



foto Harry van Reeken/Beeldarchief Rijkswaterstaat

## WERKELIJKE CONDITIE KUNSTWERKEN VERANDERT ONDERHOUDSPLAN

# Langer zullen ze leven

Nederland staat de komende decennia voor een enorme onderhoudsopgave: veel bruggen, viaducten en sluisen uit de tijd van de wederopbouw komen aan het einde van hun ontwerplevensduur. Ingenieursbureaus zoeken naar methoden om die vervangingsgolf uit te smeren. 'We plegen geen onderhoud meer volgens het boekje, maar op basis van de werkelijke conditie van het kunstwerk.' tekst dr.ir. Leonie Walta

**W**ie onlangs de Duitse Autobahnen gebruikte, kan het niet zijn ontgaan: de infrastructuur bij onze oosterburen is er beroerd aan toe. Talloze werkzaamheden aan wegen en bruggen leiden tot veel vertragingen en files. Onze oosterburen staan voor een enorme vervangingsgolf, maar trekken er onvoldoende geld voor uit, onder meer vanwege miljarden-verslindende megaprojecten als de Berlijnse luchthaven.

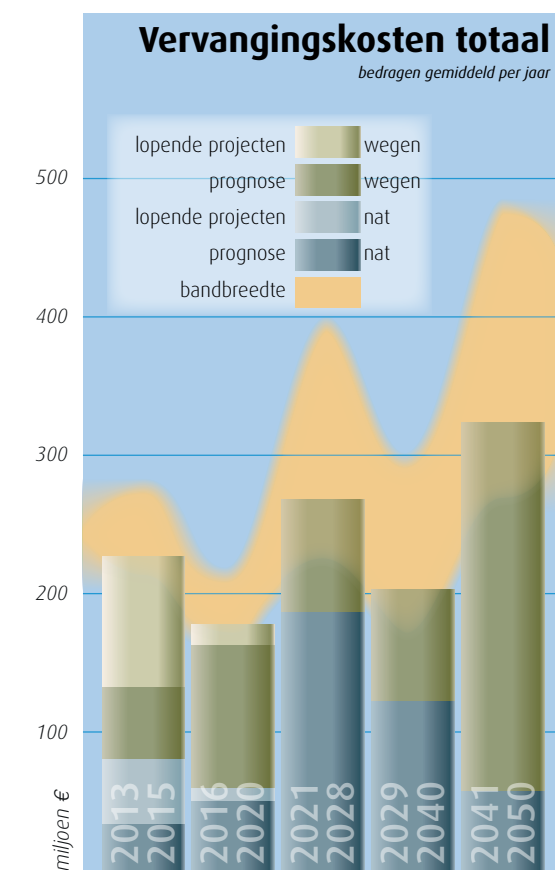
'Onderhoud is niet sexy', zeggen infrabeheerders die het onderwerp in Nederland op de politieke agenda proberen te krijgen. Ze willen de aandacht vestigen op de vervangingsgolf die ook in ons land aanstaande is. Niet dat er al sprake is van Duitse toestanden, maar ook hier wacht een enorm karwei. Een groot deel van de Nederlandse civiele infrastructuur, totale vervangingswaarde 350 miljard euro, stamt uit de jaren zestig en zeventig. De natte infrastructuur - denk aan sluisen, kademuren en andere waterwerken - kent nog een extra piek van werken die in de jaren dertig en veertig zijn aangelegd. Het betekent dat we tussen nu en 2050 veel overlast voor onze kiezen krijgen. Want waar de aanleg nog in het weiland plaatsvond, gaat het nu om onmisbare aders en knooppunten in het vervoersnetwerk.

De makkelijkste weg is om voldoende

budget vrij te maken en de schouders eronder te zetten. Rijkswaterstaat rekent met een jaarlijks bedrag van een kwart miljard, wat de komende decennia neerkomt op een post van om en nabij de tien miljard euro. Ten opzichte van wat er op de begroting voor infrastructuur staat, lijkt dat geen halszaak, maar in een tijd van krappe budgetten kan het geen kwaad om te kijken of het ook slimmer kan. Want onderhoudsplanung is tot nog toe gebaseerd op de ontwerplevensduur en vuistregels die zijn opgesteld op basis van ervaringen van beheerders. Die zijn echter omgeven door onzekerheden over materiaaleigenschappen en gebruik. Infrabeheerders als Rijkswaterstaat en provincies proberen daarom zicht te krijgen op de werkelijke levensduur van hun 'areaal' aan kunstwerken. Ingehuurde specialisten rekenen en meten inmiddels intensief aan de betonnen en stalen schakels in de wegen- en vaarwegennetwerken van ons land. En met succes, in veel gevallen resulteert dit in extra ruimte in de vervangingsplanung.

