

TUC RAIL EN INFRABEL NEMEN SPOORWEGBRUG ONDER DE LOEP

INTERESSANTE INZICHTEN DANKZIJ STRUCTURAL HEALTH MONITORING

Structural health monitoring zit wereldwijd in de lift. Ook TUC Rail en Infrabel springen op deze trein met een proefproject op de stalen Vierendeelbrug in Mechelen. Het betreft een belangrijk onderdeel van een innovatietraject dat moet leiden tot de hervorming en optimalisatie van het onderhoud van alle spoorwegbruggen en -tunnels. De uiteindelijke ambitie is tweeledig: de kosten van herstellingen en de hinder voor de reizigers tijdens onderhoudswerken drastisch inperken, én de levensduur van de infrastructuur aanzienlijk verlengen.



De Vierendeelbrug aan de Leuvensesteenweg in Mechelen nadert stilaan het einde van haar ontwerplevensduur.

Met een overspanning van 89,54 meter en haar sprekende vormgeving bepaalt de Vierendeelbrug al bijna negentig jaar het straatbeeld van de Leuvensesteenweg in Mechelen. Deze brug werd gebouwd naar aanleiding van de elektrificatie van de spoorlijn Antwerpen-Brussel en in 1935 in gebruik genomen. Vandaag is ze nog altijd een uiterst belangrijk kruispunt op het Belgische spoorwegnetwerk. Zowel over als onder de brug lopen druk bereiden spoorlijnen. Omdat ze stilaan het einde van haar honderdjarige ontwerplevensduur nadert, geniet de Vierendeelbrug de bijzondere aandacht van TUC Rail en Infrabel, zeker omdat ze sinds 1996 onder de categorie 'Beschermd Monument' valt. "We kunnen ze dus niet zomaar door een nieuw exemplaar vervangen", vertelt Karlien Berten, Lead Design Engineer Structures van TUC Rail. "Daarom voorzien we binnen enkele jaren een grondige renovatie."

Renovatie met minimale hinder

Tijdens de renovatie zal de brug ongeveer 60 centimeter hoger worden geplaatst zodat de bovenleidingen van de onderliggende spoorlijnen niet meer in de brug zijn geïntegreerd, maar eronder komen te hangen. Dit zal het onderhoud aanzienlijk vereenvoudigen en de impact op het treinverkeer verminderen. Verder zal de brug opnieuw worden geschilderd. "We hopen belangrijke structurele renovaties te kunnen vermijden door het toepassen van *structural health monitoring*", aldus Karlien Berten. "Gezien de vergevorderde leeftijd van de brug is de kans reëel dat er in de komende jaren defecten optreden. Hun herstelling zou extra zwaar zijn als ze niet tijdig worden opgemerkt. Momenteel ondergaan dergelijke bruggen gemiddeld om de vier jaar een kleine en om de acht jaar een grote inspectie. Het is evident dat we op deze manier kleine defecten niet vroegtijdig kunnen detecteren. Hoe later ze worden opgemerkt, hoe moeilijker – en dus ook duurder – het wordt om ze te herstellen en hoe groter de hinder voor het treinverkeer en de reizigers wordt."

Naar een predictief onderhoud

Het afstappen van vaste intervallen voor het onderhoud en de inspecties van infrastructuur is al langer een denkpiste bij TUC Rail en Infrabel. "*Structural health monitoring* opent het pad om naar predictief onderhoud te evolueren", aldus Karlien Berten. "Meten is weten. Door middel van sensoren kunnen we de staat van spoorwegbruggen en -tunnels in real time opvolgen. Op die manier worden problemen tijdig opgespoord en opgelost voor ze zich echt kunnen ontwikkelen. Het is zelfs mogelijk



De installatie van de sensoren gebeurde gefaseerd in functie van de beschikbaarheid van de brug, ook 's nachts.

om een stap verder te gaan en gebreken te 'voorspellen' voor deze zich voordoen. Als resultaat zal het aantal interventies dus wellicht toenemen, maar de vereiste acties zullen korter duren én veel minder kosten. Bovendien zouden we met een dergelijke aanpak ons onderhoud kunnen uniformiseren. Vandaag zijn de snelheid en de manier waarop wordt ingegrepen, nog té sterk regio- en zelfs persoonsgebonden."

