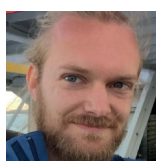


STUDIEREIS NAAR BRAZILIË VAN S.V.B.P.S. MOLLIER

Tijdens de reis naar Brazilië zijn studenten van s.v.b.p.s. Mollier van de Technische Universiteit Eindhoven in de steden Rio de Janeiro en São Paulo en in het dorpje Paraty geweest. Op deze locaties zijn lokale en internationale bedrijven en universiteiten bezocht. Daarnaast zijn er verschillende onderzoeken uitgevoerd met onderwerpen rondom akoestiek, licht, duurzaamheid, luchtkwaliteit en hoogbouw. Deze onderzoeken richtten zich op het beoordelen van de overeenkomsten en verschillen van de Nederlandse en Braziliaanse situatie.



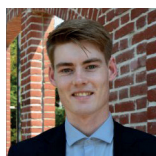
T. (Tom) van de Voort,
BSc., Unit Building
Physics and Services,
Department of the Built
Environment, Technische
Universiteit Eindhoven



**J.T. (Joshua) van de
Heuvel**



**J.T.M.A. (Hanneke)
Dekkers**



W.W. (Wouter) Karssies



M.J.J. (Michiel) Willems

INLEIDING

Tijdens de studiereis van collegejaar 2015/2016 zijn in Brazilië drie plaatsen bezocht door twintig masterstudenten van de studierichting Bouwfysica en Installatietechnologie van de Technische Universiteit Eindhoven. Deze plaatsen waren de metropolissen Rio de Janeiro en São Paulo en het historische vissersdorpje Paraty dat tussen deze twee grote steden in ligt. Brazilië is het op vier na grootste land ter wereld en telt ruim 200 miljoen inwoners, waarvan ongeveer tien procent in São Paulo woont. Dit maakt São Paulo de vierde grootste stad ter wereld met een bevolkingsaantal groter dan heel Nederland. Het schaalverschil, maar ook de klimaat- en cultuurverschillen met Nederland maakten het een bijzonder interessante bestemming voor deze studiereis.

Naast het feit dat er natuurlijk ruimte was voor ontspanning stond een groot deel van de reis in het teken van onderzoek, bedrijfs- en universiteitsbezoeken en culturele activiteiten. De onderzoeken werden uitgevoerd door groepen van vier studenten binnen vijf verschillende gebieden: luchtkwaliteit, licht, akoestiek, duurzaamheid en hoogbouw. Voorafgaand aan de reis is de hoofdvraag geformuleerd, zijn er literatuurstudies uitgevoerd en meetplannen opgesteld om het onderzoek tijdens de reis goed uit te kunnen voeren. Deze onderzoeken vormden de rode draad door de reis en werden tijdens of tussen de overige activiteiten door uitgevoerd. Later in dit artikel worden de onderzoeken individueel uitgebreid beschreven.

Rio de Janeiro

Deze stad staat natuurlijk bekend om zijn stranden, zijn ligging tussen verschillende steile rotsformaties zoals de Suikerbroodberg en de Corcovado met het beeld van Christus de Verlosser dat over de stad uitkijkt en carnaval. Maar in de stad is ook het hoofdkantoor van het staatsenergiebedrijf gevestigd en voor onze eerste volle dag in Brazilië stond een bezoek aan hun onderzoeksafdeling voor zonne- en windenergie gepland. In hun *Casa Solar Eficiente* werd verteld over de huidige energiemix in Brazilië en de inspanning om deze verder te verduurzamen. Ongeveer de helft van de elektriciteitsopwekking geschiedt door waterkrachtcentrales, maar de exploitatiegrenzen hiervan zijn zo goed als bereikt.

Daarom wordt er ingezet op zonne- en windenergie om de energiemix verder te verduurzamen. Op dit moment wordt er vooral veel geïnvesteerd in windenergie omdat het op dit moment economischer is dan zonne-energie, maar de verwachting is dat energieopwekking door zonne-energie op korte termijn ook een economisch alternatief gaat worden. Een ander probleem waarmee gekampt wordt is het piekverbruik van elektriciteit aan het begin van de avond, dit komt met name doordat de meeste Brazilianen een douche nemen na het werk en gaan koken. Het gebruik van zonnecollectoren om warm water te genereren wordt om deze reden gestimuleerd, vooral bij nieuwbouwprojecten.

