn; sluipverkeer is onmogelijk.

Het handhaven van de balans tussen vraag en aanbod zorgt voor de systeemstabiliteit. Een belangrijke indicator voor een verstoring is de frequentie (50 Hz) van het systeem. Elektriciteitsnetten worden wel ontworpen om in de maximale vraag te kunnen voorzien (planningshorizon van 10 jaar). Daarnaast kan de nominale waarde (de maximale stroom die continu kan getransporteerd worden, zonder dat dit tot problemen leidt) tijdelijk worden overschreden. Het EV-systeem en het transportsysteem delen een grote mate van robuustheid. Een verschil tussen beide systemen is dat bij een EV-systeem er geen doorstroomverschillen bestaan; er is wel of geen transport.

Andere belangrijke overeenkomst tussen het EV-systeem en het transportsysteem zijn:

- Financiële prikkels kunnen worden ingezet om de vraag te beïnvloeden.
- Als ernstige verstoringen optreden leidt dat tot grote chaos.

Belangrijke verschillen zijn:

- De EV-hoofdinfrastructuur wordt niet (gepland) onderbroken.
- Compensatievergoedingen worden uitgekeerd indien EV-systeem niet voldoende presteert.

Vragen en opmerkingen

Opmerking: Stedin is nieuwe naam van Eneco netbeheer (het gaat om de infrastructuur die onder de grond ligt). Hier is dus wel sprake van een netbeheerder. Deze netbeheerder faciliteert de markt en heeft doelstellingen met betrekking tot de duur van storingen per aangesloten klant.

Opmerking: Nu was de energielevering vooral een top down beweging, maar met steeds meer lokale opwekking komen er ook bottom up bewegingen. Dan is meer monitoring en sturing nodig. In Duitsland is hier al meer sprake van.

Opmerking: De afstemming van vraag en aanbod wordt op Europees niveau geregeld (om 50 Hz te handhaven). Er zit nauwelijks buffering in het systeem! Alleen met behulp van bijvoorbeeld spaarbekkens in waterkrachtcentrales kan gebufferd worden [en met batterijen/accu's].

Opmerking: Netbeheerders mogen geen congestie toestaan, want je kan energie slecht bewaren. Als er veel aanvragen voor windmolens binnenkomen, hebben netbeheerders tijd nodig voor de opbouw van het netwerk. Stuurmechanismen zijn nu nog veel duurder dan een nieuwe kabel aanleggen. Sturing die er nu al is betreft bijvoorbeeld het omschakelen van de richting.

Opmerking: Gezien de piekvraag is het wellicht handig is om laadpunten van elektrische voertuigen bij bedrijven te plaatsen. Maar het is ook mogelijk dat alleen 's nachts laden toegestaan wordt.

Vraag: Een mogelijke toekomstige optie is dat men zelfvoorzienend kan worden, misschien is dit een kant die veel mensen op willen gaan?

Antwoord: Dit is in vergelijking met aangesloten zijn op het bestaande netwerk erg duur. En als er iets mis gaat is de impact (lokaal) hoog.

Opmerking: Lastig is dat het netwerk groeit en groeit en een brij van verbindingen aan het worden is. Het wordt dus moeilijker om te beheersen (zodat verstoringen zich niet voortplanten). Voor wat betreft de toestand van het huidige netwerk: Er moet investering plaatsvinden op een aantal knelpunten, op alle niveaus.

Opmerking: Wij als verkeersmanagers kunnen leren van de afspraken over doelen die gemaakt worden.

Vraag: Als je meer uitval toestaat, scheelt dit in de kosten. Hoeveel scheelt dit dan?

Antwoord: Deze berekening is nog niet gemaakt, maar is wel interessant. Duidelijk is wel dat nu nog een minuut eraf halen heel veel kost. Andersom moet je wel goed de gevolgen kunnen inschatten. Dat is niet altijd even eenvoudig. Een voorbeeld: een stroomstoring van 5 minuten (korte duur dus) kan de NS uren platleggen. Dit is voor het wegennet ook van belang, bijvoorbeeld waar het gaat om betrouwbaarheid van reistijd (hoe groot is de schade voor bedrijven en andere consumenten?).

Opmerking: In het brein is er nauwelijks sprake van down time (alleen in zekere zin bij het buiten bewustzijn zijn).

Algemene constatering: De discussie over de gewenste beschikbaarheid van het netwerk en wat voor vertragingen acceptabel zijn leeft. De vraag is: Hoeveel wil je uitgeven om dat op te lossen?

Algemene constatering: De gelaagdheid van de verschillende systemen valt op.

2.7. Kaartbetalingsproces – Edward van Dooren

Het kaartbetalingsproces verloopt kort samengevat als volgt. 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. Het transactieproces bestaat dan uit drie processtappen: (1) authenticeren en autoriseren van betalingsverzoek, (2) vastleggen transactie en (3) clearing & settlement van de transactie.

Net als wegverkeer bestaat het transactiesysteem uit stromen, in dit geval van transactieberichten. In het betalingsverkeer wordt drukte op het netwerk gemeten met behulp van het aantal transacties per seconde (TPS). Tijdens koopavonden (donderdagavond, vrijdagavond) en vooral zaterdagmiddag wordt het hoogste aantal TPS gemeten. Daarnaast zijn er ook jaarlijkse terugkerende tendensen: in mei (vakantiegeld is binnen) 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 ultiem hoogtepunt de zaterdag voor kerst.

Een kaarttransactie is een zeer gestuurd proces. In tegenstelling tot het meeste wegverkeer, 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. Er zijn wel afspraken over snelheid, maar er is geen ketenregie, althans niet voor de complete keten (wel over delen). Een kaartbetaling is een zeer kostenefficiënte, veilige en betrouwbare betaalmethode. De groei van het aantal kaartbetalingen (circa 7% per jaar) wordt gestimuleerd – denk aan mediacampagnes als "Klein bedrag? Pinnen mag". Dit ligt heel anders bij wegverkeer, waar niet naar groei wordt gestreefd.

Er lijkt in het geldverkeersysteem een gelaagdheid te zitten. Net als er naast wegvervoer ook vervoer per andere modaliteiten bestaat, zijn er ook andere vormen van betalingen (cash, overschrijvingen, incasso, etc.). Daarnaast hebben verschillende brands (bijvoorbeeld American Express, MasterCard, Maestro, Visa) eigen regelgeving en standaardsaties. De regelgeving kan zowel mondiaal, regionaal als landelijk van toepassing zijn. 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 één 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.

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 onder andere:

- Betalingsverkeerprotocollen gebaseerd op internationale standaarden;
- Beheersprocessen;
- Continue monitoring van processen en meting van prestaties;
- Dubbele uitvoering van applicaties, systemen en netwerken;
- Uitwijksystemen;
- Periodieke interne en externe audits op betalingssysteem (er is een 99,98% betrouwbaarheid tijdens pieken nodig).

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. Af en toe ontstaat congestie. Dit kan zowel verwacht zijn (bijvoorbeeld door de drukte rond kerst) als onverwacht (bijvoorbeeld 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 dan afgehandeld door Equens.



Figuur 6: Presentatie Edward van Dooren

Vragen en opmerkingen

Opmerking: Er is een duidelijk verschil tussen betaalverkeer en wegverkeer. Het aantal pinbetalingen wordt gestimuleerd, bij wegverkeer ligt dat anders.

Opmerking: Misschien is bij pinnen het alternatief duurder en dat is bij wegverkeer niet altijd (duidelijk) het geval.

Vraag: Hoe werken de audits die op het betaalsysteem worden toegepast?

Antwoord: Er is een 99,98% betrouwbaarheid tijdens pieken nodig, daar wordt op gecheckt. De systemen worden gecheckt en de toegang erop, en dat wordt ook extern geaudit.

Vraag: Jullie maken ook steeds meer gebruik van datanetwerken, die zijn ook kwetsbaar (iDeal ligt er vaak uit, Vodafone ook).

Antwoord: Dat wordt onderling afgedwongen, maar ook door EU regelgeving (bijvoorbeeld het gebruik van een chip in plaats van een magneetstrip op een bankkaart). Stakeholders kunnen bij een bepaalde instantie inbreng hebben.

Vraag: Worden er SLA's met de providers gemaakt?

Antwoord: Dit is inderdaad het geval, maar wel gedeeltelijk, niet alles kan afgedwongen worden. Je kunt proberen de verantwoordelijkheid af te schuiven maar er zijn bepaalde risico's.