Nu de focus de komende jaren steeds meer op instandhouding van de bestaande infrastructuur komt te liggen, is er volgens betrokkenen behoefte aan multidisciplinaire ingenieurs met een andere mentaliteit. Die niet per se de mooiste nieuwe kunstwerken willen ontwerpen, maar zich

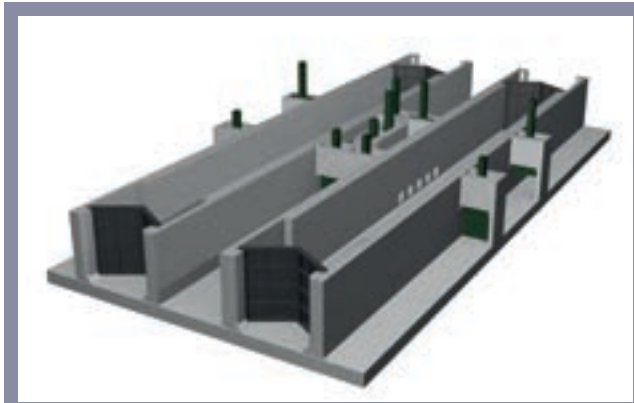
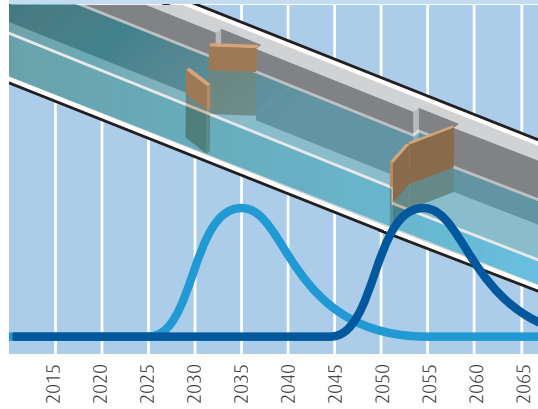
uitgedaagd zien door het spel om binnen de randvoorwaarden te voldoen aan de gestelde eisen. Die goed kunnen samenwerken en genoeg nemen met een rol achter de schermen.



illustraties Ruud Vogelesang

## SLUIZEN

Vervangingspiek: 2030-2040  
Uitstel: 20 jaar  
Oplossing: betere analyse levensduur



MultiWaterWerk is een ontwerp voor sluisen die moeten worden vervangen. Het omloopriool in het midden voert het water naar de twee sluisgolven, waarvan er altijd minimaal een in bedrijf is. Om water en energie te besparen kan het water ook van de ene kolk naar de andere geleid worden.

bron: sluispedia.nl

## BETONNEN BRUGGEN

Vervangingspiek: 2035-2045  
Uitstel: 5-30 jaar  
Oplossing: betere berekening sterkte

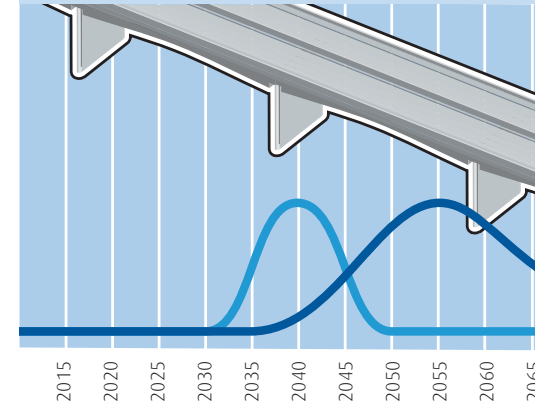


foto: Royal HaskoningDHV

Inspectie van de betonnen fly-over van de A73 bij Valkenburg.