Een ander bekend aspect van de stad zijn de favela's. Hoewel deze Braziliaanse variant van een sloppenwijk ook in andere steden voorkomt springen ze in Rio de Janeiro extra in het oog doordat ze veelal tegen de steile rotsen zijn gebouwd. Het vaak kleurrijke uiterlijk van de woningen verhuult de onveilige en ongezonde leefomstandigheden in deze wijken. Om ook deze kant van Brazilië te leren kennen is de Rocinha favela bezocht. We werden op het hoogste punt van de wijk dat met een auto bereikbaar was afgezet en een gids leidde ons door de smalle straten naar beneden. Deze straatjes doen ook dienst als riolering en er bestaat geen watertoevoer naar de woningen. Elektriciteit is vrijwel overal beschikbaar, maar wordt illegaal afgetapt, hier wordt via extra belastingen voor betaald. De meeste woningen hebben geen fundering en onderweg komen we verschillende ingestorte huizen tegen. Door de steile hellingen neemt een instortende woning vaak verschillende andere woningen mee. Het besef dat de door ons bezochte favela één van de veiligste en schoonste is van Brazilië geeft veel stof tot nadenken.

Paraty

Het kleine vissersdorpje vormt een welkome afwisseling van de hectiek van de grote steden. Het is een mooie gelegenheid om metingen uit te voeren ter vergelijking met de steden, vooral voor de onderzoeken naar luchtkwaliteit en akoestiek. Bijzonder aan dit dorpje is dat ongeveer één keer per maand de straten van het historische centrum volstromen met water. De bestrating bestaat daarom uit robuuste keien en de stoepen zijn

extra hoog. Wij mochten dit fenomeen ook meemaken in de laatste nacht, zo kwamen we er achter dat je ondanks de maatregelen toch natte voeten zal krijgen als je de straat moet oversteken.

São Paulo

Het formaat van de stad is niet in één oogopslag te bevatten, maar dat het de grootste stad van het Amerikaanse continent is wordt duidelijk als je de afstand van de rand van de stad naar het centrum ervaart. Het verkennen van de stad beperkte zich grofweg tot het gebied tussen het oude centrum en de universiteit van São Paulo. Op de universiteit zijn de faculteit van civiele techniek en die van architectuur bezocht. De faculteit civiele techniek richt zich op de vakgebieden bouwfysica, gebouwprestatie, bouwmaterialen en installatietechnologie. Uit de presentaties gegeven door onze groep studenten en de studenten daar bleek dat er veel aansluiting was tussen de onderzoeksgebieden van beide faculteiten. Onderzoek naar het verduurzamen van bouwmaterialen, persoonlijke ventilatiesystemen en de integratie van vernieuwbare energiebronnen waren onderwerpen die voorbijkwamen.

Bij de faculteit architectuur werden we getraakteerd op een visueel zeer fraai gebouw, maar de akoestici hadden veel aan te merken op de aaneenschakeling van open ruimtes en de harde materialen. Het gebouw wordt voornamelijk passief geconditioneerd waarbij gebruik wordt gemaakt van overstekken om zontoetreding tegen te gaan, thermische massa als energiebuffer en natuurlijke ventilatie voor verdere verkoeling. De presentaties gingen in op akoestiek en licht waarbij duidelijk werd dat de Eindhovense studenten meer een technische, numerieke aanpak hanteren en de architectuurstudenten meer gebruik maken van referenties en modellen om tot een goede oplossing te komen.

