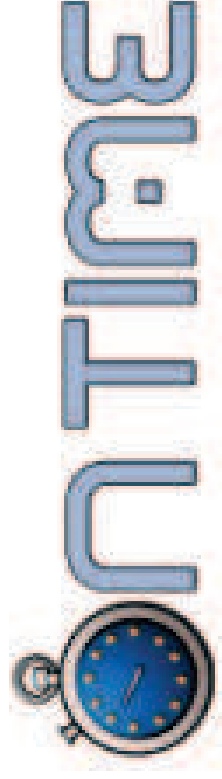


ON-TIME Workshop Nederland, 13 oktober 2014

Innovaties in planning en besturing van spoorvervoer



**[Optimal Networks for Train
Integration Management across Europe]**

Collaborative Project

7th Framework Programme

Robuust conflictvrije dienstregelingen

Rob Goverde, TU Delft

r.m.p.goverde@tudelft.nl

Inhoud

Robuust conflictvrije dienstregelingen

- Inleiding
- Review literatuur & praktijk
- Prestatie indicatoren
- Classificatie ontwerpproces dienstregelingen
- ON-TIME ontwerpmethodiek
- Conclusies/open punten
- Demonstratie

Inleiding

WP3 (werkpakketleider Rob Goverde)

- Ontwikkeling robuuste en veerkrachtige dienstregelingen

Innovatie

- Ontwikkeling van betere methoden voor het ontwerp van dienstregelingen die robuust zijn tegen normale statistische variaties en veerkrachtig tegen kleine verstoringen

Review literatuur & praktijk

Literatuur

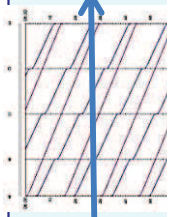
- Macroscopische dienstregeling optimaliseringsmodellen
 - Verwacht goede invoer voor goede uitvoer
- Microscopische dienstregelingsmodellen
 - Rijtijdberekeningen en berekening spoorcapaciteitsbenutting
- Evaluatiemodellen dienstregelingen
 - Macroscopische modellen voor stabiliteit en robuustheid
 - Microscopische generieke simulatiemodellen

Praktijk

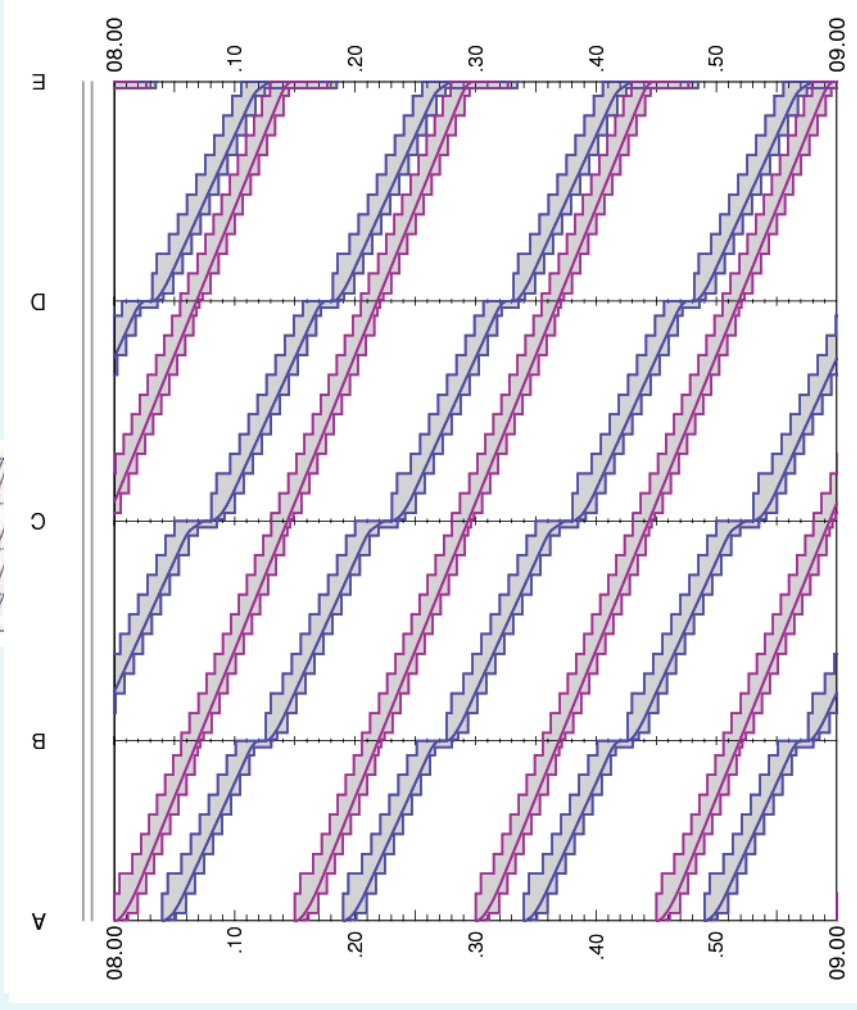
- Óf macroscopische modellen met normatieve invoer
- Óf microscopische bloktijdmodellen per corridor
- Evaluatie na ontwerp met onduidelijke terugkoppeling