2.8. Watermanagement – Wytze Schuurmans

Wytze Schuurmans is actief in watermanagement. Hij ziet veel raakvlakken tussen water en verkeer. Dat speelt zich af op allerlei niveaus af: van huishoudens tot Rijkswaterstaat. Water wil niets, maar stroomt van hoog naar laag. Er zijn kunstwerken nodig om te regelen, en dat op alle schaalniveaus (van het doorspoelen van het toilet tot gemalen en stuwen). De frequentie van sturing gaat van seconden naar seizoenen. Ingrijpen verschilt naar gelang de omstandigheden. Bij normale omstandigheden gebeurt dat met metingen, voorspellingen en beslismodellen. Bij calamiteiten verandert dat in handbediening en bestuurlijk inmenging (bijvoorbeeld de beslissing om een polder onder water te zetten). Bestuurlijke verantwoordelijkheid speelt dan een grote rol.

Er wordt veel gemodelleerd, ook daarin is gelaagdheid (net als bij verkeersmodellen). Besturing gebeurt ook in lagen. Daarbij is feedback heel belangrijk. Momenteel is feedforward regelen in opkomst (anticiperen). Mensen spelen ook een belangrijke rol! Er worden hoge eisen aan robuustheid gesteld, maar er is weinig geld beschikbaar. De ontwikkelingen liggen op het gebied van informatiemanagement, real-time sensoren, real-time control en integraal beheer. Voor monitoring wordt een soort 'floating car data' gebruikt, geen voertuigen, maar stofjes en gemarkeerde visjes. Voor watermanagement is onderhoud een kostenpost en dat geldt ook voor de gebruikte software. Feedforward besturing is wel degelijk nodig. Dat geeft toch meer mogelijkheden voor management.

Vragen en opmerkingen

Vraag: Hoe zit het met gedragsveranderingen?

Antwoord: Er wordt zelfredzaamheid van de mensen verwacht.

Opmerking: Problematiek bij waterbeheer ligt vooral op het lage schaalniveau. Er wordt veel gemonitord, en ook veel voorspeld. Er zijn dus veel beslismodellen nodig. De kunst is om die zo te maken dat ze niet te vaak ingrijpen. Daarnaast wordt veel geautomatiseerd, maar bij calamiteiten wordt toch teruggevallen op handmatige bediening (zodat de verantwoordelijkheid bij iemand neergelegd kan worden). Overigens hebben ze bij de Maeslandtkering juist deze beslissing geau-

tomatiseerd, want die kering sluit als het goed is zo weinig dat men niet goed voorbereid kan zijn op de beslissing om hem wel of niet te sluiten!

Opmerking: Opmerkelijk feitje dat gedeeld wordt: er wordt meer geld gestoken in riolering dan in dijken!

Vraag: Waar zit het optimum voor bestuurlijke inmenging? Is het zo dat wat je wilt automatiseren heel vaak en uitzonderlijk weinig voorkomt?

Antwoord: Je kunt het formeel wel optimaliseren, maar in de praktijk gaat het om politiek-bestuurlijke dekking. Daar zit een leerproces in, er is nog veel te doen. Patroonherkenning is nodig en in ontwikkeling.

Vraag: Een recente ontwikkeling is dat een particulier volgens nieuwe Waterwet verantwoordelijk is voor watermanagement op het eigen stuk grond.

Antwoord: Maar de gemeente moet wel de afvoer mogelijk maken, daar is de gemeente weer verantwoordelijk voor.

Vraag: Qua monitoring: Je kan tot op een huisadres zien wat de kans op wateroverlast is. Wat als je dat in wegverkeer weet? Kan je (in beide gevallen) het gedrag beïnvloeden? Bijvoorbeeld de keuze van een woonadres [risicomijders vs. risicozoekers]?

Antwoord: Dit is en lastig onderwerp, enerzijds wil je burgers informeren, anderzijds wil je niet met problemen te koop lopen.

Vraag: In het wegverkeer willen we steeds meer gebruik maken van floating car [vehicle] data. De vraag is of dit voor watermanagement ook nodig of wenselijk is.

Antwoord: Monitoring van water vanaf de kant kan, je hoeft niet met het water mee te bewegen. Hoewel vissen wel getrackt worden.

Vraag: Hoe zit het met het [functioneel] onderhoud. Bijvoorbeeld van software die mee moet groeien met de ontwikkelingen.

Antwoord: Waterbeheerders besteden steeds meer uit op dit gebied, en dat is (volgens Wytze) ook beter.

Vraag: De verdeling voor wat betreft de besturing is feedback 80%, feed forward 20%. De vraag daarbij is: hoeveel moet je van tevoren weten?

Antwoord: Voorspellen is enerzijds weten wat er staat te gebeuren, anderzijds ook wat je er aan kan doen. Maar de mogelijkheden voor management (op basis van voorspellingen) zijn eerder beperkt (bijvoorbeeld: bij regen gemaal eerder aan, mensen oproepen eerder naar huis te gaan).

2.9. Communicatienetwerken - Rob van der Mei

In essentie worden de problemen met betrekking tot 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 Traffic Management 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! Als vervolgens de verkeersvraag nóg verder oploopt, zal een bepaalde (kritieke) waarde worden overschreden, waarna de throughput zelfs afneemt en uiteindelijk tot nul reduceert! 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 servicegraad en/of een efficiënter gebruik van de middelen.

Robuustheid wordt over het algemeen gerealiseerd door het aanbrengen van redundantie in het netwerk. In het bijzonder 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.

Vragen en opmerkingen

Vraag: Hoeveel kennis heeft een router van andere routers?

Antwoord: Dit wordt geregeld met routeringsprotocollen, die krijgen een overzicht van het netwerk en vullen de routingstabel, dat is heel lokaal. (Net zoals men denkt dat het in het brein gaat.)

Opmerking: Pakketten raken zoek, worden soms ook gewoon weggegooid. Maar pakketten worden heel vaak verstuurd, dat is een vorm van redundantie. Dat gebeurt in het verkeer niet.

Opmerking: Congestie komt voor op het web. Juist in onvoorspelbare situaties. Een oud voorbeeld: het Henny Huismaneffect, dat iedereen tegelijk hetzelfde nummer belt, wat het systeem dan niet aankan. Bij SMS-acties worden de verbindingen (de stromen) nu beter verspreid. ICT netwerken zijn heel hiërarchisch van aard, in de kern zit het goed, maar in de lokale aansluitingen gaat het soms fout vanwege capaciteitsproblemen. De beslissing om meer bandbreedte aan te leggen is een kwestie van kosten. Telecomproviders proberen de infrastructuur aan te leggen zodanig dat gebruikers het grootste deel van de tijd tevreden zijn. Aanleg is in verkeersmanagement misschien een wat grotere inspanning.

Vraag: In hoeverre kunnen pakketjes fysiek botsen?

Antwoord: Lokaal is er geen verkeersagent, daar komen 'botsingen' voor. Dan moet het pakketje nog een keer gestuurd worden, de dienst is dan trager. Fysiek botsen de pakketten niet - eigenlijk is alles sequentieel, dus het is vooral een kwestie van in de wacht staan. Als de buffer te klein is, vallen er wel pakketten weg.

Vraag: Welke inspanning is nodig om de toenemende vraag te kunnen accommoderen.

Antwoord: In het oude telecomnetwerken was [centrale] sturing heel belangrijk. Nu hangen allerlei systemen aan elkaar. De noodzaak om zelforganisatie in te voeren wordt daarmee steeds groter. Handmatig kan je mobiel verkeer niet meer sturen, dus self organisation en self healing is dan nodig.

Opmerking: In het filmpje wordt geen gewag gemaakt van regelsystemen. Toch blijken er regels in het spel te zijn, bijvoorbeeld bij routers. Er is continue monitoring en aanpassing van parameters, er zit een doelfunctie achter (er is zelfs Green ICT!).

Vraag: Wie zijn de beheerders van het datanetwerk?

Antwoord: Er wordt door allerlei diensten van het netwerk gebruik gemaakt. In het internet zijn er autonome systemen, deze zorgen voor hun stuk en maken afspraken met andere partijen. Er is geen regisserende partij die het overall overzicht heeft. Maar de technologie gaat zo snel dat men nog steeds tevreden is.

Opmerking: Het blijkt moeilijk om een analogie te trekken tussen ICT- en wegennetwerken: de impact van een extra datapakketje is niet zo groot, en er is geen human factor in het spel.

Opmerking: Bij telecom blijken de grootste vertraging te ontstaan op aansluitingen, wat we in wegverkeer het onderliggend wegennet zouden noemen [eigenlijk de 'erfontsluitingswegen']. Wegennet en communicatienetwerken zijn daarmee vergelijkbaar, maar opmerkelijk is dat voor het wegennet de files op de autosnelwegen meer in het oog lopen.

Vraag: Zou je met behulp van gaming kunnen bekijken hoe het gedrag van klanten is?

Antwoord: Wie zouden in het spel de klanten zijn? Belangrijk is het gedrag van alle actoren, inclusief een regisseur. Daarnaast zien we parallellen met verkeersmanagementmaatregelen als doseren. Men kan ook denken aan een Nash-equilibrium. Wat anders is in dataverkeer dan op de weg: in dataverkeer gaat het als het ware om treinen van pakketten. En (zoals al eerder opgemerkt) het opnieuw sturen van de entiteit (voertuigen) kan niet op de weg.