Naast deze twee faculteiten zijn ook twee bedrijven bezocht, Arcadis en Sustentech. Sustentech is een bedrijf gericht op energiecertificering en prestatiesimulatie. Er lijkt in Brazilië veel aandacht te gaan naar de waterhuishouding, meer dan in Nederland. Er is ook een grote inhaalslag te maken gezien nog steeds een groot deel van de Braziliaanse bevolking niet over riolering beschikt. Er is ook zeker interesse voor de levenscyclusanalyse van bouw- en grondstoffen. Verder komt ook de implementatie van hernieuwbare energiebronnen op gebouwniveau op gang, maar vrij langzaam omdat de investeringskosten nog relatief hoog zijn en teruglevering van elektriciteit niet mogelijk is. Deze trend lijkt ook vooral gestuwd te worden door nieuwbouwprojecten van buitenlandse multinationals, zoals hotelketens, waarbij het imago een rol speelt.

Arcadis heeft in São Paulo zijn regionale hoofdkantoor van Zuid-Amerika. Er bestaat een focus op grote projecten binnen infrastructuur en utiliteitsbouw. Projecten omtrent de elektrische infrastructuur inclusief (water) krachtcentrales vormen in Brazilië een groot deel van het portfolio. Waar Arcadis in Nederland een duidelijk innovatief karakter heeft lijkt dit in Brazilië niet een van de speerpunten te zijn. Omdat de uitgevoerde projecten



Ligging Brazilië, São Paulo en Rio de Janeiro



Rocinha favela



3 Bezoek aan de universiteit van São Paulo



4 Meting op de universiteit van São Paulo, van links naar rechts: fijnstofmeter, CO₂-/RV-/temperatuur-/luchtsnelheid-meter en datalogger

veelal voor (semi-)overheidsinstanties zijn en gezien de huidige economische situatie in Brazilië ligt de focus bij deze projecten meer op lage investeringskosten dan op duurzaamheid.

ONDERZOEK TIJDENS DE STUDIEREIS

Zoals aangegeven was er tijdens de studiereis ook veel ruimte voor onderzoek. De inhoud en uitvoering van

deze onderzoeken worden hieronder per onderwerp besproken.

Luchtkwaliteit – De invloed van luchtkwaliteit op respiratoire aandoeningen en het waarborgen van goede binnenluchtkwaliteit

Een hoge concentratie fijnstof zorgt voor de ontwikkeling van aandoeningen als COPD en verergert astmatische klachten, ook worden er meer hartinfarcten geconstateerd tijdens periodes met hoge fijnstofconcentraties. In metropolen zoals Rio de Janeiro en met name São Paulo bestaat een groot risico op luchtvervuiling door de grote concentratie van verontreinigingsbronnen. Gezien het gegeven dat een gemiddeld persoon negentig procent van zijn leven in gebouwen verblijft is de binnenluchtkwaliteit van uiterst belang. Buitenlucht is altijd de bron van 'schone' binnenlucht en daarom kunnen we door het analyseren van het verschil in luchtkwaliteit tussen binnen en buiten de efficiëntie en capaciteit van het ventilatiesysteem beoordelen. Om hier inzicht in te verkrijgen is tijdens dit onderzoek zowel de binnen- als de buitenluchtkwaliteit gemeten in Brazilië en in Nederland voor verschillende type gebouwen: kantoren, scholen en hotels. Voor de onderzochte gebouwen is het type ventilatiesysteem en de ventilatievoud bepaald. Door de vergelijking van deze gegevens kan bepaald worden welk type ventilatie het meest geschikt is om voor een goede binnenluchtkwaliteit te zorgen. Ook is er door middel van enquêtes bepaald hoe de luchtkwaliteit wordt ervaren.

De gemeten waarden bestonden uit CO₂ [ppm], ultra-fijnstof [PM₁, PM_{0.3}], temperatuur [°C], relatieve lucht-