Breed spectrum aan inzichten

Met *structural health monitoring* hopen TUC Rail en Infrabel bovendien de levensduur van de treininfrastructuur te verlengen. "Enerzijds omdat we bij defecten korter op de bal kunnen spelen, anderzijds omdat we de reële staat van de bruggen en tunnels zullen kennen", verduidelijkt Karlien Berten. "Dat is een erg belangrijk gegeven omdat een groot deel van de bestaande infrastructuur in theorie binnen de tien à twintig jaar zal moeten worden vervangen. Maatschappelijk én economisch gezien vallen deze investeringen niet te verantwoorden

als de tunnels en bruggen nog in goede staat zijn. Last but not least krijgen we zicht op wat ze nu werkelijk aankunnen. Negentig jaar geleden kon niemand voorspellen hoe intens het treinverkeer zou worden en hoeveel het rollend materieel zou wegen. Dankzij monitoring kunnen we nu eveneens onderzoeken in welke mate de infrastructuur van toen compatibel is met de huidige situatie. Misschien moeten we bepaalde trajecten wel omleiden of vermijden dat er werktreinen rijden omdat ze te zwaar zijn. Het kan echter evenzeer dat we ontdekken dat de infrastructuur een grotere capaciteit heeft dan tot nu toe werd aangenomen. Kortom, *structural health monitoring* kan ons heel wat nieuwe inzichten bezorgen."

Voer voor specialisten

Het idee groeide om de methodologie van *structural health monitoring* uit te testen op de Vierendeelbrug aan de Leuvensesteenweg in Mechelen. "Helaas is dit voor ons een volledig nieuw gegeven, waardoor we al snel met tal van vragen werden geconfronteerd", aldus Karlien Berten. "Waar plaatsen we de sensoren het best? Welke types genereren de informatie die we zoeken? Welke meetfrequentie dienen we te



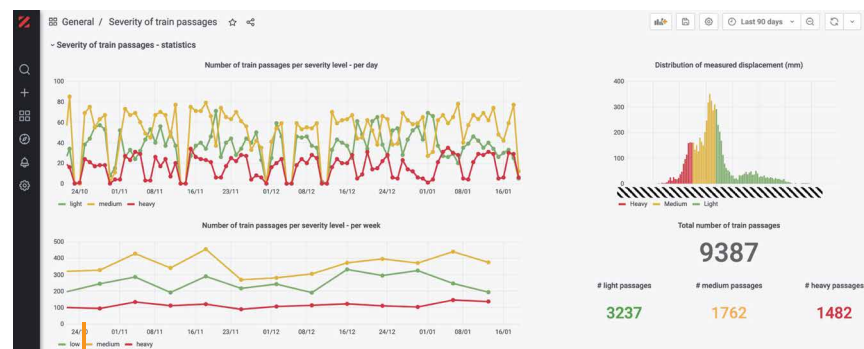
Verticaal gemonteerde verplaatsingssensor.

hanteren? Bovendien is de dataverwerking een complexe materie die algoritmes en artificiële intelligentie vereist. Zelfs de basisinterpretatie van de enorme informatiestromen vereist specifieke kennis en vooral automatisering. Daarom besloten we de hulp in te roepen van Zensor, al jaren een specialist in het monitoren van complexe infrastructuur en industriële installaties. Samen ontwikkelden we een concept met bedrade sensoren die met het netwerk van Infrabel kunnen worden gekoppeld.”

Automatische analyses

In mei 2021 startte Zensor met de installatie van de sensoren. Dit moest gefaseerd gebeuren in functie van de ‘beschikbaarheid’ van de brug (dus wanneer er geen spoorwegverkeer was). Yves Van Ingelgem, CEO van Zensor: “Het is de bedoeling om met een beperkt aantal sensoren toch een breed palet aan inzichten te genereren. Daarom verwerken we de datastromen tot diepgaande analyses waarmee TUC Rail aan de slag kan. In deze case is vooral de continue stroom van veranderingen interessant. Op korte termijn spreken we over het effect van het type trein en de intensiteit van het transport op de infrastructuur. Op lange termijn kunnen we denken aan het temperatuursef-

fect dat de brug doet krimpen of uitzetten. Onze algoritmes kunnen variaties in de metingen linken aan onderliggende fenomenen, zeker eens we een bepaalde historiek hebben opgebouwd. TUC Rail zal ook kunnen benchmarken om vervolgens te onderzoeken waarom een bepaalde brug bijvoorbeeld sneller verouderd dan een andere van hetzelfde type. Hoewel deze analyses quasi volledig geautomatiseerd verlopen op het Zensor-platform, moet de uitkomst natuurlijk nog worden gecontroleerd en geïnterpreteerd. Daarom zorgen wij dat TUC Rail op een eenvoudige manier toegang tot deze informatie heeft. De ingenieurs krijgen op een dashboard de belangrijkste meetresultaten in real time te zien. Dankzij een automatische opvolging en een geïntegreerd alarmeringssysteem krijgt de technische dienst bovendien een melding wanneer op basis van de continue analyse defecten of afwijkingen worden geregistreerd.”



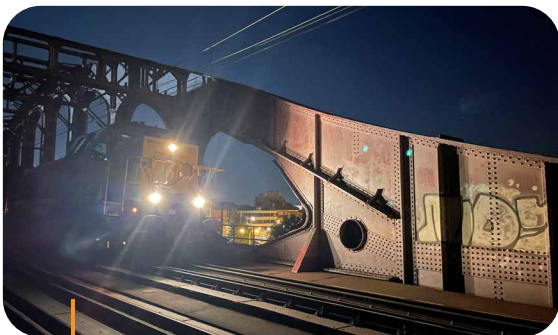
Op een online dashboard kunnen de ingenieurs van TUC Rail en Infrabel de belangrijkste meetresultaten in real time volgen.

