

# Er hoeft maar dít te gebeuren en het hele metronet ligt stil

**E**en kapot metrostel, een passagier die onwel wordt, wissels die er door het weer mee ophouden. Een volledige metrolijn ligt stil, een station wordt afgesloten en de vertraging loopt op. Kan dat niet efficiënter?

Wiskundigen van de TU Delft onderzochten waar een metronetwerk aan moet voldoen om zo goed mogelijk tegen zulke verstoringen bestand te zijn. Ze gebruikten informatie van 33 metronetwerken in de wereld. Met computermodellen keken ze wat er gebeurde als bepaalde stations uitvielen. Afhankelijk van de grootte van het station en de hoeveelheid 'buren' – andere stations makkelijk te bereiken zijn – kwam al dan niet het hele netwerk stil te liggen.

De onderzoekers bekeken hoeveel stations er konden uitvallen totdat nog maar 90 procent van het netwerk bereikbaar was en hoeveel er moesten

uitvallen voordat het hele netwerk stilviel. Hoewel er specifiek naar metronetwerken werd gekeken, zijn de conclusies ook van toepassing op andere netwerken, zoals wegen of het spoor.

Een belangrijke maatstaf voor de flexibiliteit van een metronetwerk is de mate waarin verstoringen als een uitgevallen station of metrostel zijn op te vangen. Dat heet de robuustheid van een netwerk. Robert Kooij, hoogleraar wiskunde aan de TU Delft: 'Als een deel van het netwerk uitvalt, kun je dan toch op de plaats van bestemming komen? Het gaat om de beschikbaarheid van back-uproutes.'

Om genoeg acceptabele backuproutes te creëren, moet daar bij de aanleg van een metronetwerk al rekening mee worden gehouden. Kooij: 'Als we nu een metro willen aanleggen in Groningen, moeten we zorgen dat er kleine afstanden tussen stations zit-

## Wie?

Robert Kooij (TU Delft en TNO)

## Wat is zijn specialiteit?

Toegepaste wiskunde en netwerken

## Titel publicatie?

*Multi-criteria robustness analysis of metro networks*

## Vrij vertaald?

Hoe kunnen we ervoor zorgen dat je nog van A naar B kunt als er een metro uitvalt?



ten en dat er meer mogelijkheden zijn om van A naar B te komen.' In Groningen zou dit relatief makkelijk zijn, omdat de stad niet zo groot is en afstanden dus makkelijker kort te houden zijn. Lange metrolijnen zijn onvoordelig. Zodra er iets gebeurt op de lijn, is meteen een groot deel van de stad onbereikbaar en worden veel reizigers gedupeerd.

Van de onderzochte steden presteren Rome en Tokio het best. In Rome komt dat door de korte afstanden tussen overstapstations en in Tokio zijn er vooral véél overstapstations, waardoor er veel alternatieve routes zijn.

**Xiangrong Wang**, mede-auteur van het artikel, keek speciaal voor *de Volkskrant* naar de robuustheid van de metronetwerken van Amsterdam en Rotterdam. Die was niet zo groot, door de combinatie van lange metrolijnen en weinig back-uproutes. Valt er een station uit, dan is er grote overlast.

Behalve het voorhanden zijn van een alternatieve route, speelt ook de tijd die het kost om die alternatieve route te nemen een rol. Reizigers willen immers niet te veel vertraging oplopen. In Delft wordt nu een vervolgonderzoek gedaan naar andere factoren die hierbij een rol spelen.

Dit soort studies kunnen bijdragen aan de verbetering van metro- en andere netwerken in de toekomst. Kooij: 'Als je eraan kunt rekenen, kun je er rekening mee houden. Als je weet wat de zwakke punten zijn, kun je die beschermen.'

**Francien Bossema**

## UIT DE VERGETELHEID

Jaarlijks publiceren Nederlandse wetenschappers 172 duizend onderzoeken. In deze rubriek een greep uit de ontdekkingen die bijna onopgemerkt waren gebleven.