

# **Erasing Borders, Wat is het potentieel van een geïntegreerd Europees spoornetwerk voor passagiers?**

Barth Donners – Technische universiteit Delft – b.donners@me.com

Geertje Hegeman – Royal HaskoningDHV – geertje.Hegeman@rhdhv.com

Sylvia Korpershoek – Train2EU – sylvia.korpershoek@train2eu.com

## **Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 24 en 25 november 2016, Zwolle**

### **Samenvatting**

Reizen per trein heeft in Europa nog altijd een zekere romantiek uit vervlogen tijden toen de trein de massa nieuwe exotische werelden liet ontdekken.

Sinds het begin hebben de Europese instituties zich tot doel gemaakt de grenzen tussen de lidstaten op alle manieren te slechten. Met het verdwijnen van de interne grenzen is het gemak om tussen de landen te reizen ontzettend toegenomen. Echter paradoxaal is dat het gemak van treinreizen tussen de landen is afgenomen. Samenwerking tussen verschillende nationale vervoerders is beperkt en de overtuiging is dat de reizigerspotentie veel groter is dan momenteel wordt waargemaakt. De vraag is echter hoe groot is die reizigerspotentie en waar bestaat er potentie door slechte verbindingen. Uitgangspunt is dat alle operationele weerstanden kunnen worden geslecht en er samenwerking is. De focus is op langeafstand internationale reizen.

Met behulp van het traditionele 4-stapsmodel wordt het reizigerspotentieel in Europa bepaald. De aanpak is gekenmerkt in eenvoudige methoden, uitgebreid met nieuwe inzichten en het samenbrengen van informatie op grote schaal. Voor de bestemmingskeuze blijven wel taal- en landsgrenzen bestaan, welke een significant effect op de keuze hebben. Om de netwerkprestatie zonder operationele barrières te kunnen benaderen is het volledige netwerk gemodelleerd. Dit dient als basis voor reistijden tussen de verschillende steden voor vervoers- en routekeuze. Aan de hand van 3 scenario's is ook de ontwikkeling voor 2030 bekeken.

Zitplaats capaciteit potentieel is getoetst met behulp van het effectief aantal aangeboden stoelen in internationaal opererende treinen. Hiervoor zijn 5 kwantificeerbare indicatoren geselecteerd: frequentie, overstappen, reistijd prestatie, geboden servicelevel en zitplaatsen. Tevens zijn kwalitatieve indicatoren als reserveringsplicht, ticketing en dienstregeling informatie bestudeerd.

Het reizigerspotentieel is 240 miljoen reizigers groter dan de huidige situatie, waarbij het aandeel internationale reizigers groeit van 6% naar 25%. De modal shift naar 2030 is zo groot dat 28 miljoen ton CO2 jaarlijks kan worden bespaard. In totaal wordt 60% van het potentieel niet bediend door effectief geboden zitplaatsen en rijdt 40% van de zitplaatsen ineffectief. Om dit potentieel te kunnen pakken is het Passenger Core Network voorgesteld, bestaande uit 12 corridors. Deze kunnen worden ingezet bovenop de al succesvol opererende verbindingen, zo kunnen grenzen samen worden geslecht.

## 1. Introductie

Internationaal reizen per trein in Europa kan een heroïsche veldtocht van Napoleontische proporties zijn. Een operatie van nagenoeg militaire omvang is nodig om dienstregelingen, tickets, locaties en reistijden te verzamelen. Sinds de start van de Europese integratie, streeft de EU naar vervolmaking van het grondbeginsel van vrij verkeer van mensen, handel, diensten en kapitaal. Paradoxaal is de ontwikkeling in het gemak waarmee men de trein kan pakken in Europa. Inzicht in potentieel kan de markt aan te zetten tot de gewenste samenwerking.

Het onderzoeken van het potentieel van een netwerk, op het gewenste schaalniveau, supranationaal, over heel Europa voor lange afstand relaties tussen de belangrijkste metropool regio's is echter nog nooit gedaan. De meeste onderzoeken, indien internationaal dan wel lang-afstand relaties, beperken zich tot enkele corridors of services (Brietzke, 2015), modes (Aarhaug & Fearnley, 2016) of infrastructuur (Fröidh, 2014). Tevens worden alle barrières en weerstanden met betrekking tot operationele werkelijkheid als onvermijdelijk in stand gehouden in de onderzoeken en modellen. Dit verkleint en limiteert de mogelijkheid om deze methodes toe te passen op het daadwerkelijke potentie vraagstuk, waarbij de bestaande operationele barrières zouden kunnen worden overwonnen, door bijvoorbeeld de technische verbeteringen als voorgesteld door de Europese Unie in TEN-T of samenwerking van aanbieders.

Bovendien is de overtuiging dat de trein een milieuvriendelijk en duurzaam alternatief kan vormen voor de middellange en lange afstand. Onderzoek heeft al meerdere malen aangetoond dat de milieu impact minder is dan die van andere modes, zoals het vliegtuig, auto of bussen (Givoni, 2007; Nash, 2010; van Goeverden, van Arem, & van Nes, 2015). Een grootschalige modal shift heeft een positief gevolg effect op het milieu in Europa. Dit inzicht, heeft reeds tot veel onderzoeken geleid, met als centrale vraag of trein reizen daadwerkelijk concurreren met de luchtvaart en de verandering in vervoerskeuze daadwerkelijk bestaat (Albalade, Bel, & Fageda, 2015; Takebayashi, 2016; Vickerman, 2015). Globaal is de conclusie dat de verandering in vervoerskeuze bestaat wanneer eigenschappen van de reis, zoals reistijd, ticketprijs, of reiscomfort gunstig zijn voor de trein. Toch is onderzoek naar de totale omvang beperkt.