Voor alle 650 natte kunstwerken van Rijkswaterstaat – sluisen, stuwen, gemalen en bruggen – is een bandbreedte voor de werkelijke levensduur vastgesteld door ingenieursbureau Iv-Infra en HKV Lijn in water, adviesbureau voor waterveiligheid, een methode ontwikkeld waarmee. ‘Volgens de ontwerp levensduur zouden 150 van deze kunstwerken tussen 2030 en 2040 moeten worden vervangen. Die piek hebben we kunnen afvlakken en zo’n twintig jaar naar achteren kunnen schuiven’, vervangen’, zegt ir. Arno Willems, wiskundige en hoofd Risico- en Contractanalyse bij Iv-Infra.

‘Van alle 650 kunstwerken is de ontwikkeling van de condities over de jaren heen bekend door inspecties ter plekke, in de vorm van een inspectiescore van 1 tot en met 6’, licht Willems de methode toe. ‘Daarmee krijg je een globaal beeld van de degradatie en de huidige toestand van het areaal. Dat hebben we gecombineerd met gedetailleerde faalkansanalyses van een deel van het areaal. Op basis daarvan hebben we per onderdeel van het kunstwerk – denk aan de deur of het bewegings-

om nu eerst het groot onderhoud uit te voeren.’ Hoewel de methode al tot een veel efficiëntere onderhoudsplanning heeft geleid, blijven er volgens Willems nog wel punten voor verbetering. ‘Veel schutsluisen voldoen volgens de huidige ontwerpnormen strikt genomen niet aan de eisen voor constructieve veiligheid. Maar die normen zijn bedoeld voor kunstwerken die nog honderd jaar mee moeten gaan; daar zit veel meer onzekerheid in dan in de twintig jaar die een bestaand kunstwerk nog heeft te gaan. Er is behoefte aan specifiekere normen voor de beoordeling van bestaande natte kunstwerken.’

Een andere oplossingsrichting om onderhoud efficiënter uit te voeren is standaardisatie. Naar aanleiding van de vervangingsopgave voor natte kunstwerken is bijvoorbeeld het project Multi-WaterWerk opgezet, een samenwerkingsverband tussen Rijkswaterstaat, Iv-Infra en aannemers gericht op het standaardiseren van sluisellemen-ten. De voordelen: minder onzekerheid in bouw-kosten en bouwtijd, lagere levensduurkosten en grotere betrouwbaarheid en beschikbaarheid van de kunstwerken.



foto: Sydney Bultham/  
Beeldarchief Rijkswaterstaat

De middensluis in het Noordzeekanaal.

## ‘Onderhoud is niet sexy’

mechanisme – berekend bij welk risico op uitval de beheerder die verschillende onderdelen moet vervangen. Daarbij houden we rekening met zowel de constructieve veiligheid als de beschikbaarheid van netwerken. Om de uiteindelijke bandbreedtes te bepalen hebben we ook nog rekening gehouden met toekomstscenario's uit het Deltaprogramma, waaronder zeespiegelstijging en toename van het scheepvaartverkeer.’

### Grenzen

Willems en zijn collega's maken onderscheid tussen de functionele en de technische levensduur, oftewel wanneer worden de grenzen van de capaciteit bereikt, bijvoorbeeld door toename van het scheepvaartverkeer, en wanneer is het economisch verstandiger om de hele constructie te vervangen in plaats van onderhoud te plegen. De berekeningen leidden volgens Willems tot soms verrassende resultaten: ‘Stel dat je nu groot onderhoud moet doen en over vijf tot zes jaar het hele kunstwerk moet vervangen, dan kan het economisch soms toch voordeliger zijn

Bij betonnen bruggen houden de bestaande richtlijnen volgens ir. Rob Vergoossen, senior expert Betonconstructies bij Royal HaskoningDHV wel rekening met hoe verouderde materialen zich gedragen.

‘Betonconstructies worden ontworpen op de sterkte die ze na 28 dagen bereiken, dan moeten ze volledig belastbaar zijn. Maar de uitharding van beton gaat ondertussen gewoon door, totdat uiteindelijk de volledige cementkorrel is gehydrateerd. Er kan dan na verloop van tijd wel 10 tot 20% aan capaciteit bijkomen. De uitkomst is vaak dat we de levensduur tot wel dertig jaar langer is.’