Opmerking: Er is in mobiele netwerken nog weinig sprake van redundantie. Een scenario waarbij gebruikers zowel via KPN en Vodafone kunnen internetten is nog toekomstmuziek. Technisch is het mogelijk, maar organisatorisch ligt het lastiger - betaal je dan aan beide providers, bijvoorbeeld? Dit is dus zowel een technisch als een business verhaal (dat zagen we ook in de presentatie van Walther over synchronodaliteit). Vanuit de Kamer is naar aanleiding van de grote storing van Vodafone eerder dit jaar wel een concrete vraag hierover gesteld. Wellicht is regulering nodig? Er is wellicht sprake van een Prisoner's dilemma.

Vraag: Kan hetzelfde business model gebruikt worden als bij energienetwerken?

Antwoord: Deze vraag is nog niet te beantwoorden.

Vraag: Hebben routers kennis van het netwerk?

Antwoord: Door routeringsprotocollen. Dat is wel beperkt. Router weet alleen het volgende adres. Pakketten raken veel zoek of moedwillig vernietigd. Congestie komt nog steeds voor (SMS-acties!). Kosten spelen een rol. Er is optimalisatie naar klanttevredenheid; dit komt overeen met beleidsdoelen. Het netwerk is volledig gestuurd, er is geen zelforganisatie.

Vraag: Wat is nodig om de toenemende vraag te kunnen blijven sturen?

Antwoord: De noodzaak voor zelforganisatie wordt steeds groter door de toename van mobiele netwerken. Security wordt een issue. Achter de regelcyclus zit een doelfunctie. Dat is bij verkeer minder het geval. Criteria op grond waarvan capaciteitstoewijzing plaatsvindt zijn belangrijk. Het is

niet duidelijk wie het internet beheert. Er is geen overall view. Is daar een analogie te vinden? Het schaalniveau bij internet en wegnetten is heel anders.



Figuur 7: Presentatie Rob van der Mei

2.10. Large scale critical infrastructures – Frances Brazier

Infrastructurele systemen zijn netwerk-systemen waarin 3 lagen kunnen worden onderscheiden: (1) fysieke laag (fysieke infrastructuur), (2) communicatielaag, ICT (dekking, clustering, virtuele organisaties) en (3) participatielaag (sociale structuren, mens-netwerk interactie, bestuur). Self-management vindt plaats binnen elk niveau, en vergt interactie tussen de drie lagen.

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. De middelste laag bevat self-management door ICT. Dit betreft coördinatiemechanismen die zorgen voor zelforganisatie van energiegebruik, of zelforganisatie door middel van informatie. De communicatiestructuren, coördinatiemechanismen, informatievoorziening, cyber-security, autonome aanpassingen, en 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 technologie die van belang is in grootschalige gedistribueerde systemen zoals het verkeerssysteem is sterk in ontwikkeling. Belangrijke uitdagingen zijn: Self-management, self-organisation, self-healing, containment of failure. Hoe is dit te realiseren? Welke overlegstructuren werken het beste? Hoe houden we de kwaliteit van de infrastructuur op orde? Hoe zit het met de toekenning van taken en verantwoordelijkheden (accountability)? Zijn garanties t.a.v. privacy gewenst? Etc.

Een belangrijke leidraad is lokale aggregatie en coördinatie van informatie op basis waarvan global management mogelijk is (zo werken de hersenen toch ook?).

Zelforganisatie gebaseerd op lokale coördinatie vraagt om een uitwerking van het ontwerp op een drietal gebieden:

- Creëer een vertrouwensbasis (sociale acceptatie, transparantie, veiligheid en zekerheid);
- Werk de autonome componenten uit (empowerment, self-management, self-regulation);
- Hoe verloopt de communicatie (betrokkenheid, aanwezigheid, bekrachtiging)?

Gaming is een interessante ontwikkelomgeving om het 'gedrag' van het systeem verder te onderzoeken:

- Exploratie - emergent gedrag, inzichten, effecten van ontwerpkeuzes;
- Situational awareness - hoe, wat, waarom;
- Training.

Gaming verschaft mogelijkheden voor simulatie en emulatie, zoals

- Studie gedrag van het systeem in de loop van de verschillende fasen van systeemontwerp, what-if, ...
- Verken verschillende ontwerpkeuzes:
 - Volledig gedistribueerde v.s centrale versus semi-gedistribueerde organisatie/communicatie;
 - Een op een onderhandeling vs. centraal communicatiekanaal vs. decentrale communicatiekanalen;
 - Clustergrootte, etc.

Een voorbeeld vanuit de energiemarkt: huishoudens wekken zelf stroom en kunnen ook aan elkaar leveren. Dit kan met agents gerepresenteerd worden. Technisch is veel mogelijk, maar hoe krijg je mensen zover dat ze participeren? Denk aan de trend om de administratie bij de gebruiker neer te leggen. Het hoeft niet centraal geregeld te worden (is hier een analogie met verkeer?). Simulaties met agenten kunnen nu 10.000 tot 20.000 agenten aan. Verkeer moet veel meer aankunnen.

Vragen en opmerkingen

Vraag: Gaat het niet alleen om techniek, maar ook om mensen die er mee moeten werken (en dus heel belangrijk zijn), en wordt dat vaak vergeten, waardoor in praktijk dingen anders gaan dan in theorie?

Antwoord: De techniek en de mens kant moeten gezamenlijk ontwikkeld worden. Opgemerkt wordt dat een automobilist nauwelijks inzicht heeft in de gevolgen van zijn gedrag (voor zichzelf en anderen) [en dus niet snel iets onbaatzuchtigs doet]. Als mensen feedback krijgen over de gevolgen van mogelijke keuzes lijkt er overigens wel degelijk verandering mogelijk. Genoemd wordt het onderzoek van Margaret Bell die vroeg of mensen anders wilden rijden als de wind ongunstig staat waardoor de luchtkwaliteit naast de weg slecht was (en dat was men bereid te doen). Participatie is dus mogelijk. Maar nu is er nog vaak sprake van onvolledige of onjuiste informatie.

Opmerking: We delen de weg met allerlei partijen, maar we hebben verschillende doelen (bijvoorbeeld reistijd versus emoties). Frances meent dat je dit kan meenemen in games. Het is uiteinde-

lijk ook een kwestie van beeldvorming en acceptatie. Bewustwording is nodig, bijvoorbeeld het in sommige gevallen duidelijk maken aan mensen wat hun verantwoordelijkheid (of mogelijkheid tot inbreng) is.



Figuur 8: Discussie over gepresenteerde analogieën

3. Gevonden analogieën

3.1. Categorisering naar 11 verkeersmanagement domeinen

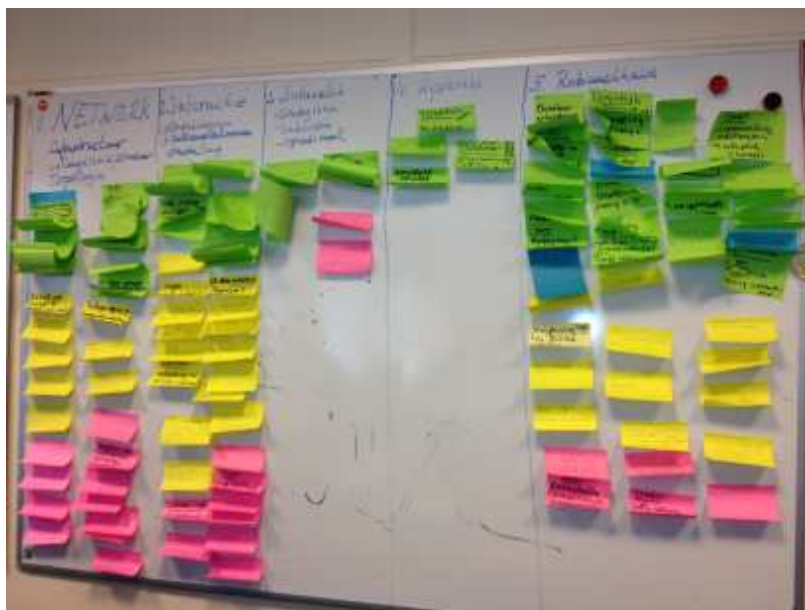
Tijdens de workshop konden de deelnemers met briefjes aangeven waar ze wel of niet analogieën zagen. Er werd onderscheid gemaakt naar drie waarderingen:

- Groen: er is sprake van een interessante analogie
- Geel: wellicht is er sprake van een analogie
- Rood: er is geen sprake van een analogie

De briefjes zijn na afloop van de workshop verder gesorteerd in 11 categorieën die 'domeinen' in verkeersmanagement aangeven. De volgende domeinen worden onderscheiden:

- Netwerk;
- Interactie voertuigen en verkeersdeelnemers onderling;
- Interactie Strategisch – Tactisch – Operationeel;
- Hysterese;
- Robuustheid;
- Doelfunctie;
- Gelaagdheid (in regeling);
- Multimodaal;
- Waarom DVM – Branding;
- De Mens;
- Monitoring/Data.