In dit paper wordt het onderzoek naar de potentie voor passagiers spoorvervoer in Europa gepresenteerd (Donners, 2016). Uiteenzetting gebeurt in 5 delen, beginnend met de problemafakening. Gevolgd door de methodes gebruikt in de verschillende onderdelen, hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 focust op de toepassing van de methodes, opgevolgd door hoofdstuk 5 de analyse van de resultaten. In deel 6 wordt de conclusie gegeven inclusief discussie omtrent wetenschappelijk implicatie van het onderzoek.

## 2. Problemafbackening

Voor het algemene begrip van het onderzoek is het nodig om een aantal grenzen duidelijk te stellen, welke ook deels de onderzoek-uitdagingen verklaren. Het onderzoek beperkt zich tot langeafstands-verplaatsingen zoals in literatuur gedefinieerd (>100km). De geografische afbakening is het door spoor bereikbare Schengengebied plus het Verenigd Koninkrijk en Ierland en 14 externe steden. Zowel de huidige situatie, gebaseerd op 2015 als de toekomst (2030) is onderzocht. Voor 2030 zijn 3 scenario's gebruikt gebaseerd op EU-beleidsstukken (European Commission, 2012).

Doel is inzicht geven in de potentie van het Europese spoornetwerk voor passagiersvervoer, mits operationele barrières worden opgelost. Hierbij is expliciet gekeken naar:

- Barrières in de reiskeuze als gevolg van grenzen en taal.
- Ontwikkeling van het potentieel op middellange termijn (2030).
- De effectiviteit voor reizigers van de aangeboden stoelkilometers.
- Bieden van service alternatieven om het potentieel te kunnen ontwikkelen.

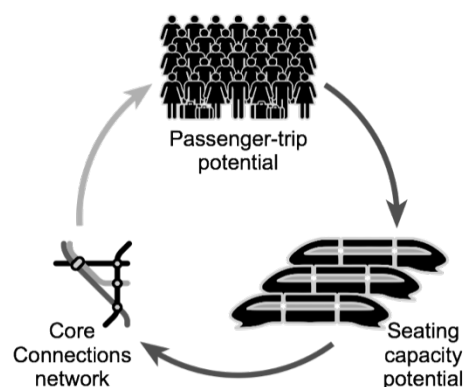
De te beantwoorden onderzoeksvraag is: waar en op welke manier bestaat in Europa, nu en 2030, het grootste potentieel voor internationaal passagiers treinvervoer, gebaseerd op passagiers-trip potentie en zitplaats capaciteit potentie?

## 3. Onderzoeksaanpak voor bepalen reizigers, capaciteit en netwerk

Voor de aanpak is een framework ontwikkeld. Voor het bepalen van het reizigerspotentieel zijn de trip generatie en product berekend, de trip distributie, de modal split en de netwerktoedeling. Vervolgens is het zitplaats capaciteit potentieel bepaald. Tot slot is een core connections netwerk gemaakt

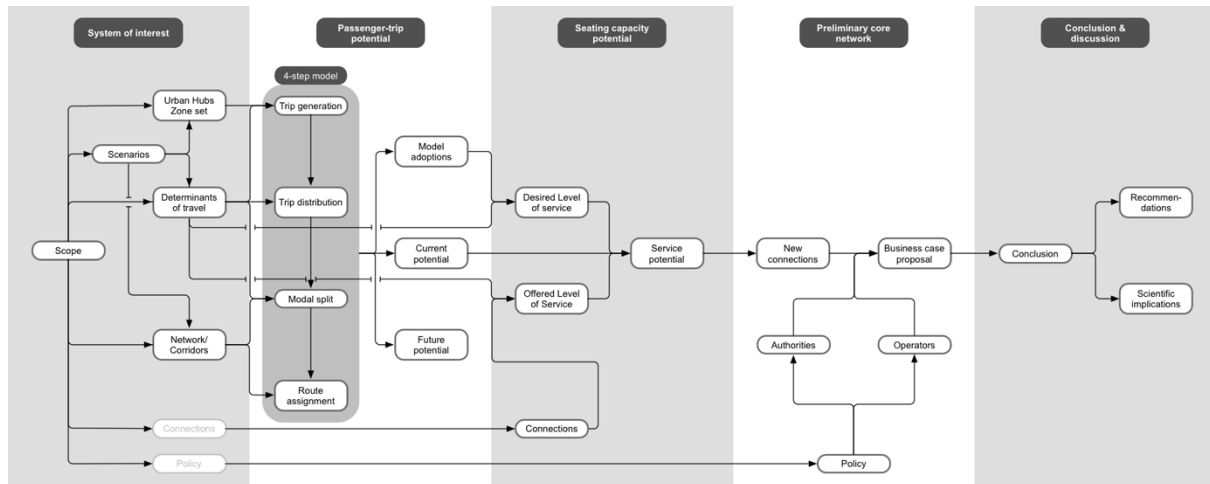
### 3.1 Framework voor potentieel modellering en toetsing

Een framework voor potentieel modellering en toetsing is ontwikkeld, Figuur 1,. In tegenstelling tot de traditionele transport-modellen wordt uitgegaan van een gemodelleerd netwerk dat het initiële reizigerspotentieel bepaald. Waarmee de bestaande verbindingen worden getoetst op effectieve zitplaats capaciteit. Dit bepaald een nieuw netwerk. Traditionele zou dit een feedback geven, welke buiten beschouwing is gelaten.



**Figuur 1 - framework voor potentieel modellering en toetsing, (Donners, 2016).**

Ieder onderdeel is verder ingevuld, zie Figuur 2. Het reizigerspotentieel volgt het 4-stap transportmodel, uitgebreid met toekomstscenario's. De zitplaats capaciteit wordt getoetst aan de hand van het serviceniveau van internationale treinen. Op basis van het bestaand EU-beleid en relaties tussen steden kan een voorstel worden gedaan over het netwerk.