Ook in het wapeningsstaal in oude kunstwerken zit marge. ‘Volgens de huidige ontwerpnorm moeten we de wapening zo berekenen dat dat staal niet mag vloeien. Maar het oude staal heeft vrij veel vloeicapaciteit en daar kunnen we best gebruik van maken. We weten gewoon veel meer over het materiaal dan toen de kunstwerken zestig tot zeventig jaar geleden werden aangelegd.’

### Herberekenen

Vergoossen krijgt regelmatig opdrachten om het draagvermogen van bestaande betonconstructies, die volgens de uitgangspunten bij de aanleg niet meer voldoet, opnieuw te berekenen. Hij ziet dit herberekenen als een specialisme. ‘Onervaren constructeurs komen bij het herberekenen van een kunstwerk in negen van de tien gevallen tot de conclusie dat het niet meer voldoet. Door meer verfijnd te rekenen kon ik voor het bureau waar ik destijds werkzaam was, bijvoorbeeld aantonen dat de brug Katerveer 2 in de A28 bij Zwolle, die na een eerste herberekening niet leek te voldoen, toch voldoende veilig was. Bij de Nederrijnbrug in de A50 bij Heteren heb ik na de eerste herberekening aangetoond dat de geadviseerde versterking

niet volledig noodzakelijk was waardoor ik deze kon reduceren.’ Vergoossen legt uit hoe dat komt. ‘Om een kunstwerk te kunnen herberekenen moet je de gedachtegang van de toenmalige constructeur zien te volgen, op basis van documentatie of inspectie van het kunstwerk. Vroeger berekenden ze bijvoorbeeld brugdekken als liggers en niet als een plaat, omdat de software die we daar nu voor gebruiken, toen nog niet beschikbaar was. De wapening ligt daardoor anders in de constructie. Je moet uitgaan van het model dat de constructeur heeft gebruikt en op zoek gaan naar hoe je de krachten zo kunt laten lopen dat het kunstwerk voldoet. Lukt dat niet, dan kun je het nog proberen met een lichtere belastingsklasse, en moet de brug misschien worden afgesloten voor te zware vrachtwagens.’

Bij het herberekenen hoort ook een intensieve inspectie van het kunstwerk. Want beton mag dan over de loop van de tijd steeds sterker worden, corrosie aan de stalen wapening kan de levensduur ernstig beperken. Zo lang de pH van het beton boven de 10 is, vormt betonstaal een beschermend roestlaagje, vergelijkbaar met aluminiumoxide, en is er niets aan de hand. Maar als door onvoldoende betondekking CO<sub>2</sub> uit de lucht tot aan de wapening doordringt – carbonatatie – kan de pH lager dan 10 worden en verdwijnt het beschermende laagje. Onder aanwezigheid van water en zuurstof gaat het staal dan roesten. Ook chloride-ionen uit dooizouten hebben het voorzien op het oxide-laagje. Dit proces is bijvoorbeeld te stoppen met kathodische bescherming, door op het beton een kleine elektrische spanning te zetten.

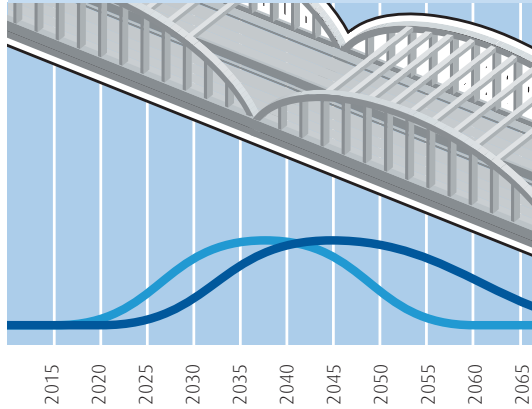
Volgens Vergoossen zegt de ouderdom van bruggen niet zoveel over de levensduur. ‘Soms schiet de betondekking van bruggen uit de jaren vijftig tekort. Maar er werd toen nog niet zoveel gebruikgemaakt van dooizouten. Daarnaast heeft het beton de tijd gehad om uit te harden, waardoor het nu zo dicht is dat chloride niet tot de wapening doordringt.’