Hieronder volgen voor deze 11 categorieën de gevonden (wel-of-niet) analogieën. Zie figuur 9.



Figuur 9: Foto van de categorisering van mogelijke analogieën

Categorie 1: Netwerk

1: Netwerk - groen
Qua uitbreiding van het ICT-netwerk lijkt internet op het wegennetwerk.
Gaat niet vanzelf. Moet gebouwd worden en kost geld
Planning ... en inschatting van toekomstige vraag
Het netwerk kan niet uitbreiden
Gelaagdheid: efficiënt communiceren
Structuur is geen functie van de hersenen, maar wel dominant voor het functioneren.
Structuur zorgt voor routing
Neuron to neuron: geen kennis van het hele systeem
Hersenen: weinig bekend over de zelforganisatie en 'eigenwijsheid' van individuele neuronen.
Stedin: uitbreiding infra kost tijd, procedures, etc.
Stedin: beheer netwerk verdeeld over verschillende netwerkbeheerders
Stedin: diversiteit aan aanbieders vraagt aanpassing van het netwerk, net zoals nieuwe modaliteiten aanpassing van de weginfra vragen.
Dierenmodel toepassen op netwerken met beperkte capaciteit en alternatieve routes
Efficiëntie netwerk -> kwaliteit afwikkeling
ICT: niet 1 netwerkbeheerder (maar toch werkt het)
Netwerkbeheerders telefonie – internet vs. netwerkbeheerders wegennet
Detailinfo riolering
Complexe netwerken: informatiemanagement, protocollen, pakketjes, gelaagdheid netwerk
Gelaagdheid in combinatie met efficiency
Flexibiliteit van het hersennetwerk (structuur verandert in functie van de situatie)
Met een beperkt aantal gedragsregels is systeem bestuurbaar
Hub en spoke configuratie internet
Zelforganisatie, selfhealing, etc.

Stedin: systeem compartiment eerst. Systeem moet blijven werken! Desnoods koppel je een deel af. (op/afrit afsluiten)
Communicatie
Spreiden over netten
Router neemt eenvoudige beslissingen en stuurt door
Niet streven naar 100%, maar balans (beleidsdoel)
Kwaliteitscriteria?
Gelaagdheid (local area)
Verkeer: 4% snelweg & 40% verkeer; hersenen: 15% snelweg & 40% verkeer. Conclusie: aandeel snelwegen moet stijgen naar 15% (want hersenen maximaal efficiënt georganiseerd)
Brein: scheiding snel/langzaam verkeer, netwerk (van neuronen), gelaagdheid netwerk met 'snelwegen', interactie tussen neuronen -> tussen voertuigen
Internet: netwerk, dataverkeer (\approx logistiek), kosten/baten; extra infrastructuur kost veel, bufferen om betrouwbaarheid te vergroten, beperkte capaciteit.
Stedin: vraag en aanbod dynamisch op elkaar afstemmen, prognose (lange termijn) nodig.
Stedin: internationale samenwerking
Onderscheid langzaam / snelverkeer (hersenen)
Observeren en reconstrueren van bewegingen
Kosten/baten modellen
Wat doe je bij incidenten? (psvo's)
Centrale regie over alle netwerken
Stedin elektranet: pleidoor voor Anders Betalen voor Mobiliteit
Sterke gelaagdheid in netwerk met sterke (kwaliteits)verschillen
Communicatienetwerken: welke regelsystemen, welke doelfuncties, welke algoritmes?
Stedin: sturen op spreading van elektriciteitsvraag (vgl. spitsmijden), zelfherstellend: flexibele infrastructuur

1: Netwerk - Geel

Organisatie van waterbeheer.

Effecten van de 'infra'? (bochten i.r.t. school)

Planningsproblematiek: strategische keuzes vs. ruimtelijke ordening (forecasting)

Water: afvoer van water heeft één doel: het eind van het riool/ zuivering. Verkeer is enorm divers aan reisdoelen

Frontoffice – backoffice

Interne en externe audits op betalingsverkeer

Outsourcen van onderhoud en systeem opwaarderingen

Stedin: spreiding van de vraag is in verkeer slechts beperkt mogelijk

Kaartbetalingen: internationale standaarden (ontwerp, prestatie eisen, veiligheidscriteria)

Subgroepen? (compartimentering) zelfde voorkeursrichting

1: Netwerk - rood

Er is veel meer capaciteit in logistieke ketens.

Brein: netwerk is nog niet in kaart gebracht, netwerk kan zich heel snel aanpassen, pakketjes hebben van tevoren geen doel/bestemming

Internet: package loss (i.t.t. wet van behoud van voertuigen), geen zelfsturing

Stedin: geen buffering

Hersenen: structuur dynamisch, snelle nieuwe aansluitingen (binnen paar uur), netwerk nog onbekend

Vogels/vissen: geen structurerende/beperkende infrastructuur, sociale component/noodzaak bij mensen in het verkeer veel minder aanwezig

Elektriciteit: stroom loopt/rijdt met de lichtsnelheid en er zijn geen buffers

Redundantie kunnen we ons niet veroorloven

Statistische vs. causale verbanden

Lerend vermogen?

Complexe netwerken: zoekraken pakketjes, vernietiging
Hersenen: de dimensieverschillen zijn heel groot. Er is wel sprake van een netwerk, maar er zijn geen weggebruikers met een OD?
Stedin: er wordt geen congestie geaccepteerd. Niet efficiënt. Piekbelasting faciliteren.
Stedin: er is een alternatief beheerder. Je kunt zelf autonoom je energie opwekken en verbruiken.
Communicatienetwerken: geen zelfsturing, weinig ruimtelijke beperking

Categorie 2: Interactie voertuigen en verkeersdeelnemers onderling

2: Interactie voertuigen en verkeersdeelnemers onderling - Groen
Vogels: helpt het schokgolven beter te begrijpen en te voorkomen?
Zwermen: Er zijn fundamentele diagrammen te herkennen. Omvang zwermen bepaalt: snelheid, polarisatie, ...
Zwermen: Zwermen kennen leiders
Containers als agents: route, vertrektijd, parkeergeleiding, slotmanagement. Samenwerking tussen personen en vracht is nodig. Sturing op basis van HB (i.e. A12-bodegraven, spits-, filemijden, mobiliteitsmanagement)
Volledig gebaseerd op zelforganisatie
Snelheid: vissen hebben geen vaste snelheid (analogie met wegverkeer); Vogels hebben wel een vaste snelheid, maar botsen niet (toekomst voor voertuigen?)
Zwermen: Intelligentie toepassen/kopiëren in ITS applicaties. Voordelen van dergelijk gedrag duidelijk maken aan bestuurders, weggebruikers
Véél meer op basis van lokale interactie: vogels, vissen, hersenen ... autos?
Vissen: Alleen kennis van "voren". Vogels: vaste snelheid door wisselen van "strook"
Logistiek: Het regelen van de verkeerstromen via agents
Vogels: Politie mee laten rijden als analogie voor de roofvogel
Zwermen: Directere koppeling/communicatie. Versnellen communicatie tussen voertuigen/verkeersdeelnemers
Vogels/Vissen: zelforganisatie uitstekend door van 7 à 8 burens te weten wat ze doen. Is dat

ook zo bij het wegverkeer? Coöperatief rijden kan dit faciliteren
Zwermen: Zelforganisatie
Hersens: Overeenkomstig gedragspatroon neuron ("vuurt" informatie) en weggebruiker: accelereert zodra het kan (en kijk dan niet naar gedrag medeweggebruikers) ... denk aan filerijden.
Verder kijken = minder snelheidsfluctuaties ... coöperatief rijden
Zwermen: Drie a vier onderliggende regels zorgen voor een volledige sturing. Gebaseerd op interactie en coalitievorming met omgeving
Aanpassing afstand in combinatie met hysteresis. Gedragsregels voor scholen. Vaste uniforme snelheid van vogels (n.b. heeft invloed op vorm)
Verder kijken = harder zwemmen/rijden => coöperatief rijden
Menselijke beslissingen. Betrouwbaarheidsperceptie. Transparanter, open data. 6-7 vogels vooruit kijken. Robuustheidsdenken