**Figuur 2 - Structuur van het onderzoek**

### 3.2 Reizigerspotentieel

Bepalen van het reizigerspotentieel volgt het traditionele 4-staps transportmodel (Ortúzar & Willumsen, 2011). Hierin wordt uitgegaan van trips in plaats van bijvoorbeeld tours, gezien de scope, tijdspanne en data-beschikbaarheid.

#### *Trip generatie en productie*

Uitgangspunt voor de trip productie is symmetrische verdeling en productie is gelijk aan attractie, resulterend in een gelijk aantal mensen reizend van en naar een stad. Generatie is gebaseerd op het GDP per hoofd van de bevolking. Er is voldoende bewijs voor de correlatie tussen inkomen en de bereidheid tot reizen (Schäfer, 2007). De GDP-ratio is het GDP/capita een stad ten opzichte van de gemiddelde GDP/capita van de set. De bereidheid om te reizen is het gemiddelde aantal jaarlijkse trips per inwoner in de EU (Goeverden & van Arem, 2010). Het (totaal) aantal (langeafstand) reizen bepalen de productie van een stad. Overige factoren zijn voor het onderzoek buiten beschouwing gelaten, mede vanwege de beperkte beschikbaarheid van (consistente) informatie voor alle gebieden binnen de scope. De methode is samengevat in de onderstaande formule.

$$A_i = P_i = \frac{GDP_i}{\overline{GDP}} \cdot t \cdot Pop_i \quad ; \forall i \in N$$

$N$ : set van steden

$GDP_i$ : GDP/capita van stad  $i$

$\overline{GDP}$ : Gemiddelde GDP/capita voor  $N$

$A_i$ : Attractie van stad  $i$

$t$ : Jaarlijkse trips gem. Europeaan

$P_i$ : Productie van  $i$

$Pop_i$ : Bevolking van stad  $i$

### *Trip distributie*

Bestemmingskeuze is gemodelleerd aan de hand van het zwaartekracht model, deze past het beste binnen de doelstellingen (Doganis, 2010), geeft de mogelijkheid tot uitbreiding enerzijds (Anderson & Van Wincoop, 2003) en betere resultaten dan andere benaderingen anderzijds (Lenormand, Bassolas, & Ramasco, 2016). Reële barrières, zoals taal en landsgrenzen dienen te worden gemodelleerd. Literatuur geeft meerdere barrières, zoals taal (Santana-Gallego, Ledesma-Rodríguez, & Pérez-Rodríguez, 2015), geografie (Bellekom, Donners, & Heiligers, 2012) of vrijhandelszones (Bergstrand, Larch, & Yotov, 2015). Eerdere modellen namen aan dat deze barrières insignificant waren voor passagiers (Brietzke, 2015). Echter blijken deze barrières wel significant te zijn in de distributie. Gedefinieerde zijn, taal, landsgrens, Schengengebied en federale inrichting hebben een direct effect op de directe afstand tussen steden. De formulering is als volgt:

$$V_{ij} = l \cdot \frac{P_i \cdot P_j}{\beta_{ij} \cdot D_{ij}^k} \quad ; \forall i, j \in N$$

$$\beta_{ij} = \sum_{b \in B} \beta_b \cdot B_b \quad ; \forall i, j \in N \quad B_b = \begin{cases} 1 & \text{if barrier present} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad ; \forall b \in B$$

**B**: set van barrières

$D_{ij}$ : vogelvlucht afstand tussen  $i$  &  $j$

$\beta_{ij}$ : barrierewaarde tussen  $i$  &  $j$

$B_b$ : Barrières  $C, L, S$  of  $F$

$l$ : Constante

$V_{ij}$ : Volume tussen  $i$  en  $j$

$k$ : afstand controle parameter

### *Modal split*

De vervoerskeuze is gebaseerd op de reistijd (deur tot deur), veel gebruikt voor vervoerskeuze (Román et al., 2014; Schäfer, 2007). Andere factoren, zoals ticketprijzen, hebben een hoge correlatie hiermee, (Buehler, 2011; Whalen, Páez, & Carrasco, 2013), echter zijn buiten beschouwing gelaten vanwege het ontbrekende inzicht in onderliggende kosten. Transfers zijn weggelaten vanwege de optimale modellering. De reistijd wordt via Dijkstra Shortest path Algorithm (DSA) bepaald aan de hand van het netwerkmodel. Het daadwerkelijke gebruikte keuze-model voor vervoerswijze is Random Regret Minimization (RRM) (Chorus, Arentze, & Timmermans, 2008). RRM neemt de prestatie van alternatieven wel mee in de afweging en laat geschiktere afschatting zien voor bestaande situaties. Modal split en netwerktoedeling zijn onafhankelijk van elkaar.

### *Netwerk toedeling*

De netwerk toedeling is alleen gemaakt voor rail gebonden vervoer, hoge snelheids- en conventionele treinen. De basis van de toedeling ligt in de voor de vervoerskeuze uitgevoerde Dijkstra shortest path-algorithm en een All-or-Nothing toedeling. De toekomstscenario's doorlopen de gelijke stappen met de vervoerskeuze en toedeling gebaseerd op een ander netwerkmodel met nieuwe en andere schakels.

### *3.3 Zitplaats capaciteit potentieel*

Om het effect voor het geboden serviceniveau is vertaald in het effectief aantal aangeboden zitplaatsen door een treinverbinding op een internationale schakel in het netwerk. De focus op internationale schakels (netwerklink) geeft een duidelijke interface voor toetsing, selectie en dataverzameling. De treinen zijn aan het netwerk toegedeeld voor toetsing op schakelniveau van de verschillende service indicatoren.