5 Invullen van de enquête door Nederlandse en Braziliaanse studenten

vochtigheid [%] en luchtsnelheid [m/s]. De metingen zijn uitgevoerd in Rio de Janeiro, Paraty en São Paulo in Brazilië en in Eindhoven in Nederland. Uit de eerste resultaten bleek inderdaad dat de buitenluchtkwaliteit in Rio de Janeiro en met name São Paulo vervuilerd is dan in Paraty of Eindhoven. Het blijkt ook dat mechanische ventilatiesystemen meestal zorgen voor lagere fijnstofconcentraties binnen. Hoewel het type filtering niet bepaald kon worden lijkt mechanische ventilatie beter geschikt voor het bieden van een goede binnenluchtkwaliteit in gebieden met een slechte buitenluchtkwaliteit dan natuurlijke ventilatie. Eén van de onderzochte gebouwen met mechanische ventilatie bood echter niet voldoende ventilatiecapaciteit waardoor de CO_2 -waarden snel opliepen. Hier moet natuurlijk voor gewaakt worden. Dit probleem kan ook optreden bij gebruik van natuurlijke ventilatie, vooral als er weinig tot geen wind is. Aan de hand van dit onderzoek wordt aangeraden om in gebieden met een risico op luchtverontreiniging gebruik te maken van mechanische ventilatie met fijnstoffiltering, bij voorkeur met CO_2 -gestuurde regeling om de luchtkwaliteit in het gehele spectrum te waarborgen.

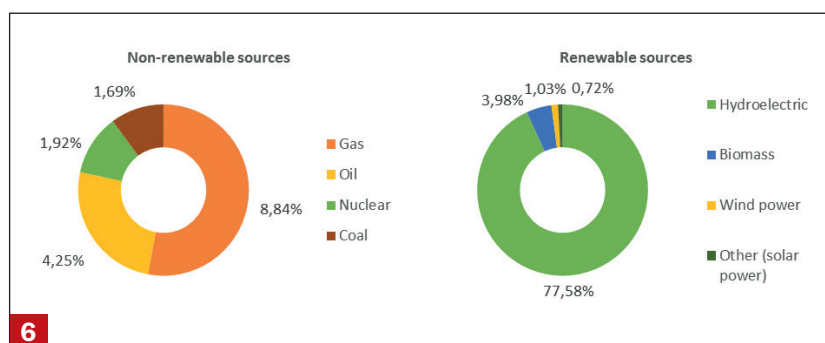
Licht - Vergelijking van het gebruik van en de voorkeur voor daglicht en kunstlicht

In het vakgebied licht is er onderzoek gedaan naar de lichtcondities op Braziliaanse universiteiten. Het doel van het onderzoek was om, aan de hand van literatuurstudie, metingen en enquêtes, meer kennis te vergaren over de regelgeving in de bouw in Brazilië en het verschil met de Nederlandse gebouwen standaard in kaart te brengen. Door middel van een literatuuronderzoek en

een analyse van de gebouwen op de campus van de universiteit van São Paulo zijn de verschillen in ontwerpkeuzes ten aanzien van licht gerapporteerd. Hierin was de belangrijkste conclusie dat de focus tijdens het ontwerpen van gebouwen in Brazilië voornamelijk ligt op het buitenhouden van de warmte, in tegenstelling tot Nederland waar het gebruik van daglicht een grotere prioriteit heeft. Met dit in het achterhoofd was het doel van de metingen het in kaart brengen van de verlichtingssterkte en kleurtemperatuur in een Braziliaanse collegezaal. De focus van de enquête lag op het verschil tussen de voorkeur van de Braziliaanse en Nederlandse studenten ten aanzien van daglicht, kunstverlichting en kleurtemperatuur.

Vooraf werd verwacht dat de Braziliaanse studenten minder daglicht zouden prefereren dan de Nederlandse studenten omdat deze geassocieerd wordt met warmte. Daardoor zou uit de metingen naar voren moeten komen dat de verlichtingssterkte ten gevolge van kunstverlichting in een Braziliaanse collegezaal hoger is dan in een collegezaal in Nederland. Deze verwachtingen zijn deels uitgekomen, de metingen tonen inderdaad aan dat de verlichtingssterkte aanwezig in de ruimte volledig werd gecreëerd door de kunstverlichting. Echter was de uitkomst van de enquête dat er geen aantoonbaar verschil was tussen de voorkeuren van de lichtconditie van een ruimte van de Nederlandse en Braziliaanse studenten. Een kleine nuance in de conclusie van dit onderzoek is dat de deelnemersgroep van de enquête een omvang had van 32 personen, een onderzoek met een grotere omvang zou de resultaten van de enquête moeten onder-





6 Energiemix in Brazilië



7

Tascam DR-40

steunen. Daarnaast zijn de metingen uitgevoerd in mei, het winterseizoen in Brazilië. Een tweede meting in het zomerseizoen (november - maart) zou uit moeten wijzen of er tijdens de warmere maanden een andere voorkeur bestaat voor de lichtcondities van de ruimte.