2: Interactie voertuigen en verkeersdeelnemers onderling - Geel


Zwermen: Ontbreken van wegen maakt analogie niet triviaal
Vorm van de school versus de vorm van een file?
Vogels/Vissen: Zijn min of meer robots en 'slaafs' aan de leider, die lokaal sturen analoog aan de pacecar
Vogels vliegen in een 3-dimensionale ruimte, terwijl voertuigen het met een tweedimensionale ruimte moeten doen. Werkt het model voor vogels nog in 2D?
De leidersfunctie bij zwermen versus het experiment met blokrijden in het wegverkeer
Vissen zwemmen vrij in de ruimte. Wat als zij een rivier af/op moeten zwemmen (analogie met de rijbaan)?
Zwermen: vaste snelheden van vogels in bochten zijn moeilijk te realiseren in het wegverkeer.
Zwermen: de ruimte is in 3D. Wat is het effect van de lengte van de vis versus de afstand tot de voorganger. De reactietijd in het model is 50 milliseconden.
Logistiek: Levert het bundelen van kleine deeltjes de meeste winst op?
Zwermen: Aantrekkingskracht; botsingen vermijden; zelfde richting aanhouden; geschikt als onderliggende regels voor coöperatieve systemen

Zwermen: Subgroepen versus pelotons
Logistiek: Speculatie op prijs verkeersaanbod in relatie tot vraag
Zwermen: Geleiding in ruimte te vertalen naar gedrag?
Zwermen: Groepsvorming bij scholen en zwermen als analogie voor pelotonvorming op de weg. Vertraging en filevorming in scholen leidt niet tot stilstand. Moet autorijden minder leuk worden , rationeler, door een autoriteit te laten sturen?
Organisatie communicatielagen (wat werkt het beste in welke omstandigheden)
Vogels maken allemaal dezelfde bocht. In de bocht kruisen ze elkaar. Kunnen botsingen ook in 2D voorkomen worden?
Zwermen: De wijze van communiceren/informatie overdracht leidt tot koers/bestemming en route. De communicatie is tussen voertuigen.

2: Interactie voertuigen en verkeersdeelnemers onderling - Rood

Zwermen: Aantrekkingskracht, botsingen vermijden, zelfde richting aanhouden. Drijvende regels voor coöperatieve systemen?
Stedin: Snelheid van elektronen en de snelheid waarmee verstoringen zich voorplanten bemoeilijken de analogie met het wegverkeer.
Hersenen: hersenneuronen kennen alleen hun directe omgeving en vuren informatie af. Centrale sturing is niet nodig en kan ook niet. Zelforganisatie is de basis.
Zwermen: Bij wegverkeer is er sprake van beperkte capaciteit. In de lucht en in het water is voldoende ruimte. Geen stilstand bij zwermen en de mogelijkheid zich in drie dimensies te verplaatsen bemoeilijken de analogie
Zwermen: 3D, versus 2D voor wegverkeer. Vogels hebben geen herkomst of bestemming en geen route. Vogels en vissen hebben interesse voor elkaar
Zwermen: Groepen kunnen continu van vorm veranderen en botsen niet.
Zwermen: Vogels en vissen zoeken elkaar op vanwege de veiligheid.
Zwermen: Verplaatsingen zijn eensgezind in richting en snelheid (= utopisch). De gebouwde omgeving is zeer divers en versnipperd (urban sprawl). Verplaatsingen zijn daarom veel moeilijker te voorspellen.

Categorie 3: Interactie Strategisch-Tactisch-Operationeel

3: Interactie Strategisch-Tactisch-Operationeel - Groen
Leidersfunctie gekoppeld aan ervaring
Transport: als containers weten wat ze willen, dan moeten mensen dat ook weten! Predict and prepare kan nog beter worden toegepast in (personen)verkeer
De container weet waar hij heen moet, de haast en de kosten; de mens ook, maar communiceert daar niet over – vrijwillig of automatisch?
Integraal beheer → ontwikkeling (watermanagement)
Gaming ook in VM
Betere vulling van personenvoertuig <u>Logistiek</u> – Governance en organisatie Predict & prepare – 12 transportnet (?) op A12
Naast ↓... S+T ...Ook ↑ O

Afspraken tussen netbeheerders

3: Interactie Strategisch-Tactisch-Operationeel - Geel
(geen)

3: Interactie Strategisch-Tactisch-Operationeel - Rood
Governance en organisatie → hoe te vertalen naar individu – vrijwillige samenwerking?
Veel slimme VM maatregelen. Maar: de <u>juiste</u> info <u>tijdig</u> naar gebruiker is KEY, dan benut je maximaal zelforganisatieprincipe. Als je dat niet goed organiseert heeft VM weinig zin.

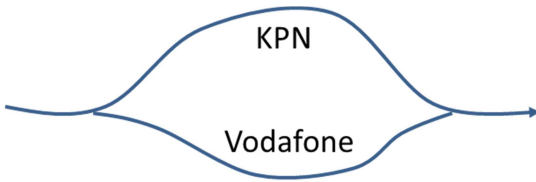
Categorie 4: Hysterese

4: Hysterese - Groen
Zwermen (vissen): filevorming, schokgolven – fundamenteel diagram afwikkeling verkeersstromen
Op welke wijze is Hysterese gerelateerd aan het fundamenteel diagram; Is schoolvorming op een af andere wijze te relateren aan filevorming?
Volgedrag zwermen: is de hysterese die daarin optreedt te vergelijken met de optredende hysterese in verkeersstromen?
Zwermen: Is de hysterese die optreedt in een school vissen of een zwerm vogels toepasbaar op verkeersstromen

4: Hysterese - Geel
(geen)

4: Hysterese - Rood
(geen)

Categorie 5: Robuustheid

5: Robuustheid - Groen
<u>Stedin</u> 'Weg van de minste weerstand' Weggebruiker kiest bij voorkeur de weg met minste vertraging. Ook de weggebruiker is binair: als je te laat bent door file, ben je niet op je afspraak aanwezig.
<u>Telefoonnetwerk</u>  Routing → Robuustheid!

<p><u>Brein</u></p> <p>→ ontvlechting snel / langzaam → adaptief (synaps)</p>
<p>Elektriciteitsnetwerken: vraag is niet beheersbaar</p>
<p>Onderkenning van risico's met zeer kleine kans maar catastrofaal effect</p> <p>Water ↔ energie ↔ Verkeer</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 10 miljard cellen • gelaagdheid in netwerk • snelheid van informatie-uitwisseling • efficiënte routing • robuustheid
<p>Feedback 80%, feedforward 20% → beperkte mogelijkheden, wel "gereed staan"</p> <p>Als het gaat regenen over twee uur, dan kan je eerder beginnen met het regelen van het systeem.</p>
<p><u>Logistiek</u></p> <p>→ robuustheid, gelaagdheid</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Buffering • Teruglevering in net
<p><u>Stedin</u></p> <p>Zelfherstellende middenspanning, "graceful degradation"</p>
<p>Communicatie netwerken</p> <ul style="list-style-type: none"> • TCP Flow heeft ook filevorming • Ook verkeersomsturing via samenwerking tussen Vodafone en KPN etc.
<p>Energie: differentiaties (?) robuustheidsmaatregel op niveau/laag van het netwerk</p>
<p>Netwerk robuustheid → vergelijk ITS netwerk. Berekenen van de (kans op) uitval (dus <u>niet</u> in voertuig raken (?))</p>
<p><u>Stedin</u></p> <p>Regelstrategie (afsluiten bij verstoringen)</p>
<p>Complexe netwerken: ook files (sms...) → redundantie! (meer servers)</p>
<p>Complexe netwerken: balans kosten – bandbreedte → kwaliteitscriteria?</p>
<p><u>Stedin</u></p>

Streefwaarde storing < 25'

Brein

- Stimulatie
 - Medicatie
- Beïnvloeding

Overloopgebieden ('sierlijke terugval') → buffers

Brein

Koppeling functies + robuustheid

"Planning" van incidenten. Weet vooraf wat te doen in geval van incident. Zie voorbeeld Albert Heijn: sneeuw, staking

Robuustheid gekoppeld aan informatieoverdracht

Stedin

Sturende infrastructuur – werkt met scenario's

ICT

- Bufferen!
- Doelfuncties (partners) – 'Green ICT'

Regulier Voorspelbaar	Regulier Niet voorspelbaar
Niet regulier Voorspelbaar	Niet regulier Niet voorspelbaar

Stedin

7-jaarsplanning

Geaccepteerde down-time regulier + niet-regulier

Stedin

Dynamiek in network – spreading piekbelasting

- Filevorming (Hemelrijk)
- 3D modellen (Hemelrijk)
- Gedrag van belang (Hemelrijk)

- Meten: 48% laden/lossen, 35% niet thuis, 90% voertuigen → 6 bedrijven (Walther)
- Goede planning: predict & prepare (Walther)
- Scenario planning: sneeuw (Walther)
- Samenwerken met partners (Walther)

5: Robuustheid - Geel

Stedin

Er wordt gemodelleerd of het netwerk genoeg capaciteit zal bieden UenU geëvalueerd over afgelopen gebeurtenissen.

In hoeverre is dit moeilijk voor vervoer? (Om een betrouwbare voorspelling te doen.)