De gekozen kwantificeerbare indicatoren zijn frequentie, overstappen, reistijd prestatie, geboden servicelevel en zitplaatsen. Tevens zijn kwalitatieve indicatoren als reserveringsplicht, ticketing en dienstregeling informatie bestudeerd. Frequentie wordt vaak als niet bepalend gezien voor lange afstand reizen (Brietzke & Keizer, 2015; Román et al., 2014). In de luchtvaart is dit wel een keuzeparameter (King, 2007), vertaald in de gemiddelde verplaatsing van het geprefereerde reisschema. Afgeleid van continue ervaring in opvolgtijden (Oort, 2011; Vuchic, 2005), zijn verplaatsingen van schema kleiner dan 15 minuten acceptabel. De noodzaak voor transfers tussen treinen wordt getoetst op schakelniveau in plaats van herkomst-bestemming. De overstap dient te zijn geoptimaliseerd en minder dan de gemiddelde wachttijd te bedragen. De reistijdprestatie is de verwachting naar aanleiding van de infrastructuur en de werkelijke reistijd. Indicatoren worden simultaan getoetst uitgaande van een operationele dag van 14 uur en gemiddelde opererend materieel.

### *3.4 Core connections network*

Om het core connecties network te maken is een kwalitatieve analyse gemaakt van het Europese beleid gemaakt. Er is een analyse gemaakt van de bestaande relaties, in dit geval luchtvaart, TEN-T corridors en netwerktoedeling. Als laatste wordt de samenwerkingsmogelijkheden tussen vervoersmiddelen geanalyseerd (Takebayashi, 2016).

## **4. Toepassing: case-study potentieel in Europa**

De case-study bestaat uit de selectie van steden, de modellering van het netwerk en de kwantificatie van de scenario's. Als laatste de afwegingen voor data en implementatie.

### *4.1 Steden selectie*

Uit het totaal aantal steden in Europa zijn steden geselecteerd op basis van relatieve score binnen Europa en land op hoeveelheid inwoners, regionaal GDP en het percentage hoogopgeleide inwoners. Vervolgens zijn 14 steden buiten Europa ingevoegd voor de externe betrekkingen. In totaal zijn er daardoor 125 steden in het model, zie Figuur 3.



**Figuur 3 – Netwerk (spoor; vet is HST; dun is conventioneel) en steden, (Donners, 2016).**

#### 4.2 Netwerk en vervoermiddelen modellering

Er zijn 5 vervoersmiddelen gedefinieerd op basis van 3 netwerken. De netwerken zijn, weg, spoor en lucht met auto, bus, HST, conventionele trein en het vliegtuig. De netwerken voor weg en spoor zijn ontwikkeld door steden te koppelen met schakels, de reistijd per schakel wordt bepaald aan de hand van een omreisfactor ten opzichte van de directe afstand en de gemiddelde snelheid per vervoersmiddel, zie Tabel 1. Voor realistische modellering (Figuur 3), zijn 50 extra steden nodig als nodes. Om het netwerk te vervolmaken zijn ook een aantal strategische bootverbindingen opgenomen. Voor de scenario's wordt uitgegaan van bestaande projectplannen en afhankelijk van het scenario de waarschijnlijkheid dat een project doorgang vindt. Voor train en vliegtuig zijn extra etappes gemodelleerd voor toegang van stations/luchthavens. De reistijd per vliegtuig heeft een vaste extra tijd voor check-in, taxiën, beveiliging, etc.

**Tabel 1 - Omreisfactoren en gemiddelde snelheid per mode/netwerk**

	Train HST	Train C.	Plane	Car	Bus
Vgem [km/h]	220,00	110,00	700,00	100,00	65,00
Detour [-]	1,09	1,15	1,00	1,20	1,20
	Ferry	Airport	City	Model fit	
Vgem [km/h]	50,00	60,00	30,00	98%	
Detour [-]	1,00	1,61	1,10	85%	

#### 4.3 Data

Europa wil dat spelers in Europees spoorvervoer meer gaan samenwerken en een van de middelen hiervoor is het opstellen van databronnen. Daarom is voor dit onderzoek gekozen gebruik te maken van open-access beschikbare bronnen. In praktijk houdt dit in dat met name gebruik is gemaakt van Eurostat en CBS equivalente bronnen.

#### 4.4 Scenario's voor 2030-situatie

Er zijn 3 scenario's van toepassing voor de modellering van 2030, gebaseerd op bestaand EU-beleid (European Commission, 2012). Dit zijn het krimp-scenario, Divergentie, een Status-Quo scenario en een groei en integratie scenario. De scenario's ontwikkelen op een aantal punten op een andere manier. Tabel 2 geeft hiervan een samenvatting.

**Tabel 2 - Algemene scenario kwantificatie**

Theme	Factor	Divergence	Status Quo	Integration
Economy	GDP	-	-/+	+ +
	Population			
	Infrastructure	-/+	+	+ +
Travel	Average trips	-30% (t=6)	0% (t=9)	+30% (t=12)
	Time sensitivity			
	Mode preference			
Institutions	Country	6,05 (+2,02)	4,03 (-)	2,02
	Language	8,12 (+25%)	6,50 (-)	4,03
	Schengen	0 (-2,02)	2,02 (-)	2,02

#### 4.5 Implementatie overwegingen

Voor een juiste implementatie is gekozen om een aantal voorwaarden te stellen aan de beschikbaarheid van infrastructuur. Met name voor het verschil tussen Hogesnelheids- (HST) en conventionele-treinen als ook de aanwezigheid van een luchthaven als mogelijkheid voor herkomst-bestemmings (HB-) paren. Indien conventionele reistijd gelijk is aan HST-tijd dan is er geen HST beschikbaar, andersom dient conventionele tijd 1,5x of 120 min langer te zijn om daadwerkelijk als aparte mode te worden gezien, een en ander om nesting te voorkomen. Luchthavens zijn geselecteerd op IATA-codes om regulier verkeer te garanderen. Ook moeten er minimaal 500.000 passagiers jaarlijks zijn om daadwerkelijk voldoende faciliteiten te garanderen. Als laatste moeten er 25.000 passagiers voor een HB-paar zijn om economische levensvatbaarheid te hebben. Indien een van de criteria niet voldoet wordt het verkeer voor luchtvaart omgeleid naar het dichtstbijzijnde grotere vliegveld, via de snelste gemodelleerde mode.