Prestatie indicatoren

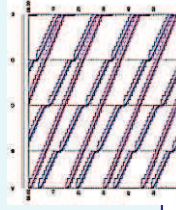
- Korte rij- en halteertijden
- Naadloze overstappen
- Realiseerbaarheid
- Conflictvrijheid
- Uitvoerbare capaciteitsbenutting in corridors en stations
- Stabiliteit
- Robuustheid
- Veerkrachtigheid (resilience)
- Energiezuinigheid
- Beschikbare capaciteit voor goederentreinen
- Standaard invoer- en uitvoerdata

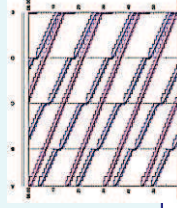
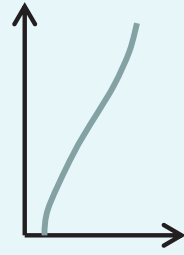
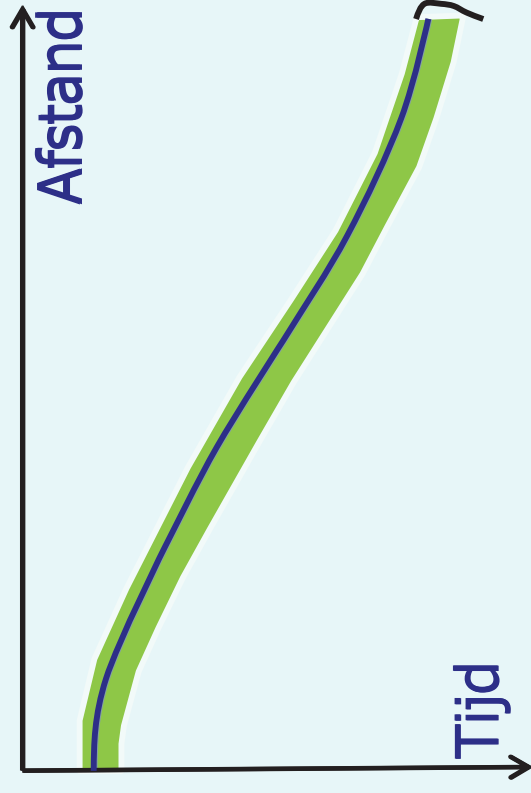
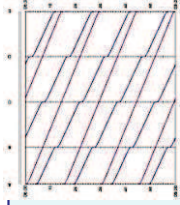


