

Technische hoogstandjes van eigen bodem zijn er genoeg. In NederTech elke maand een mooi voorbeeld. Deze keer: een opstelling die de mechanische belasting op beweegbare bruggen meet om te voorkomen dat onderdelen onnodig vroeg vervangen worden.

**DELFTS GEVAARTE MOET VOOR  
LAGERE ONDERHOUDSKOSTEN ZORGEN**

# BRUG MET KORTING



■ Ingenieur Kodo Sektani (33) kwam op jonge leeftijd als vluchteling uit Iraaks Koerdistan naar Nederland. In 2009 haalde hij zijn master werktuigbouwkunde aan de TU Delft. Sinds 2016 promoveert hij aan de TU Delft. Met zijn onderzoek hoopt hij niet alleen een wetenschappelijke, maar ook een maatschappelijke bijdrage aan Nederland te leveren.

Nederland telt honderden beweegbare bruggen. Al die hef-, ophaal- en basculebruggen moeten betrouwbaar zijn. Want eentje die vanwege een defect niet open- of dichtgaat, is funest voor de doorstroming van het verkeer. Ingenieurs gebruiken daarom een standaardrekenmodel om te bepalen hoeveel belasting er tijdens het openen en sluiten van de brug op de bewegende onderdelen komt te staan. Aan de hand daarvan kunnen ze berekenen hoelang de bewegende onderdelen van een brug meegaan. Bouwers zorgen ervoor dat ze er ruim op tijd bij zijn om die onderdelen te vervangen. “Het probleem met dat rekenmodel is dat het te conservatief is”, aldus ingenieur Kodo Sektani. “Brugonderdelen van het bewegingswerk die volgens het rekenmodel allang kapot zouden moeten zijn, doen het vaak gewoon nog uitstekend. Ze worden kapot gerekend. Dat bruggenbouwers liever het zekere voor het onzekere nemen is heel logisch, maar door het sterk vereenvoudigde rekenmodel lijken onderdelen vaak vroegtijdig vervangen te worden, met onnodig veel onderhouds- en vervangingskosten.”

## Reusachtige machine

Dat rekenmodel moet veel realistischer en meer op de praktijk gericht zijn, vindt Sektani, die na zijn studie werktuigbouwkunde aan de TU Delft aan het werk ging bij het ingenieurs- en adviesbureau Antea Group, wat hij nog steeds doet. Momenteel werkt hij bij de TU Delft aan een promotieonderzoek, met als doel het inzicht in de dynamica van beweegbare bruggen te vergroten

en de huidige theoretische rekenmethodieken te verbeteren. “Welke krachten treden er op als de brug gebruikt wordt? Hoe werken de bewegende onderdelen op elkaar en wat betekent dit voor de levensduur? Uit de literatuur blijkt dat deze vragen nooit eerder zijn beantwoord middels praktijkmetingen.” Met een proefopstelling kunnen in principe alle mogelijke belastingsituaties worden nagebootst. Sektani bouwde er eentje in het lab van de TU Delft, met hulp van de TU Delft, Antea Group, Rijkswaterstaat en de provincie Zuid-Holland. Een dozijn sponsoren, waaronder hogere en lagere overheden en bedrijven, steunden het project ofwel financieel, ofwel door onderdelen voor de proefopstelling te leveren. Het resultaat is een reusachtige machine die het openen van beweegbare bruggen nabootst. “Het zijn in principe twee opstellingen in één”, aldus Sektani. “In de standaardopstelling gebruik ik een kruk-drijfslagmechanisme. Daarmee zet je de beweging van een heen en weer gaande stang om in een draai beweging. Dit mechanisme zie je vooral in basculebruggen.” Met de andere opstelling bootst Sektani ophaalbruggen met een rechte heugelstang na. “Dat is een stang met tanden aan één zijde, die aangedreven wordt door een randselwiel. Het draaiende tandwiel blijft op zijn plek, terwijl de stang beweegt. Door die beweging gaat het brugdek omhoog.” Het brugdek, het deel waar het verkeer overheen rijdt, is in het rode gevaarte van Sektani niet meer dan een stalen balk. Omdat ieder brugdek weer een ander gewicht heeft, wordt dat nagebootst

met behulp van een vliegwiel aan de achterkant van de machine. Hoe sneller dat wiel draait, hoe meer kracht het kost om het brugdek op te tillen. Sektani: “De snelheid van het vliegwiel pas ik aan in de computer.” Die aanpasbaarheid is de grote kracht van Sektani’s machine. Vrijwel alle variabelen kunnen relatief simpel worden aangepast. Om het brugdek bijvoorbeeld stijver of slapper te maken, kan een as in de machine door respectievelijk een dikker of een dunner exemplaar worden vervangen.

## Nieuwe rekenregels

Sektani geeft toe dat hij met zijn machine niet alle soorten beweegbare bruggen na kan bootsen. “Je hebt naast ophaal- en basculebruggen ook hef- en draai bruggen. Maar die laatste komen in de praktijk veel minder voor. Ik focus me op de meest gangbare types, omdat daar de grootste winst te behalen valt.” Met relatief kleine veranderingen kan Sektani in principe elke ophaal- en basculebrug nabootsen en testen. Hij benadrukt dat zijn opstelling niet bedoeld is om de belasting van individuele bruggen te testen. “Het gaat puur om het verifiëren en valideren van de theoretische rekenmodellen die bruggenbouwers nu gebruiken.” De verbeteringen in de rekenmethodiek die Sektani’s onderzoek op kan leveren, kunnen vervolgens aanleiding zijn om de rekenregels in de huidige voorschriften voor het ontwerpen en beoordelen van beweegbare bruggen te wijzigen. “De verwachting is dat hier aanzienlijke maatschappelijke en financiële voordelen uit voort kunnen komen.” ■

## De bruggentester

Door dit vliegwiel sneller te laten draaien, kan de massa draagbaarheid van het brugdek groter worden gemaakt.

Deze stalen balk simuleert het brugdek. Het kan omhoog of omlaag gezet worden met behulp van een aandrijving.

De, door een computer aangestuurde, aandrijfmotor brengt de testopstelling in beweging.

Hieronder bevindt zich het aandrijfmechanisme van de proefopstelling. Met een kruk-drijfslagmechanisme worden basculebruggen nagebootst. Wordt in plaats daarvan een heugelstangmechanisme gebruikt, dan bootst de machine een ophaalbrug na.

Tandwielen in deze kasten brengen bewegingen en krachten van het ene onderdeel naar het andere over.

Deze variabele as simuleert de flexibiliteit van de aandrijflijn. Hoe dikker de as, hoe groter de stijfheid.