Verder is het nodig dat data consistent en beschikbaar is. Gevolg is onder andere het weglaten van steden en gebieden en dat de methode voor trip generatie en distributie is gebaseerd op productie factoren. De voor attractie relevante factoren zijn weggelaten. Dit is vooral voor toeristen centra van belang waar juist wordt uitgegaan van attractie. De gemodelleerde fout hierdoor is echter aangenomen niet groter te zijn dan de afwijking van het model van 10%. Verder heeft data beschikbaarheid ervoor gezorgd dat er geen mode specifieke voorkeuren zijn geïmplementeerd in de vervoerskeuze.

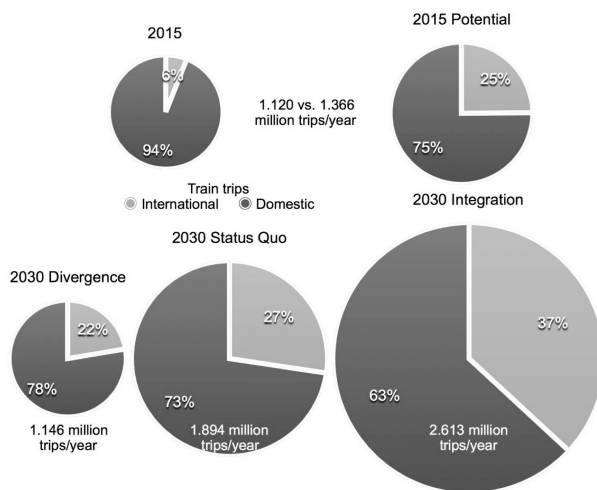


## 5. Analyse en resultaten

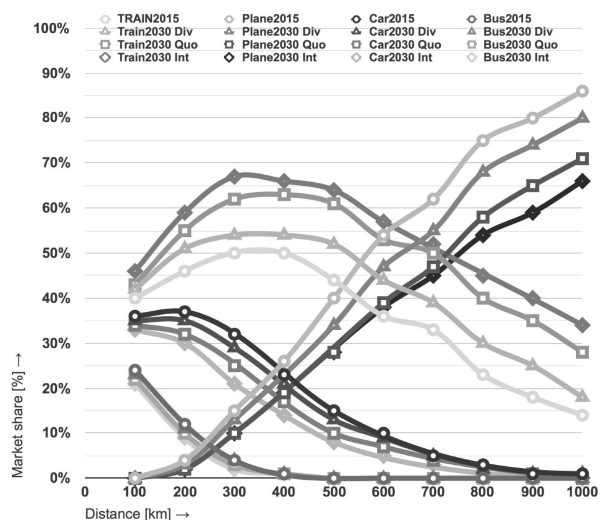
Het internationale treinreizigerspotentieel is 25% voor de huidige situatie en 37% voor 2030, met 6% gerealiseerd. Op 60% van dit potentieel wordt effectief geen zitplaats geboden. Het passenger core netwerk is ontwikkeld met 12 corridors als tegenhanger van de Rail Freight Corridors voor vracht en TEN-T corridors voor infrastructuur.

### 5.1 Reizigerspotentieel

In de huidige situatie laat het model zien dat het totale potentieel treinreizigers in de huidige situatie 25% is van de totale reisbehoefte binnen Europa. Het werkelijke aantal is 6% (Amadeus, 2013). Indien de resultaten van het model worden vertaald naar de totale populatie en reisbehoefte van Europa blijkt dat reeds in de huidige situatie een enorm potentieel aan nieuwe reizigers. Dit potentieel bestaat enkel uit nieuwe reizigers voor internationale verbindingen door betere samenwerking en het wegnemen van operationele weerstanden. In totaal zijn er 1,4 miljard trips in potentie ten opzichte van 1,1 miljard in werkelijkheid (Amadeus, 2013). Zie Figuur 4, voor (toekomst) reizigerspotentieel en modal split voor de verschillende toekomstscenario's.