Brein

Aanpassing bij functieverlies

Lerend vermogen van hersenen

→Firewall? toepassen bij de afwikkeling van het verkeer

→Toepassen van pakketten

Communicatienetwerken:

de manier waarop de antennes in een cel elkaar "opvangen" is een vorm van Graceful Degradation (en geen zelforganisatie).

Stedin

- Balanshandhaving
- Geen buffer

Goederen: makkelijk onderweg opslaan

Mensen lastiger: kortdurend: prettige wachtruimte, langdurend: hotels

Elektriciteitsnet: waarom is daar een plicht ten aanzien van betrouwbaarheid? (Max. 25 minuten zonder.) Wie bepaalt dat?

Zelfherstellend vermogen van elektriciteitsnetwerk

- Niet compartimenteren (?) hersenen
- Bufferzone voor packages "proxy server"
- "security" – regels
- routers

- poortwachters (firewall) - omgaan met volatiliteit in-uit stroom
<u>Communicatienetwerken</u> Selectief toelaten van verkeer op basis van kwaliteitsafspraken (leaky bucket)

5: Robuustheid - Rood
Communicatienetwerken: packets zijn heel kort onderweg (relatief) en zitten heel lang in de buffer (relatief)
<u>Stedin</u> Redundantie (dubbel circuit hoogspanning)
- Redundantie bij datanetwerken - "Beschikbaarheid 24/7" netwerken niet relevant voor reizigers
Betalingsverkeer: - validiteitschecks nodig Watermanagement: - kans op incidenten veel kleiner
<u>Stedin</u> 100% vraag faciliteren (geen congestie)

Categorie 6: Doelfunctie

6: Doelfunctie - Groen
Kijk naar Kaartsystemen: Betrouwbaarheid hoog (> 99,98%). Kijk naar Sturing en control
Kijk naar Logistiek: bij de afstemming tussen vraag en aanbod speelt onderhandeling een rol (+ risk)
Bestuurlijke en organisatorische problemen verhinderen het vinden van een oplossing
Situational awareness Lokale besturing van water

Complexiteit bestuurlijke organisatie
Modelleren
Informereren van "verhuizers" over filekansen
Elk pakketje (bestuurder) heeft een bepaalde urgentie (logistiek)
Verschillende kwaliteitseisen
Communicatienetwerken: bandbreedte voorziet niet altijd in vraag (congestie), terwijl er geen ruimtelijke beperking is, alleen een financiële

6: Doelfunctie - Geel

Elektriciteitsnetwerken: betalen naar gebruik en tarieven variëren met de belastingsgraad van het netwerk. Dit is een analogie met rekening rijden
Doelgroepen: wel/niet gewenst verkeer (wel/niet faciliteren)
Governance/business model
TCP flow control
Single-point-of-failure denken
Delen van netwerken openbaar vervoer en goederen vervoer
Kwaliteit bediening is functie van kwaliteitseisen
Betalingsproces: betalen naar gebruik time slots analoog aan betalingsproces

6: Doelfunctie - Rood

Bewegingsrichting van (auto)mobilisten (doel) ligt vast; bij dieren veel minder
Doelstelling dieren wijkt af van doelstelling verkeersgebruikers
Vergelijking met Logistiek: Prijbeleid al moeilijk – Speculatie nooit
ICT netwerken: <ul style="list-style-type: none"> • Hoge snelheid • Veel botsingen • Geen zelforganisatie (?)
Zwermen: <ul style="list-style-type: none"> • Vliegafstand wordt niet geminimaliseerd

- 3D
- Willen vrijwillig bij elkaar blijven
- Kortere reactietijd

Categorie 7: Gelaagdheid (in regeling)

7: Gelaagdheid (in regeling) – Groen
Telefoonnetwerk: bij file afremmen/knijpen (dosereren). Bij fluctuaties optimaal?
Hoe kan je tegen minimale kosten aan je eisen voldoen? Top-down benadering: wat is mijn doel en wat moet ik daar minimaal voor regelen?
Stedin: regelen -> balans zoeken, gelaagd systeem, sturing nodig bij grote vraag/aanbod (zonnepanelen)
Ook water: natuurkundige principes (van hoog naar laag, ook al 'wil' water niets)
Modellen: niet te ingewikkeld, zo weinig mogelijk ingrijpen.
Bij calamiteiten kan ook worden geautomatiseerd, maar vanuit bestuurlijke verantwoordelijkheid toch menselijk ingrijpen (protocollen)
Water: onder normale omstandigheden meer real-time monitoren/sturen.
Onderzoek de bandbreedte waarin je automatisch of handmatig kunt/moet ingrijpen.
Hersenen: als er meer zicht komt op de werking van neurale netwerken, is er misschien meer zicht op toepassing.
Riool: geen centraal systeem nodig.
Watermanagement: sterke gelaagdheid, wijze van ingrijpen (incident management), voorspellingen en beslismodellen, dataverzameling en patroonherkenning. Veel overeenkomst met meet- en regeltechniek.
Focus op aansluitpunten in het netwerk.
Complexiteit door uiteenlopende karakteristieken en eisen
Gelaagdheid in sturingsmaatregelen.
Betalingsverkeer: betrouwbaarheidseisen, regelgeving vanuit EU
Watermanagement: stromingsmodellen en voorspellingsmodellen, real-time sensoren en control
Digitale snelweg: robustness, kritieke verbindingen vermijden, traffic shaping \approx TDI's, fil-

ter/firewall \approx environmental zone, maatregelen om kwaliteit te garanderen (minder verkeer toelaten).
Hersenen en vogels leren ons: zelforganiseren, niet sturen; leg als VM de randvoorwaarden op en communiceer deze naar de auto met in-car systeem. Auto ontvangt alle info en organiseert zich door het verkeer.
Predict and prepare -> tactisch plannen (<- operationele sturing)
Synchro: vrachtwagen geeft signal 10 minuten voor aankomst: autoverkeer laten doen. Inzicht in toestromen bv. op parkeerlocaties, betere afwikkeling verkeer.
Gelaagd regelen (sturingsprincipes). Uitwisselen van kennis!
Watermanagement: feedback + feedforward \approx 80% + 20%
Strakkere interactie beslisniveaus
Transport, distributie – opdeling tactisch strategisch en operationeel

7: Gelaagdheid (in regeling) – Geel

Ketenregie!?
Breid: gelaagdheid ?! Informatie-uitwisseling (neuron = dom).
Hersenen: Bijwerkingen van ingrijpen op microniveau naar macro (medicatie)
Strakkere sturing
Geen manuele interventie
Weet waar je gebruikers wonen. Appje (reistijd naar je werk voorspellen): beïnvloeden burger
Bestuurlijke kennis en vermogen
Outsourcing: coordination as a service
“Leaky buckets” voor goederenvervoer
Hersenen: het lijkt erop dat ontbreken van centrale sturing ook tot effectieve en efficiënte resultaten kan leiden
Logistiek: denken in gelaagdheid en opschaling + sense and respond
Is sturen op snelheid een goed instrument? Heeft verlaging niet een negatief effect?
Neurale netwerken als agent. Hoe komt het tot een optimaal besluit op basis van zelfsturing?
Logistiek: prisoner’s dilemma en user equilibrium, Sony/Philips vs. TomTom/NavTeq

Logistiek: bereidheid informatieve delen en samenwerken, bereidheid tot aanpassen vertrektijd-stip, vervoerwijze, route => central sturing kans van slagen?
Sensor op container (Walter)
Niet alleen focus op operationele issues, maar ook tactisch en strategisch (Walter)
Speculeren capaciteit (Walter)

7: Gelaagdheid (in regeling) – Rood
(geen)

Categorie 8: Multi-modaal

8: Multi-modaal - Groen
Logistiek: Verkeersmanagement zou zich richting multimodaal kunnen/moeten ontwikkelen
Realtime besturing in synchromodaliteit; Network centric approach; Planningsniveau's (strategisch tactisch operationeel) onderling afstemmen
Logistiek: denken in slots; samenwerking/modaliteitskeuze;
Reserveren parkeerplaats in een stad versus aankomst vliegtuig op luchthaven
Kijken naar combinaties van modaliteiten: fiets, auto, trein. Analogie met pakketje; hoe kom ik zo snel/goedkoop mogelijk van A naar B.
Expliciet de keuzemogelijkheid voor modaliteiten aanbieden
Synchromodaliteit! Geprefereerde modaliteit
Standaardisatie afspraken ook internationaal (ITS) op ISO en EU niveau; voorspelmethode feedforward; vaste infrastructuur
ICT: impact 1 pakket <> 1 voertuig
<u>Logistiek</u>
→ Tactiek!
→ 'Synergy' – 20% → 80% baten

8: Multi-modaal - Geel

(geen)

8: Multi-modaal - Rood

(geen)

Categorie 9: Waarom DVM – Branding**9: Waarom DVM – Branding - Groen**

Argumentatie voor DVM!

