

Wat er écht in de wandelgangen gebeurt

Een multidisciplinaire analyse van looproutes in een nieuw schoolgebouw voor voortgezet onderwijs

Bram Leisink & Myrthe Sas, Mondial College, Nijmegen, Nederland



INLEIDING

Wanneer Mondial College Leuvenbroek naar het nieuwe gebouw verhuist, moeten de circa 1.200 leerlingen zich bij elke lesovergang binnen drie minuten door de gangen verplaatsen. Waar dan opstoppen ontstaan, is achteraf lastig te zeggen — tegen die tijd ligt de architectuur al vast. Dit onderzoek beantwoordt die vraag vooraf, via een *pre-occupancy*-analyse die looproutes voorspelt op basis van bouwtekeningen en gedragsdata.

Het werk bouwt een raamwerk op meerdere schalen op: van gecontroleerde gedragsexperimenten, via netwerksimulatie met grafentheorie en optimalisatie, tot microscopische simulatie met agenten. Elke laag vult aan wat de vorige laag laat liggen; de methode staat los van het specifieke gebouw.

GEDRAGSKARAKTERISATIE

Standaard voetgangersmodellen gaan uit van homogene agenten met een vaste gewenste loopsnelheid. Scholieren wijken hier systematisch van af — om dat te kwantificeren is een experiment uitgevoerd met $N = 208$ leerlingen (11–19 jaar) in zeven gangconfiguraties.

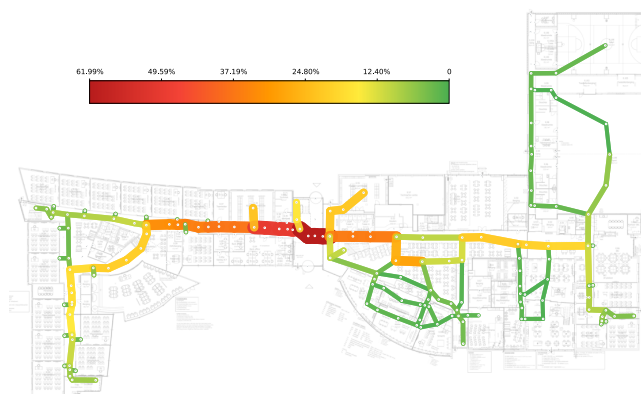
Drie gedragspatronen bleken aanzienlijke wrijvingsbronnen te zijn die in standaardmodellen ontbreken. *Sociale clustering*: vriendengroepen bewegen als één geheel, waardoor de bruikbare gangbreedte afneemt. *Aandachtswrijving*: smartphonegebruik vertraagt de reactietijd en veroorzaakt lokale dichtheidspieken. *Bochtafsnijden*: leerlingen nemen de binnenbocht, waardoor dichtheid juist op de smalste plekken oploopt. De gemeten vrije loopsnelheid was $v_0 = 1.47$ m/s ($\sigma = 0.19$); alle drie effecten zijn als kalibratieparameters in de modellen verwerkt.

NETWERKMODEL OP BASIS VAN GRAFENTHEORIE

De BIM-bouwtekeningen zijn omgezet in een gewogen, gerichte graaf ($|V| = 388$, $|E| = 427$); met het lesrooster zijn ruim 52.000 wekelijkse herkomst-bestemmingsparen gesimuleerd met Dijkstra-routing. Dat levert per lesovergang een belastingsprofiel per gang op.

Zoals Figuur 1 laat zien, loopt **62% van het voetgangersverkeer** door één centrale hal — een knelpunt dat al uit de plattegrond te voorspellen viel. Een Simulated Annealing-optimalisatie doorzocht vervolgens duizenden lokaalindelingen om de ongelijke belasting te minimaliseren; de Gini-coëfficiënt daalde van 0,585 naar 0,568, een daling van 3%. Roosteren kan de belasting dus alleen aan de randen bijsturen.

Relevant voor een actuele beslissing: de schoolleiding overweegt de buitentrappen te sluiten, omdat deze overbodig zouden zijn. Het model laat zien dat dit meer verkeer door de centrale hal zou dwingen, waardoor het knelpunt aanzienlijk zou verergeren.



Figuur 1: Gesimuleerde gangbelasting op de begane grond tijdens een piekmoment bij een lesovergang (groen: laag, rood: hoog). De centrale hal is het dominante knooppunt.

MICROSCOPISCH SIMULATIERAAMWERK

Grafenmodellen laten zien waar belasting zich ophoopt, niet hoe die opstopping fysiek ontstaat: wachtrijen, conflicten bij deuropeningen, dichtheidsgolven door een gang. Een tweede simulatielaag pakt dit aan met JuPedSim (C++/Python), een agent-gebaseerde simulator waarin elke beweging wordt gestuurd door het Social Force Model, gekalibreerd met de gedragsparameters uit het experiment.

Een belangrijke bijdrage is een op maat gemaakt geometrieraamwerk dat het gebouw objectgeoriënteerd weergeeft, rechtstreeks uit BIM- of CAD-bestanden leest, en zo als gezamenlijke invoer dient voor grafenmodel en simulator. Omdat JuPedSim geen gebouwen met meerdere verdiepingen ondersteunt, draait er per verdieping een simulatie parallel; eigen overgangslogica verplaatst agenten tussen verdiepingen, en een zichtbaarheidsgraaf regelt de globale routing. Het werkelijke lesrooster stuurt de instroom aan, wat volledige lesovergangsscenario's mogelijk maakt.

VALIDATIE EN VOORUITBLIK

Zodra het gebouw in gebruik is, worden metingen ter plaatse vergeleken met de modelvoorspellingen — een directe toets van de pre-occupancy-aanpak. Weinig studies hebben menigtesimulaties kunnen valideren tegen echte metingen in een school; de ingebruikname van dit gebouw biedt daarvoor een zeldzame kans.

De hier ontwikkelde methode, van plattegrond tot opstopingskaart, is bedoeld om herbruikbaar te zijn. Elk gebouw waarin beweging door een rooster wordt gestuurd — school, ziekenhuis of vervoersknooppunt — kan zo worden geanalyseerd vóórdat bouwbeslissingen onomkeerbaar worden.

Volledig verslag en posters → <https://hallways.leisink.nl>