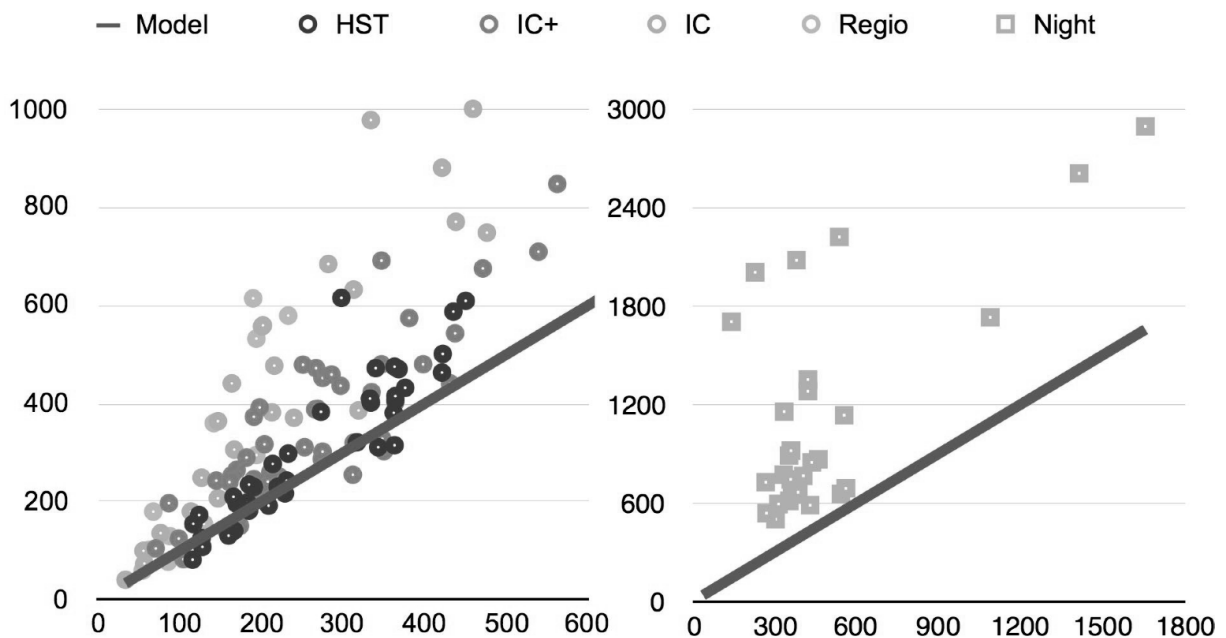
**Figuur 4 - Ontwikkeling reizigerspotentieel**



**Figuur 5 - Modal split**

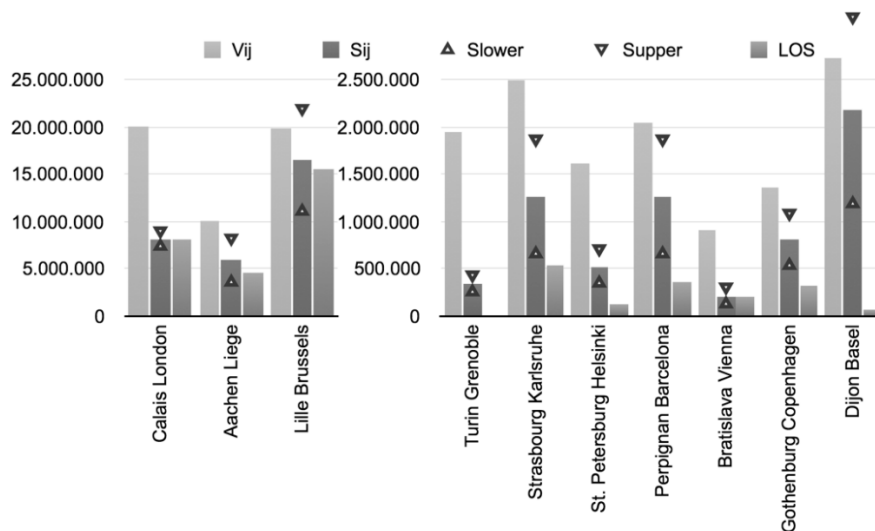
De groei naar de toekomst wordt gedeeltelijk verklaard door een modal shift, Figuur 5, een gevolg van het netwerk-effect, het aansluiten van de verschillende hogesnelheidstreinnetwerken in Europa. Ondanks dat het groei scenario de meeste reizigers kent, is ook de grootste shift in vervoerskeuze te zien. Deze verschuiving zou een directe besparing van 28 miljoen ton CO<sub>2</sub> jaarlijks kunnen opleveren, gelijk aan de volledige Nederlandse elektriciteitsproductie. Europese integratie wordt zo ook een milieuvraagstuk.

## 5.2 Zitplaats capaciteit potentieel



**Figuur 6 - reistijdprestaties van verschillende servicelevels**

Met betrekking tot het zitplaats capaciteitspotentieel zijn de volgende resultaten opvallend op het geaggregeerde niveau. Het effectief aangeboden stoelen wordt op een aantal punten flink gereduceerd. Een van de belangrijkste is de frequentie. Op slechts 16 internationale schakels (van de 110) wordt een acceptabele gemiddelde frequentie geboden. Echter wordt hiermee wel 64% van het totaal aantal potentiële reizigers bediend. Voor het servicelevel en reistijd prestatie is het opvallend dat enkel HST en IC+ treinen hier goed presteren. Uit de kwantificeerbare analyse blijkt dat Nachttreinen en regionale treinen een heel andere functie hebben, welke niet gericht is op snelheid en daarmee ook een heel andere markt bedienen, zie Figuur 6 - reistijdprestaties van verschillende servicelevels. In totaal worden 58,6 miljoen (60% van het totaal) internationale trips onvoldoende voorzien van zitplaatsen.



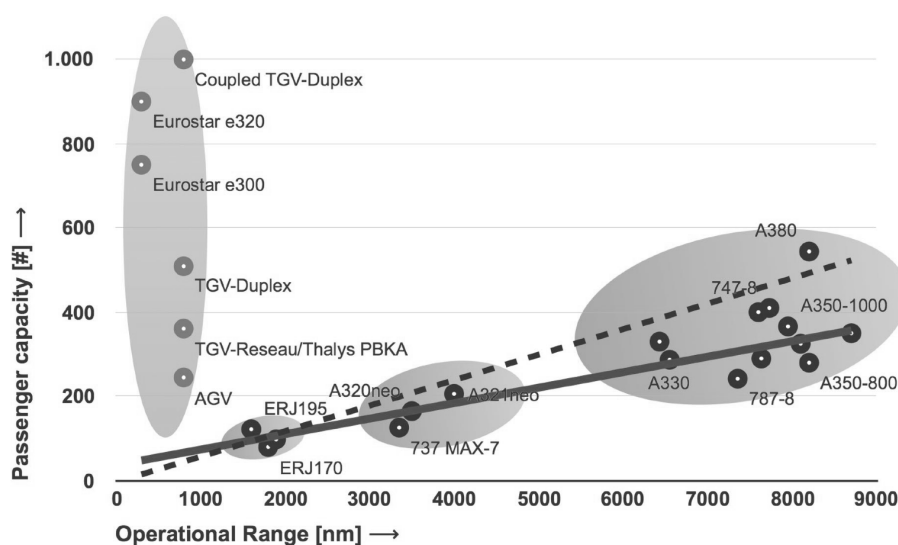
**Figuur 7 - Potentieel op basis van effectief aangeboden zitplaatsen (top 10)**