Stations, seinen



Tijd





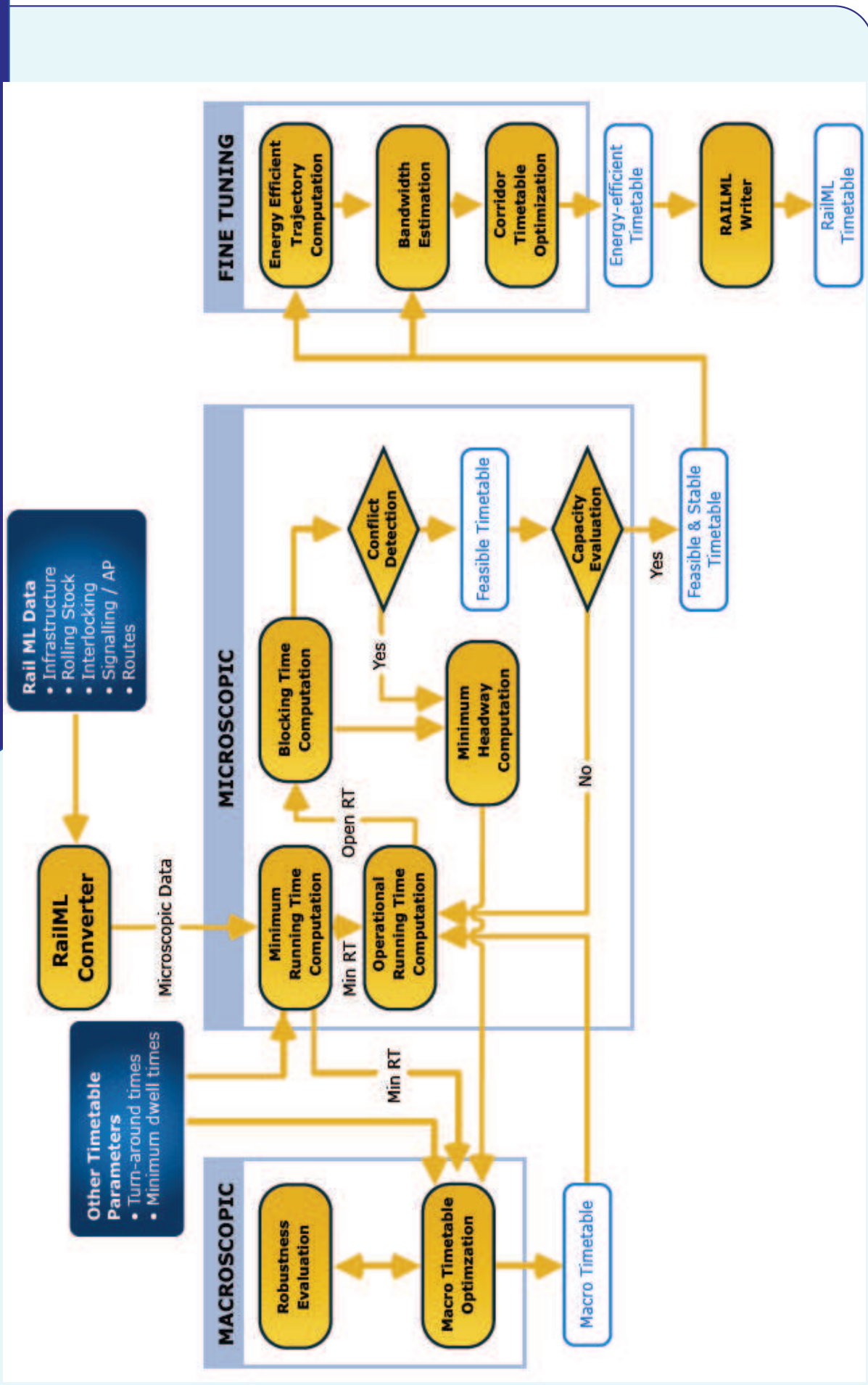
Classificatie ontwerpproces

- **Niveau 0** Lage kwaliteit
 - Geen conflictdetectie en stabiliteitsanalyse in ontwerpproces
- **Niveau 1** Stabiel
 - Stabiliteitsanalyse garandeert voldoende demping van vertragingen
- **Niveau 2** Conflict-vrij
 - Conflictdetectie en stabiliteitsanalyse garanderen ongestoorde dienstuitvoering onder punctueel treinverkeer
- **Niveau 3** Robuust
 - Robuustheidsanalyse bovenop conflictdetectie en stabiliteitsanalyse zorgt voor ongestoord treinverkeer onder normale statistische variaties in de procestijden
- **Niveau 4** Veerkrachtig
 - Bewijs dat een conflict-vrije dienstregeling bestaat waarbij details later snel kunnen worden ingevuld (goederenpaden, vertragingen)