Brede range van metingen

Zensor gebruikt dit project als een validatiecase, voornamelijk om voor bepaalde metingen verschillende types van sensoren en meettechnieken uit te testen. “Daarom voorzien we meer exemplaren dan TUC Rail en Infrabel in gedachten hadden”, legt Yves Van Ingelgem uit. “Een eerste categorie zijn verplaatsingssensoren die we op het uiteinde van de constructie installeerden, ter hoogte van de beweegbare oplegtoestellen. Enerzijds registreren deze de horizontale beweging – de mate waarin de brug uitzet/krimpt – in functie van de temperatuur. Anderzijds wordt ook verticaal gemeten: hoeveel zakt de stalen structuur in wanneer een trein erover rijdt? Dit laat toe om het gewicht van de treinen te bepalen, maar geeft ook een idee van de gezondheidstoestand en goede werking van de oplegtoestellen. Verder installeerden we op de stijlen van de vierendeelliger elektrische rekstrookjes die de optredende rek van deze elementen opmeten. Inclinatiesensoren brengen dan weer de doorbuiging van het brugdek in kaart.”

Monitoring vanuit vele perspectieven

Daarnaast zijn er versnellingsopnemers die de trillingen van de brug in drie hoofdrichtingen meten. “De bedoeling is om op deze manier de structurele integriteit van de brug op te volgen”, vertelt Karlien Berten. “Daarnaast willen we nagaan of er lange natrillingen zijn, want dat kan op een verandering in de structuur wijzen. Ook worden de trillingen op de twee hoofdliggers en de kleinere langsliggers gemeten. We willen vooral weten hoeveel van de trillingen die door treinen worden geproduceerd, nu eigenlijk op de hoofdstructuur terecht komen. Zo ver-



De sensoren werden gekalibreerd door 's nachts een proeftrein met gekend gewicht en samenstelling meerdere keren over de brug te laten rijden.



Met *structural health monitoring* hopen TUC Rail en Infrabel onder meer de levensduur van de treininfrastructuur te verlengen.

krijgen we een goed beeld van de toestand van het brugdek en van de manier waarop dit aan de hoofdstructuur is bevestigd. Op die manier zullen we ook schade en scheuren vroegtijdig kunnen detecteren. Ten slotte worden op verschillende plaatsen de temperatuur en de

vochtigheidsgraad gemeten. Bedoeling daarvan is de effecten van het weer op de structuur in kaart te brengen zodat we de effecten van weer- en treinbelasting van elkaar kunnen onderscheiden.”

Verwachtingen worden ingelost

Alle sensoren zijn door middel van kabels geconnecteerd met een kastje dat zich aan de voet van de brug bevindt. Via 4G worden de gegevens continu naar het Zensor-platform doorgestuurd. “Hoewel we nog maar sinds eind mei 2021 gegevens verzamelen, kunnen we toch al enkele conclusies trekken”, vertelt Karlien Berten. “De belangrijkste is dat de brug zich niet anders gedraagt dan we dachten. We hebben voorlopig geen anomalieën kunnen detecteren. Dit betekent dat de geplande renovatie normaal gezien geen verrassingen met zich zal meebrengen. Wel hebben we ontdekt dat de treinen naar de zomerperiode toe zwaarder worden, wat een vreemd gegeven is. Vandaar dat we nu onderzoeken wat de onderliggende reden kan zijn.” Yves Van Ingelgem: “Hoe langer we metingen uitvoeren, hoe interessanter de data worden omdat we meer correlaties kunnen leggen. Normaal gezien zal deze testcase twee jaar lopen, wat voldoende zou moeten zijn om TUC Rail en Infrabel een adequaat beeld te geven van de punten die het best worden gemonitord en aan welke frequentie. Dit laatste is belangrijk om op termijn naar draadloze sensoren te kunnen overschakelen. De batterijen gaan immers veel langer mee als er pakweg één keer per week wordt gemeten in plaats van om de vijf minuten. Kortom, deze testcase exploreert de wereld van *structural health monitoring* op een erg brede manier.”

Partners

Opdrachtgever:
TUC Rail/Infrabel
Monitoring:
Zensor

Te onthouden:

- TUC Rail en Infrabel verkennen de mogelijkheden van *structural health monitoring* voor het predictieve onderhoud en de levensduurverlenging van de treininfrastructuur.
- Een testcase op de Vierendeelbrug in Mechelen werd opgestart. Omwille van de complexiteit werd hiervoor een beroep op Zensor gedaan.
- De monitoring leidt tot nuttige inzichten over de staat en het gedrag van de brug. Hierdoor kunnen de renovatie, het onderhoud en de levensduur worden geoptimaliseerd.