Op het link niveau is het resultaat, dat het grootste potentieel bestaat op tamelijk effectief bediende schakels. Er worden daadwerkelijk te weinig treinen ingezet of andere marktmechanismes om de vraag lager dan potentieel te houden. Op de schakels in Figuur 7 bestaat voldoende potentieel voor economisch levensvatbare uitbreiding van effectief opererende treinverbindingen op het gewenste serviceniveau.

### 5.3 Van schakels naar corridors

Op basis van de schakels met potentie en de kwalitatieve analyse zijn 12 corridors vastgesteld. Deze corridors vormen samen het Passenger Core network, als tegenhanger van de Rail Freight Corridors voor vrachtvervoer en TEN-T corridors voor infrastructuur. Dit netwerk kan worden uitgerold bovenop de reeds bestaande en succesvol opererende treinverbindingen zonder de economische levensvatbaarheid hiervan te bedreigen. Het dient te worden opgemerkt dat de implementatie gepaard dient te gaan met respect voor de geschikte netwerk hiërarchie (Nes, 2002). Het gaat om een netwerk van het hoogste schaalniveau en de prioriteit dient ook zodanig te worden gewaarborgd door de verschillende actoren, met name infrastructuurmanagers.

Er dient wel te worden opgemerkt dat in de discussie over concurrentie tussen vliegtuig en treinen vaak vergeten wordt dat de capaciteit van de verschillende vervoersmiddelen nogal uiteenlopend is, dit is geïllustreerd in Figuur 8. Als gevolg van dit verschil kan een heel andere service geboden worden met betrekking van frequenties, maar ook met betrekking tot de bezettingsgraad van het vervoermiddel.



**Figuur 8 - Operationele range vs. capaciteit trein en vliegtuig.**

## **6. Conclusies**

Het internationale reizigerspotentieel is een factor 3 groter dan momenteel bediend, met een potentie van 340 miljoen reizigers jaarlijks. Dit zou de totale markt van langeafstand vervoer met 22% doen groeien. Voor 2030 zou de potentiële internationale markt van 25% van het totaal aantal reizen groeien naar 37%. Desondanks wordt momenteel 60% niet effectief bediend met zitplaatsen. In totaal wordt 40% van de zitplaatsen niet effectief aangeboden naar de gewenste standaarden van de reizigers.

Dit onderzoek heeft een methode ontwikkeld om Europese treinreizigerspotentieel te bepalen. Hiervoor is een netwerk gemodelleerd, het aantal potentiële treinreizigers en de effectief geboden zitplaats capaciteit op schakelniveau bepaald. Beperkingen in de aanpak zijn nodig, om de afbakening te respecteren, consistente data te kunnen verwerven en resultaten betekenis vol blijven. Verder dienen er aannames te worden gedaan ter vereenvoudiging van de realiteit en als fundament dat de operationele weerstanden worden geslecht. Een aantal barrières, zoals de landsgrenzen en taalbarrières niet direct kunnen worden weggenomen, echter wel een directe invloed heeft op het totaal aantal internationale reizigers, niet specifiek het aantal treinreizigers.

Echter om de barrières te slechten is er meer samenwerking nodig. De Europese regelgeving biedt voldoende handvaten om dit op te pakken, echter dient hiervoor door alle partijen over de historische schaduw heengestapt te worden om grenzen te slechten.

## **7. Discussie**

De databeschikbaarheid is een belangrijke bottleneck voor dit onderzoek. Door de beperkt beschikbare data is slechts één parameter voor vervoerskeuze meegenomen, waardoor het gevaar voor nesting tussen vervoerskeuzes bestaat. Door extra voorwaarden is dit voorkomen. Verder ligt de focus op langeafstand en een gelimiteerde set aan steden is een goede vergelijking met de volledige situatie lastig. Onderzoek op deze schaal is nooit gedaan, niet in de USA of China. Er blijft echter nog veel liggen. De intentie is om een EU-onderzoeksprogramma op te zetten voor verder onderzoek.

## **Dankwoord**

Dit onderzoek is tot stand gekomen als afstudeeronderzoek aan de TU Delft door Barth Donners. Het werd gefaciliteerd door Royal HaskoningDHV en geïnitieerd door Train2EU. De afstudeercommissie bestond uit prof. B. Van Wee, W. Veeneman, O. Cats en H. Marinus. Extra support werd geleverd door S. Korpershoek en M. Poel.