Sustainable Energy - De diversifiëring van de energiematrix van Brazilië

Brazilië is een snelgroeiend land op het gebied van populatie en economie, wat gevolgen heeft voor bijvoorbeeld de energievraag. Waar in Nederland tijdens de periode 1993-2011 de energievraag toegenomen is met 6%, is dit in Brazilië verdubbeld. Als dit blijft toenemen kan dit grote gevolgen hebben voor de inwoners maar ook het milieu. Ondanks een toename van de energieproductie (105 GWh in 2013) in het land is de betrouwbaarheid van het elektriciteitsnetwerk er niet op vooruit gegaan. Elektriciteitsnetwerken variëren per land, maar

de structuur blijft hetzelfde van landelijk naar regionaal niveau tot de aansluiting bij de consument. Grote landen zoals Brazilië hebben veel hogere voltages op landelijk niveau dan bijvoorbeeld Nederland, ter vergelijking: het landelijke niveau komt overeen met het Braziliaanse regionale niveau. De Rio Madeira transmissielijn in Brazilië is maar liefst 2385 km lang en daarmee 's werelds langste elektriciteitslijn. Uiteraard hebben deze grote afstanden geen positief effect op de transportverliezen. De elektriciteitsverliezen over deze transmissielijnen is ongeveer 17% van de totale opgewekte capaciteit. Dit leidt vooral tot problemen in combinatie met de aanhoudende droogte in de vorm van grootschalige stroomstoringen omdat Brazilië voornamelijk afhankelijk is van waterkrachtcentrales (77,6% van het totaal). De lage waterstand in reservoirs en ontbossing zorgt ervoor dat dammen de benodigde capaciteit niet behalen en weinig efficiënt werken, wat in de toekomst nog eens met 36% zou kunnen verminderen. Verwacht wordt dat de komende jaren de elektriciteitsvraag in Brazilië zal stijgen tot Nederlandse waarden (verbruik per capita) en dus zijn veranderingen in het elektriciteitssysteem noodzakelijk. Om de komende jaren minder afhankelijk te worden van centraal opgewekte elektriciteit zal Brazilië dus meer moeten investeren in decentrale opwekking. Uit de meerjarenbegroting blijkt dat ze dit de komende 10 jaren in de praktijk gaan realiseren door US\$ 59 miljard te investeren decentrale opwekking door middel van biomassa, water wind en zon, wat overeenkomt met 58% van het totale overheidsbudget van de sector. Het is wat hernieuwbare energie betreft geen probleem aangezien Brazilië een groot potentieel aan energie van zon en wind heeft, naast de gevestigde waterkracht. Echter zal hiervoor het elektriciteitsnetwerk aanzienlijk moeten worden aangepakt en daarnaast zal de denkwijze van inwoners in de omgang met energie moeten veranderen.

Akoestiek - Urban sound

In het kader van akoestiek hebben vier van onze studenten de "urban sound" en stedelijke akoestiek van metropolen Rio de Janeiro en São Paulo onderzocht met als hoofddoel het onderzoeken van de karakteristieke eigenschappen van het "urban sound" en de stedelijke akoestiek en deze resultaten met gelijke metingen in grote Nederlandse steden te vergelijken. Deze metingen zijn voldaan door middel van een Tascam DR-40 (met externe microfoon) en een GoPro Hero 4. De metingen zijn verricht bij verkeersknooppunten van verschillende omvang (2-baans-, 3-baanswegen en 2x2 baanswegen) met een lengte van 10 minuten per meting en na analyse van de GoPro camera beelden hebben we een gedetailleerd beeld gecreëerd van de bron van het geluid. De grootste bron van geluid is het verkeer welke zeer verschillend is vergeleken met grote westerse Europese steden, dit resulteert in een hoog gemeten geluidniveau bij de verkeersknooppunten. Tegelijkertijd is een tweede meting verricht welke op dezelfde locatie begint, maar waar het meetpunt elke twee minuten circa 10 meter een 1-baans zijstraatje verder in verplaatst wordt. Deze metingen resulteert in een zeer snel dalend geluidsniveau naarmate er verder in de zijstraat wordt gemeten ondanks dat het smalle straten zijn met aan weerszijden hoge gebouwen (minimaal 5 verdiepingen).