Brein

Betere prestatie (IQ) bij goede communicatie / gelaagdheid

Afweging risico's versus kosten (betaalverkeer)

Watermanagement

Aandacht voor onderhoud (infrastructuur + ICT/software)

9: Waarom DVM – Branding - Geel

- Rol toezichhouder(s)
- DNA denken
- Stimuleren van het brein
- Weet je welke ingrepen werken?
- Verkeersmanagement vergt robuuste ICT

Participatie

- Kan alleen slagen als individuen goed en betrouwbaar worden geïnformeerd
- Handelingsperspectief
- What's in it for me?

9: Waarom DVM – Branding - Rood

(geen)

Categorie 10: De Mens

10: De Mens - Groen
Multi Agent Systems: Techniek + Gebruikers (acceptatie)/Social
ICT = ingewikkeld
Menselijk ingrijpen zwakste schakel
Interactie tussen: mensen/gedrag, techniek. Hoe wordt de techniek gebruikt? Wordt de techniek gebruikt?

10: De Mens - Geel
Simulatie/emulatie – Participatielaag voor interactie (naast communicatielaag) – gaming
Vaste gedragsregels voor wegverkeer?
Belonen/straffen/fun – ‘Speculeren’ – Groepsbelang – Gaming (Leren dat het beter kan)
Brein: netwerk kan zich aanpassen (~ spitsstrook)
Internet: Meerdere beheerders
Energie: Kwaliteitseisen voor stroomuitval
Privacy?
Speculerend gedrag (opportunisme)
Lerende organisatie?
Gedifferentieerd behandelen van specifieke doelgroepen

10: De Mens - Rood
ICT: privacy van pakjes bij inspectie inhoud daarvan; pakketjes kunnen ‘gewoon’ worden weggegooid
Zwermen: Vogels hebben allemaal hetzelfde reisdoel en er zijn geen kruisende bewegingen
Zwermen: Rijden om het rijden (voor gezelligheid, veiligheid) biedt geen oplossing voor de fileproblematiek
Zwermen: Vogels en vissen zoeken elkaar op
Logistiek: Frustratie van het systeem doordat de mens het denkt beter te weten. ‘Denken’ in het

verkeer overlaten aan 'ITS' ?
Logistiek: containers zijn geen mensen
Emotie (goederen), Fun (vogels/vissen), doelgerichtheid (vogels)
Participatie valt of staat met inzicht
Geldverkeer: Heeft geen gedragscomponent

Categorie 11: Monitoring/Data

11: Monitoring/Data - Groen
Logistiek: <ul style="list-style-type: none"> • Open data • agents
Logistiek: <ul style="list-style-type: none"> • Open data • Horizontaal en verticaal plannen
Grote vraagstukken in governance + standaarden en het niet willen delen van informatie
Goedkopere, standaardisatie sensoren: geven veel input Hoe om te gaan met de grote stroom gegevens
Watermanagement: meer en betere sensoren (real time)
ICT: complex netwerk, data, "bypasses" opstoppingen Hoe wordt hier gebruik gemaakt van informatievoorzieningen? Hoe weet het pakketje of er een betere weg is, welke dat dan is?

11: Monitoring/Data - Geel
Sensoren bij watermanagement meten realtime;
Differentiatie in data/verkeersstroom
Kaartbetalingen: het monitoren van betalingsverkeer naar gebruiker
Kenmerken pakketje zijn bekend, maar van het voertuig/reiziger ...?

11: Monitoring/Data - Rood

(geen)

3.2. Categorisering vanuit de 3 vragen

In deze paragraaf zijn interessante analogieën opgenomen die geïdentificeerd zijn voor de drie vragen.

Vraag 1: 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?

Interessante analogieën:

- Het functioneren van de hersenen wordt geregeld op basis van lokale communicatie (neuron to neuron; geen kennis van het gehele systeem). Dit stelt de hersenen in staat optimaal te functioneren. Het is interessant na te gaan welke gegevens uitgewisseld worden in de hersenen.
- Hersenen: hersenneuronen kennen alleen hun directe omgeving en vuren informatie af. Centrale sturing is niet nodig en kan ook niet. Zelforganisatie is de basis.
- Ook het functioneren van het verkeersnetwerk is sterk afhankelijk van het functioneren van het ICT netwerk.
- Vogels/Vissen: zelforganisatie uitstekend door van 7 à 8 burens te weten wat ze doen. Is dat ook zo bij het wegverkeer? Coöperatief rijden kan dit faciliteren.
- Vissen: Alleen kennis van "voren". Vogels: vaste snelheid door wisselen van "strook".
- Op basis van een beperkt aantal (gedrags)regels (sturingsprincipes) kan het systeem optimaal functioneren (zwermen).
- Zwermen: Drie of vier onderliggende regels zorgen voor een volledige sturing. Gebaseerd op interactie en coalitievorming met omgeving.
- Zwermen: Groepsvorming bij scholen en zwermen als analogie voor pelotonvorming op de weg. Vertraging en filevorming in scholen leidt niet tot stilstand. Moet autorijden minder leuk worden, rationeler, door een autoriteit te laten sturen?
- Regime hangt af van afstand waarover individuen hun bewegingsrichting aanpassen en van vorige toestand (hysterese); geldt dit ook voor verkeer?
- Volgedrag zwermen: is de hysterese die daarin optreedt te vergelijken met de optredende hysterese in verkeersstromen?
- Zwermen (vissen): filevorming, schokgolven – fundamenteel diagram ontwikkeling verkeersstromen.
- Logistiek: Het regelen van de verkeerstromen via agents.
- Veel slimme VM maatregelen. Maar: de juiste info tijdig naar gebruiker is KEY, dan benut je maximaal zelforganisatieprincipe. Als je dat niet goed organiseert heeft VM weinig zin. → de juiste info op het juiste moment.

- als containers weten wat ze willen, dan moeten mensen dat ook weten!
- predict and prepare kan nog beter worden toegepast in (personen)verkeer.
- Kijk naar Logistiek: bij de afstemming tussen vraag en aanbod speelt onderhandeling een rol (+ risk).
- Situational awareness; Lokale besturing van water; Complexiteit bestuurlijke organisatie; Modellen; Informeren van "verhuizers" over filekansen.
- Elektriciteitsnetwerken: betalen naar gebruik en tarieven variëren met de belastingsgraad van het netwerk. Dit is een analogie met rekening rijden.
- Governance/business model; TCP flow control; Single-point-of-failure denken; Delen van netwerken openbaar vervoer en goederen vervoer.
- Elk pakketje (bestuurder) heeft een bepaalde urgentie (logistiek).
- Realtime besturing in synchromodaliteit; Network centric approach; Planningsniveau's (strategisch tactisch operationeel) onderling afstemmen.
- Logistiek: denken in slots; samenwerking/modaliteitskeuze.
- Kijken naar combinaties van modaliteiten: fiets, auto, trein. Analogie met pakketje; hoe kom ik zo snel/goedkoop mogelijk van A naar B.
- Participatie: Kan alleen slagen als individuen goed en betrouwbaar worden geïnformeerd; Handelsperspectief; What's in it for me?
- Rol toezichthouder(s); DNA denken; Stimuleren van het brein; Weet je welke ingrepen werken?
- Watermanagement: meer en betere sensoren (real time).
- Logistiek: Open data; agents; Horizontaal en verticaal plannen; kenmerken pakketje zijn bekend!
- Grote vraagstukken in governance + standaarden en het niet willen delen van informatie.
- Goedkopere, standaardisatie sensoren: geven veel input, maarHoe om te gaan met de grote stroom gegevens.
- Participatie valt of staat met inzicht.
- Vaste gedragsregels voor wegverkeer?
- Logistiek: Frustratie van het systeem doordat de mens het denkt beter te weten. 'Denken' in het verkeer overlaten aan 'ITS' ?

Vraag 2: 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)?

Interessante analogieën:

- Watermanagement: sterke gelaagdheid, wijze van ingrijpen (incident management), voorspellingen en beslismodellen, dataverzameling en patroonherkenning. Veel overeenkomst met meet- en regeltechniek.
- Water: onder normale omstandigheden meer real-time monitoren/sturen.
- Digitale snelweg: robustness, kritieke verbindingen vermijden, traffic shaping \approx TDI's, filter/firewall \approx environmental zone, maatregelen om kwaliteit te garanderen (minder verkeer toelaten).