ON-TIME ontwerpmethodiek

- Modulaire aanpak met focus op dienstregeling KPIs
- Implementatie uitwisselbare modules
- Gestandaardiseerde railML in- en uitvoer met uitbreidingen waar nodig (actieve deelname in railML gemeenschap)
- Interne datastructuur met consistente transformaties tussen micro- en macromodellen
- Aanpak op drie niveaus
 - Microscopische modellen op lokaal en corridor niveau
 - Macroscopische modellen op netwerkniveau
 - Fijnregeling op coridorniveau
- Resultaat: dienstregeling op rijwegniveau die voldoet aan ontwerpeisen m.b.t. prestaties

ON-TIME ontwerpmethodiek



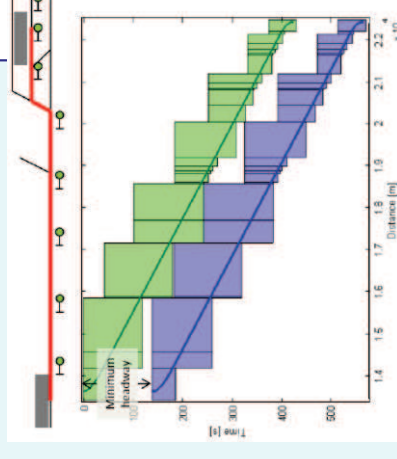
Microscopische modellen

Doelen

- Realiseerbare treinpaden
- Conflictvrije dienstregeling
- Voldoende speling voor stabiele dienstregeling

Aanpak

- Rij- en bloktijden op basis van snelheidsprofielen
- Operationele snelheidsprofielen incl. rijtijdspeling
- Conflictdetectie op basis van bloktijden (afkeurnorm)
- Infracapaciteitsbenutting / stabiliteit (UIC stabiliteitsnorm)
- Nauwkeurigheid 1 s
- Berekening micro/macro transformaties en bandbreedtes



Macroscopische modellen

Doelen

- Berekening optimale netwerkdienstregeling
 - Minimalisering rij-, halteer- en overstaptijden (bovenop nominale procestijden) en hersteltijd van vertragingen
 - Inplannen van alle aangevraagde treinpaden

Aanpak

- Macroscopisch MILP model met gewogen som van kosten
- Heuristisch algoritme genereert veel (1000) oplossingen
- Robuustheidsanalyse (per oplossing): gemiddelde hersteltijd van 1000 Monte Carlo simulaties
- Selectie van oplossing met laagste gewogen kosten
- Nauwkeurigheid 5 s