## Referenties

- Aarhaug, J., & Fearnley, N. (2016). Deregulation of the Norwegian long distance express coach market. *Transport Policy*, 46, 1–6. <http://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.11.004>
- Albalade, D., Bel, G., & Fageda, X. (2015). Competition and cooperation between high-speed rail and air transportation services in Europe. *Journal of Transport Geography*, 42, 166–174. <http://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.07.003>
- Amadeus. (2013). The Rail Journey to 2020: Facts, figures and trends that will define the future of European passenger rail (White Paper), 1–28.
- Anderson, J. E., & Van Wincoop, E. (2003). Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle. *American Economic Review*, 93(1), 170–192. <http://doi.org/10.1257/000282803321455214>
- Bellekom, F., Donners, B. J. H. F., & Heiligers, B. (2012). Connecting Nizhny Novgorod to the future: public transport. In *Works of the "Great Rivers "2012" International Congress Report"* (pp. 532–536). Nizhny Novgorod: NNGASU.
- Bergstrand, J. H., Larch, M., & Yotov, Y. V. (2015). Economic Integration Agreements, Border Effects, and Distance Elasticities in the Gravity Equation. *European Economic Review*, 78, 307–327. <http://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2015.06.003>
- Brietzke, D. (2015). *Evaluation of International Train Service Alternatives*. TU Delft. Retrieved from <http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid:c303eb5d-73e0-4c61-ab4e-cdeeb4eb2299/>
- Brietzke, D., & Keizer, B. De. (2015). Nieuwe methodiek voor internationale-reizigersprognose: Wat beweegt passagiers tussen Nederland en Duitsland? In *Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk* (pp. 1–15). Antwerpen: CVS. Retrieved from [http://www.cvs-congres.nl/cvspdfdocs\\_2015/cvs15\\_060.pdf](http://www.cvs-congres.nl/cvspdfdocs_2015/cvs15_060.pdf)
- Buehler, R. (2011). Determinants of transport mode choice: a comparison of Germany and the USA. *Journal of Transport Geography*, 19(4), 644–657. <http://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.07.005>
- Chorus, C. G., Arentze, T. A., & Timmermans, H. J. P. (2008). A Random Regret-Minimization model of travel choice. *Transportation Research Part B: Methodological*, 42(1), 1–18. <http://doi.org/10.1016/j.trb.2007.05.004>

- Doganis, R. (2010). *Flying off Course; Airline Economics and Marketing* (4th Editio). New York, NY, USA: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Donners, B. J. H. F. (2016). *Erasing Borders, European Rail Passenger Potential*. Delft. Retrieved from <http://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:04ec81b4-79cb-4fc2-a063-9a13c8eebe9d?collection=education>
- European Commission. (2012). *Global Europe 2050*. Brussel. <http://doi.org/10.2777/79992>
- Fröidh, O. (2014). Design speed for new high-speed lines. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 4(3), 59–69. <http://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2014.09.002>
- Givoni. (2007). Environmental benefits from mode substitution: comparison of the environmental impact from aircraft and high-speed train operations. *International Journal of Sustainable Transportation*, 1(4), 209–230. <http://doi.org/10.1080/15568310601060044>
- Goeverden, C. D., & van Arem, B. (2010). Background Factors Explaining Train Choice in European Long- Distance Travelling. In *Proceedings WCTR 2010* (pp. 1–18). Lissabon: Instituto Superior Técnico.
- King, J. M. C. (2007). The Airbus 380 and Boeing 787: A role in the recovery of the airline transport market. *Journal of Air Transport Management*, 13(1), 16–22. <http://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2006.11.005>
- Lenormand, M., Bassolas, A., & Ramasco, J. J. (2016). Systematic comparison of trip distribution laws and models. *Journal of Transport Geography*, 51, 158–169. <http://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.12.008>
- Nash, C. (2010). Environmental and Other Co-benefits of Developing a High Speed Rail System in California : A Prospective Vision 2010-2050. In *Symposium Enhancing the Cost Benefit Analysis of High Speed Rail* (pp. 1–25). Leeds: Institute for Transport Studies, University of Leeds. Retrieved from [https://gspp.berkeley.edu/assets/uploads/page/HSR10\\_Nash.pdf](https://gspp.berkeley.edu/assets/uploads/page/HSR10_Nash.pdf)
- Nes, R. Van. (2002). *Design of multimodal transport networks: A hierarchical approach*. *Proefschrift*. <http://doi.org/90-407-2314-1>
- Oort, N. Van. (2011). Service Reliability and Urban Public Transport Design Service Reliability and, 290.

- Ortúzar, J. D. D., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling Transport. Modelling Transport* (4th ed.). John Wiley & Sons. <http://doi.org/10.1002/9781119993308>
- Román, C., Martín, J. C., Espino, R., Cherchi, E., Ortúzar, J. de D., Rizzi, L. I., ... Amador, F. J. (2014). Valuation of travel time savings for intercity travel: The Madrid-Barcelona corridor. *Transport Policy*, 36, 105–117. <http://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.07.007>
- Santana-Gallego, M., Ledesma-Rodríguez, F. J., & Pérez-Rodríguez, J. V. (2015). International trade and tourism flows: An extension of the gravity model. *Economic Modelling*, 52, 1026–1033. <http://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.10.043>
- Schäfer, A. (2007). Long-Term Trends in Global Passenger Mobility. In *Frontiers of Engineering: Reports on Leading-Edge Engineering from the 2006 Symposium* (pp. 85–98). Retrieved from <http://www.nap.edu/catalog/11827.html>
- Takebayashi, M. (2016). Air Transport and High Speed Railway: How Would Collaboration Affect Service Performance? In J. D. Bitzan, J. H. Peoples, & W. W. Wilson (Eds.), *Airline Efficiency (Advances in Airline Economics, Volume 5)* (pp. 197–220). inbook, Emerald Group Publishing Limited. <http://doi.org/10.1108/S2212-160920160000005008>
- van Goeverden, C. D., van Arem, B., & van Nes, R. (2015). Volume and GHG emissions of long-distance travelling by Western Europeans. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. <http://doi.org/10.1016/j.trd.2015.08.009>
- Vickerman, R. (2015). High-speed rail and regional development: the case of intermediate stations. *Journal of Transport Geography*, 42, 157–165. <http://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.06.008>
- Vuchic, V. R. (2005). *Urban Transit: Operations, Planning and Economics*. Wiley.
- Whalen, K. E., Páez, A., & Carrasco, J. A. (2013). Mode choice of university students commuting to school and the role of active travel. *Journal of Transport Geography*, 31, 132–142. <http://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.06.008>