- Hersenen en vogels leren ons: zelforganiseren, niet sturen; leg als VM de randvoorwaarden op en communiceer deze naar de auto met in-car systeem. Auto ontvangt alle info en organiseert zich door het verkeer.
- Synchro: vrachtwagen geeft signal 10 minuten voor aankomst: autoverkeer laten doen. Inzicht in toestromen bv. op parkeerlocaties, betere afwikkeling verkeer.
- Gelaagd regelen (sturingsprincipes). Uitwisselen van kennis! Strakkere interactie beslisniveaus.
- Onderzoek de bandbreedte waarin je automatisch of handmatig kunt/moet ingrijpen.
- Focus op aansluitpunten in het netwerk.
- Watermanagement: feedback + feedforward $\approx 80\% + 20\%$
- "Leaky buckets" voor goederenvervoer.
- Hersenen: het lijkt erop dat ontbreken van centrale sturing ook tot effectieve en efficiënte resultaten kan leiden.
- Logistiek: denken in gelaagdheid en opschaling + sense and respond. Bereidheid om informatie te delen en samen te werken, bereidheid tot aanpassen vertrektijdstip, vervoerwijze, route => central sturing kans van slagen? Sensor op container (Walter). Niet alleen focus op operationele issues, maar ook tactisch en strategisch (Walter) Multi Agent Systems: Techniek + Gebruikers (acceptatie)/Social.
- Interactie tussen: mensen/gedrag, techniek. Hoe wordt de techniek gebruikt? Wordt de techniek gebruikt?
- Simulatie/emulatie – Participatielaag voor interactie (naast communicatielaag) – gaming (leren dat het beter/anders kan).

Vraag 3: 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?

Interessante analogieën:

- Onderkenning van risico's met zeer kleine kans maar catastrofaal effect. Water ↔ energie ↔ Verkeer.
- Brein: → ontvlechting snel / langzaam → adaptief (synaps).
- Feedback 80%, feedforward 20% → beperkte mogelijkheden, wel "gereed staan". Als het gaat regenen over twee uur, dan kan je eerder beginnen met het regelen van het systeem.
- Telefoonnetwerk: Routing → Robuustheid!
- Netwerk robuustheid → vergelijk ITS netwerk. Berekenen van de (kans op) uitval (dus niet in voertuig raken (?)).
- Overloopgebieden ('sierlijke terugval') → buffers.
- "Planning" van incidenten. Weet vooraf wat te doen in geval van incident. Zie voorbeeld Albert Heijn: sneeuw, staking.
- Robuustheid gekoppeld aan informatieoverdracht.
- Goede planning: predict & prepare (Walther) - Scenario planning: sneeuw (Walther) - Samenwerken met partners (Walther).

- Er wordt gemodelleerd of het netwerk genoeg capaciteit zal bieden en er wordt geëvalueerd over afgelopen gebeurtenissen. In hoeverre is dit moeilijk voor vervoer? (Om een betrouwbare voorspelling te doen).
- Firewall? toepassen bij de afwikkeling van het verkeer. Toepassen van pakketten.
- Communicatienetwerken: de manier waarop de antennes in een cel elkaar "opvangen" is een vorm van Graceful Degradation (en geen zelforganisatie).
- "security" regels; routers; poortwachters (firewall); omgaan met volatiliteit in-uit stroom.
- Watermanagement: Aandacht voor onderhoud (infrastructuur + ICT/software).
- Rol toezichthouder(s); DNA denken; Stimuleren van het brein; Weet je welke ingrepen werken? Verkeersmanagement vergt robuuste ICT.



Figuur 10: Presentatie eerste bevindingen

3.3. Lessen uit de workshop

In de workshop kwam een aantal interessante algemene punten naar voren:

- In andere domeinen wordt meer gedaan met de metingen. Ook proactief.
- Er is sprake van gelaagdheid in ruimte en tijd.
- Modelleren van zwermen kan op basis van 3 à 4 regels. Verkeer ook (kiezen snelheid en route, volgedrag en strookwisselgedrag).
- Problemen oplossen bij het ene netwerk (elektrische voertuigen) zorgt voor problemen bij het andere (Stedin).
- Het ICT netwerk speelt een grote rol in het verkeer.
- Zelforganisatie handhaven, omdat anders de afhankelijkheid van andere systemen te groot is.
- Hoog en laag tarief bij stroom -> spitsheffing in het verkeer.
- Behoeftes creëren in het verkeer? (vraagarticulatie, bv verhaal van Frances).
- Small-world network een idee voor het verkeer, netwerken en verkeersmanagement?
- Synchromodaliteit: flexibel maken van keuzes.
- Situational awareness vertalen naar verkeer.
- De a-socialiteit van de weggebruiker. Geen onderdeel van een groep (zwerm). Welke groepen zijn er? Carpoolers? Platooning (V2V)?
- Betere communicatie tussen strategisch, tactisch en operationeel. Beste voorbeeld is het elektriciteitsnetwerk.
- In andere netwerken meer sturing. Hoe lagen op elkaar af te stemmen.
- Verkeer kent schaarste.
- Subsidiariteit: problemen in eerste instantie oplossen op het niveau waar ze spelen (gelaagdheid).
- Afstemming van het managementsystemen op de behoefte.



Figuur 11: Presentatie eerste bevindingen

4. Hoe nu verder?

De tijdens de workshop verkregen informatie zal op de volgende wijze verder worden uitgewerkt:

- De gepresenteerde analogieën zullen volgens een vast format worden uitgewerkt;
 - Wat verstaan we onder de aangegeven analogie (geïnterpreteerd vanuit het oorspronkelijke domein)?
 - Wat verstaan we onder de aangegeven analogie (maar nu geïnterpreteerd vanuit het domein verkeersmanagement)?
 - Maak een uitwerking waarbij de analogie (voor zover mogelijk) toegepast wordt op het domein verkeersmanagement. Wat betekent dit op het vlak van Hardware, Software en Orgware?
 - Welke aanvullende maatregelen (buiten domein verkeersmanagement) zijn gewenst om de analogie optimaal te laten werken?
 - Wat betekent dit voor de te realiseren doelstellingen zoals kwaliteit van de verkeersafwikkeling, duurzaamheid en verkeersveiligheid?
 - Wat betekent dit voor wat betreft de acceptatie door de reiziger; is dit nog acceptabel?
 - Op welke wijze is de analogie te realiseren (fasering)?
- Op basis van deze uitwerkingen zal een inventarisatie worden gemaakt van mogelijke invullingen van verkeersmanagement op de volgende drie domeinen:
 - Zelforganisatie versus sturing;
 - De (gewenste) gelaagdheid van het systeem;
 - De (gewenste) robuustheid van het systeem (incl. de aan te brengen redundantie);
 - Andere domeinen, voor zover relevant voor verkeersmanagement en voor zover informatie voorhanden is.
- Een drietal 'mogelijke invullingen' zal technisch, verkeerskundig en organisatorisch worden uitgewerkt. Op dit moment denken we aan de volgende invullingen:
 - Volledige zelforganisatie;
 - Sterke sturing;
 - Mengvorm tussen volledige zelforganisatie en sterke sturing.
- De drie 'mogelijke invullingen' zullen verbeeld worden middels een essay waarin de beleving van de gebruiker centraal staat (hoe ervaart de reiziger de gekozen verkeersmanagement aanpak?).
- Welke invulling (technisch-organisatorisch) van verkeersmanagement verdient de voorkeur indien men het systeem geheel vanuit het niets (from scratch) zou mogen opzetten?

Referenties

Maxwell, J.C. (1927), *The Scientific Papers*, pp. 215-229, Address to the Mathematical and Physical Sections of the British Association, 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 Westerman, M. (1996), *Analogieën met verkeer en vervoer met nadruk op dynamisch verkeersmanagement*, TNO-INRO rapport nr. 95/NV/310. In opdracht van Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer.

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

TrafficQuest (2012), *De toekomst van Verkeersmanagement*, TrafficQuest, Centre for Expertise on Traffic Management, Delft, 2012.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, *Beleidskader Benutten*, 2008

<http://nl.wikipedia.org/wiki/OSI-model> (informatie over het OSI-model)

Bijlagen

- Bijdrage Ben Immers
- Presentatie Ben Immers
- Bijdrage Charlotte Hemelrijk
- Presentatie Charlotte Hemelrijk
- Bijdrage Walther Ploos van Amstel
- Presentatie Walther Ploos van Amstel
- Bijdrage Martijn van den Heuvel
- Presentatie Martijn van den Heuvel
- Bijdrage Rob Kooij
- Bijdrage Arjan van Voorden
- Presentatie Arjan van Voorden
- Bijdrage Arjan van Voorden
- Presentatie Arjan van Voorden
- Bijdrage Edward van Dooren
- Presentatie Edward van Dooren
- Bijdrage Wytze Schuurmans
- Presentatie Wytze Schuurmans
- Bijdrage Rob van der Mei
- Presentatie Rob van der Mei
- Bijdrage Frances Brazier
- Presentatie Frances Brazier

Bonus bijlagen

- Presentatie Rob Kooij – Colloquium Vervoerplanologisch Speurwerk 2012
- Presentatie Kees Stam – Colloquium Vervoerplanologisch Speurwerk 2012