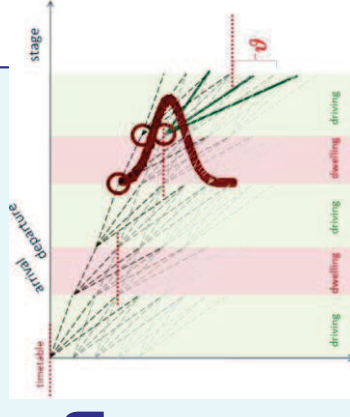
Fijnregeling corridors

Doel

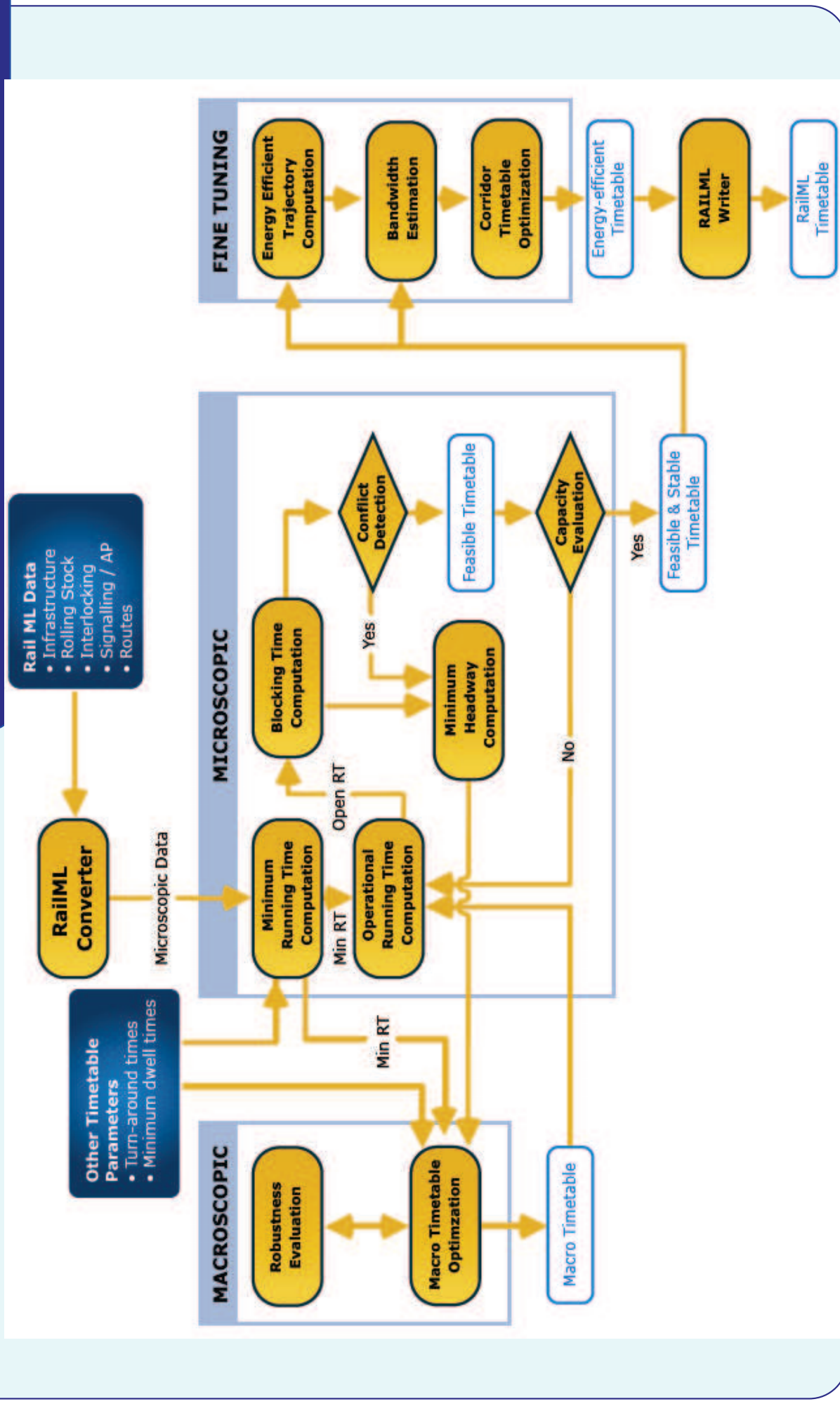
- Minimalisering energieverbruik bij maximale robuustheid

Aanpak

- Energiezuinige snelheidsprofielen voor alle treinen m.b.v. optimale besturingstheorie
- Berekening bandbreedte Sprinters tussen IC-paden
- Optimalisering aankomst- en vertrektijden op korte stops m.b.t. stochastische verdelingen halteertijden (stochastisch dynamisch programmeringsmodel)
- Geen aantasting aankomst- en vertrektijden van micro/macromodel
- Nauwkeurigheid 30 s