Naast een analyse van het achtergrondgeluid van Braziliaanse metropolen is een aantal in-ear stereo opnamen gemaakt van routes door de verschillende steden. Met behulp van deze opnames wordt een onderzoek uitgevoerd naar het verschil in de perceptie van de verschillende meetlocaties. De meetlocaties zijn stedelijk in Rio de Janeiro en São Paulo en in het veel rustigere Paraty. De locaties en tijdstippen zijn gekozen om een breed scala aan atmosferen vast te kunnen leggen en de invloed van beeld en geluid te kunnen documenteren. Uit eerste observatie lijkt er een duidelijk effect op het gevoel van luidheidbeleving wanneer geluid met of zonder beeld wordt afgespeeld. Aanvullend onderzoek om hier echt iets over te kunnen zeggen moet nog worden uitgevoerd.

Hoogbouw - Edificio Copan

Voor het onderzoek omtrent de studiereis is de focus gelegd op temperatuurverhoging ten gevolge van zoninstraling in de hoogbouw. Hiervoor is als case study gekozen voor een van de meest toonaangevende gebouwen in Brazilië, de Edificio Copan. Het gebouw is 140 meter hoog en telt 37 verdiepingen, hiermee wordt een woonoppervlak gecreëerd van 10572,8 m². Men beweert dat het gebouw twee records op haar naam heeft staan, het gebouw met het grootste woonoppervlak van de wereld, en de grootste betonconstructie van Brazilië. In de Copan zelf wonen ongeveer 5000 personen.

Aan de hand van de metingen van zaterdag 21 maart 2015 tot en met woensdag 25 maart 2015 [1] en de bevindingen ter plaatse zijn de conclusies getrokken. De metingen in 4 verschillende appartementen zijn geanalyseerd. Hiervan zijn 2 appartementen gelegen aan de zuidoost gevel en 2 appartementen aan de noordoost gevel. Per oriëntatie is een appartement gelegen op de 9^e verdieping en op de 27^e verdieping. Per appartement zijn de zoninstraling (W/m²), luchtsnelheden (m/s), binnen- en buitentemperatuur (°C) gemeten. Hierdoor is een goed beeld verkregen van de invloed van onder andere de oriëntatie en het ontwerp.

Aan de hand van de metingen kan worden vastgesteld dat de comforteisen in de appartementen in de meeste gevallen wordt gehaald. Alle gemeten appartementen, verschil in oriëntaties en verdieping, blijven over het algemeen binnen de comforteisen. Dus ondanks de hoeveelheid zoninstraling, die beperkt kan worden door de gebouwde omgeving of oriëntatie ten opzichte van de zon, blijft het binnen de marges. Ontwerpkeuzes zoals overstekken, beton (hoge thermische massa), oppervlakte van ramen en soort glas met relatief lage isolatiewaardes zorgen ervoor dat dit gebouw goed functioneert op het gebied van temperatuur comfort.

Tot slot

Naast het ontdekken van een (deel van) een nieuw land is de reis een bijzonder leerzame ervaring geweest. Het is bijzonder interessant om onderzoek te doen in een andere omgeving dan gebruikelijk en de vergelijking van resultaten geeft een dieper inzicht in klimatologische en culturele verschillen. Het leggen van contacten met studenten, docenten en bedrijven in andere landen kan



8 Edificio Copan

daarnaast voor langdurige samenwerking zorgen. Eén van onze studenten gaat dankzij deze reis zijn afstudeeronderzoek in São Paulo uitvoeren. De studiereis is een waardevol onderdeel van de academische ontwikkeling van de studenten, naast het feit dat het natuurlijk een erg leuke ervaring is. ■

BRONNEN

► [1] Faculty of Architecture, (2016), Daylighting at the Edificio Copán, presentation held at May 19th 2016, University of São Paulo