## STALEN BRUGGEN

Vervangingspiek: sterk gespreid

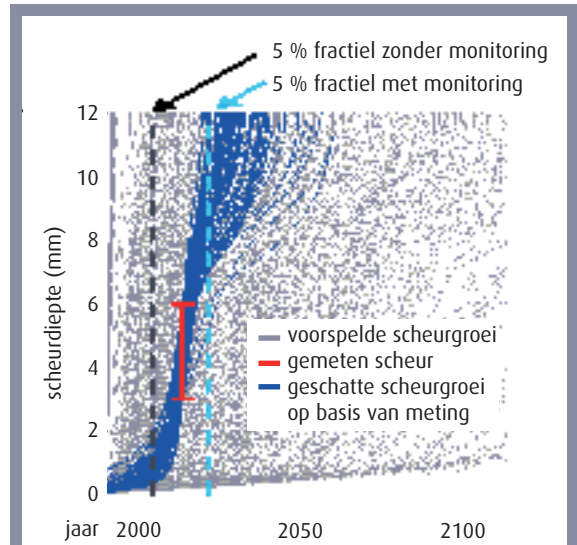
Uitstel: 5-10 jaar

Oplossing: betere detectie scheurvorming



Stalen bruggen hebben, anders dan hun betonnen soortgenoten, minder het eeuwige leven. De vermoeiing van het materiaal leidt tot scheurvorming. Dat begint in het rijk, ter plaatse van de liggers. Uiteindelijk moet ook de hoofdconstructie eraan geloven en is het tijd om de brug te vervangen.

TNO testte in het laboratorium verschillende sensoren en stelde vast dat scheurvorming in een vroeg stadium is te detecteren door met microfoons naar het brugdek te luisteren. 'Die horen het staal scheuren', zegt ir. Arie Bleijenberg, manager Infrastructuur bij TNO. 'Door meerdere geluidssensoren te gebruiken is de locatie van de scheur vast te stellen, net zoals je met twee oren de richting van het geluid kunt bepalen. De scheuren die we op deze manier kunnen lokaliseren, zijn een factor tien kleiner dan mogelijk met visuele inspectie. Bovendien



In de figuur tonen de grijze lijnen de kans op de ontwikkeling van een bepaalde scheurdiepte in een stalen brug. Op basis van metingen is een werkelijke scheurdiepte van 3-6 mm gesignaleerd, aangegeven in rood. De blauwe lijnen corresponderen met deze schatting en markeren de verwachte scheurgroei op basis van het meetresultaat. Om risico's te vermijden vindt onderhoud plaats bij een kans van 5 % op grote scheuren. Die 5 %-grens schuift in onderstaand voorbeeld zo'n vijftien jaar naar achteren.

bron TNO

is het niet meer nodig het asfalt te verwijderen om scheuren te lokaliseren. Dat voorkomt veel overlast voor het verkeer.'

TNO stopt de meetgegevens in een model dat de scheurgroei voorspelt. 'Op basis daarvan is onderhoud op het juiste moment in te plannen. Ook zijn de scheurgroeigegevens te combineren met data over verkeersbelasting en weersomstandigheden, waar dan weer verbanden tussen zijn te leggen. Uiteindelijk komen we daarmee tot een volledig systeem voor *condition based maintenance*. Dan doen we geen onderhoud meer volgens een onderhoudsboekje, maar op basis van de werkelijke conditie van het kunstwerk.'

Met het meten aan stalen bruggen komt ook de technische levensduur van die bruggen scherper in beeld. 'We zijn de meetmethode momenteel aan het testen op de Van Brienoordbrug. Daarom kunnen we nog niet precies vertellen wat het effect zal zijn. Het gaat niet om de werkelijke verlenging van de levensduur, maar om een reductie in de onzekerheid. De verwachte technische levensduur volgt een Gauss-kromme en op bijvoorbeeld de eerste 5 % van die kromme ga je ingrijpen. Dat moet ook zo blijven, want je wilt geen risico's nemen. Maar door te meten kunnen we wel nauwkeuriger voorspellen en zo de spreiding van de Gauss-kromme verminderen.'



foto Royal HaskoningDHV

Onderhoud aan de stalen Waalbrug bij Nijmegen.