ON-TIME ontwerpmethodiek



ON-TIME ontwerpmethodiek

Geïntegreerde prestatie-gerichte ontwerpmethodiek

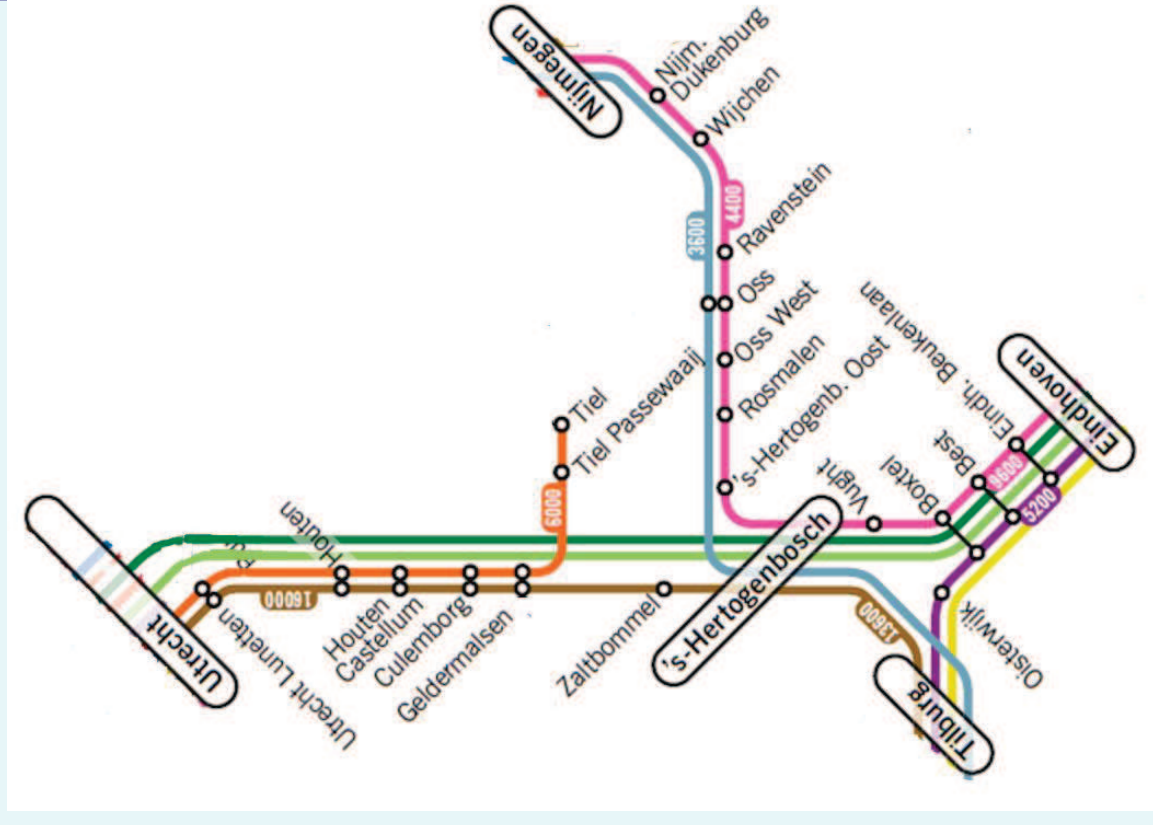
- Microscopische modellen
 - Realiseerbare rij- en bloktijden: hellingen, snelheidsrestricties, beveiliging
 - Conflictdetectie
 - UIC capaciteitsbenutting en stabiliteitsberekening
 - Energiezuinige snelheidsprofielen voor alle treinen
 - Nauwkeurigheid op sectie- en secondeniveau met snelheidsprofielen (lager capaciteitsverlies)
- Macroscopische modellen
 - Netwerkoptimalisering m.b.t. rij- en halteertijden, overstaptijden, geannuleerde treinpaden en robuustheid
 - Stochastische robuustheidsanalyse met Monte Carlo simulatie
 - Stochastische optimalisering van halteringen van sprinters op corridors m.b.t. halteerverdelingen en energieverbruik
- Gestandaardiseerde RailML in- en uitvoer

Conclusies/open punten

- Interactie met planner
- Beschikbaarheid landelijke data in standaard format
- Toepassing op landelijk netwerk
- Optimalisering rijwegen en perrontoeiding in stations
- Validatie normen voor stabiliteit en robuustheid
- Integratie multi-snelheidscatalogus goederenpaden

Demonstratie

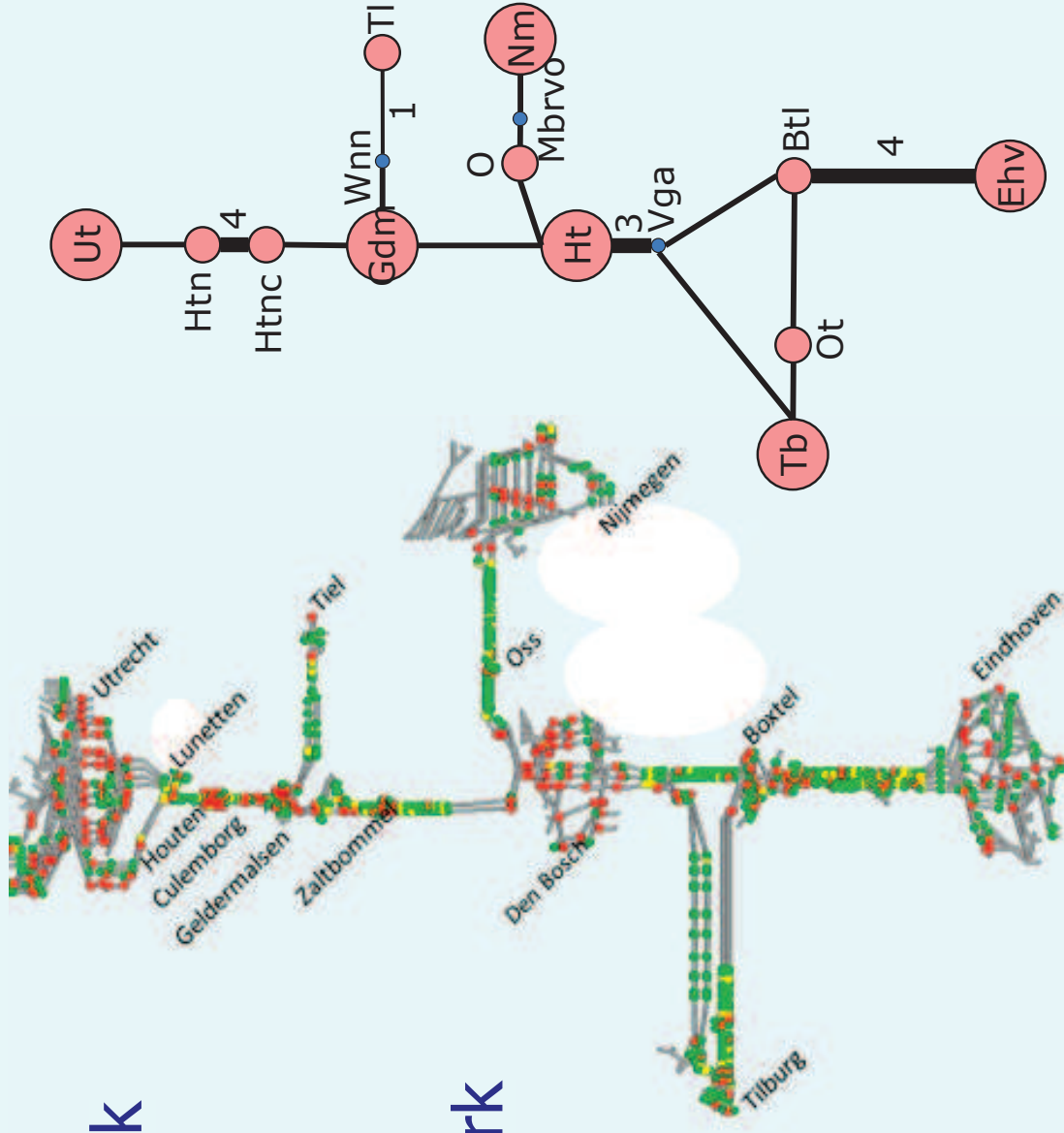
- **Nederlandse casus**
- Spoorinfrastructuur uit 2012
- Lijnvoering ochtendspits 2011
- Twee kruisende 'corridors'
 - Utrecht-Eindhoven
 - Tilburg-Nijmegen
- Uurpatroon
 - 2 x 8 IC's per uur
 - 2 x 10 SPR's per uur
 - Veel aansluitingen in Den Bosch
- Goederenpaden 2 per uur
 - Utrecht-Eindhoven



Demonstratie

Modellen

- Microscopisch netwerk
 - 1500 knopen
- Bloksectieniveau
 - 1000 knopen
- Macroscopisch netwerk
 - 16 knopen



Demonstratie

