

AFSTUDEERONDERZOEK DUURZAME EN CIRCULAIRE ROTTUMERBRUG

Riemer de Boer

Wereldwijd is het gebruik van grondstoffen in de afgelopen eeuw verachtvoudigd. Een belangrijk probleem van het toenemende grondstofgebruik is een nog verdere toename van de nu al hoge druk op het milieu. Met het rijksbrede programma 'Nederland Circulair in 2050' heeft het kabinet in september 2016 de inzet van de Rijksoverheid gepresenteerd: een volledig circulaire economie in 2050. In dit onderzoek is een grote uitdaging gevonden in de eerste doelstelling van het kabinet zoals hieronder geformuleerd: *Bestaande productieprocessen maken efficiënter gebruik van grondstoffen, zodat er minder grondstoffen nodig zijn.*

1 Huidige situatie
Rottumerbrug



De provincie Fryslân staat een grote vervangingsopgave te wachten van zowel beweegbare als vaste bruggen met een bouwjaar tussen 1950 en 1970. De provincie Fryslân heeft hier het Meerjarenprogramma Kunstwerken (MPK) voor ingericht dat in ieder geval tot 2030 actief zal zijn met de vervangingsopgave. Het programma is niet in beton gegoten: op basis van nieuwe inzichten wordt het waar nodig bijgesteld. Omdat het hier gaat om een erg grote vervangingsopgave is er gekeken naar één enkele brug binnen deze opgave, de Rottumerbrug (ook wel brug Rottum genoemd), gelegen ten zuidwesten van Heerenveen. Deze elektromechanisch aangedreven ophaalbrug is gebouwd in de jaren 60.

STAP 1 CENTRALE BEGRIPPEN

Tegenwoordig hebben de begrippen duurzaamheid en circulariteit een hoge prioriteit in vele sectoren. Het tegengaan van verdere klimaatverandering vraagt om een mondiale inzet. Als eerste zijn de begrippen 'duurzaamheid' en 'circulariteit' meetbaar gemaakt met een nadere toelichting van de gekozen methode.

STAP 2 INVENTARISATIE HUIDIGE BRUG

In 2016 is in opdracht van de provincie een objectrapportage opgesteld door Nebest B.V. Hierin is een 0-meting gedaan met als doel om een complete en eenduidige decompositie per object vast te leggen en inzicht te verschaffen in de huidige staat van het object.

In het kader van het Meerjaren Programma Kunstwerken van de provincie Fryslân en de voorgeschreven NEN 8700/8701 is de Rottumerbrug rekenkundig beoordeeld op constructieve veiligheid. Uit de herberekening komt naar voren dat het stalen val niet voldoet aan de eisen uit NEN 8700/NEN 8701 met (gereduceerde) verkeerbelastingen volgens NEN-EN 1991-2 voor gebruik gedurende restlevensduur van 50 jaar. Van de bestaande bovenbouw, bestaande uit hameistijlen, de balans, hangstangen en alle draaipunten, is geen herberekening uitgevoerd. Voor deze onderdelen geldt dat

de belastingen niet of nagenoeg niet gewijzigd zijn ten opzichte van het oorspronkelijke ontwerp. Een herberekening van deze onderdelen zal geen afwijkend resultaat geven ten opzichte van de oorspronkelijke berekening. Wat wel geldt, is dat de bovenbouw uit 1964 stamt. Hiermee heeft de brug de oorspronkelijke ontwerp-leeftijd van 50 jaar bereikt. Uit de resultaten van de herberekening door de provincie blijkt dat beide dekken van de aanbruggen voldoen op nieuwbouwniveau. Ook veel andere elementen van beton, zoals de funderingspalen, damplanken en stootplaten lenen zich tot hergebruik voor de aankomende 50 jaar.

STAP 3 TOEPASBAARHEID SECUNDAIR MATERIAAL

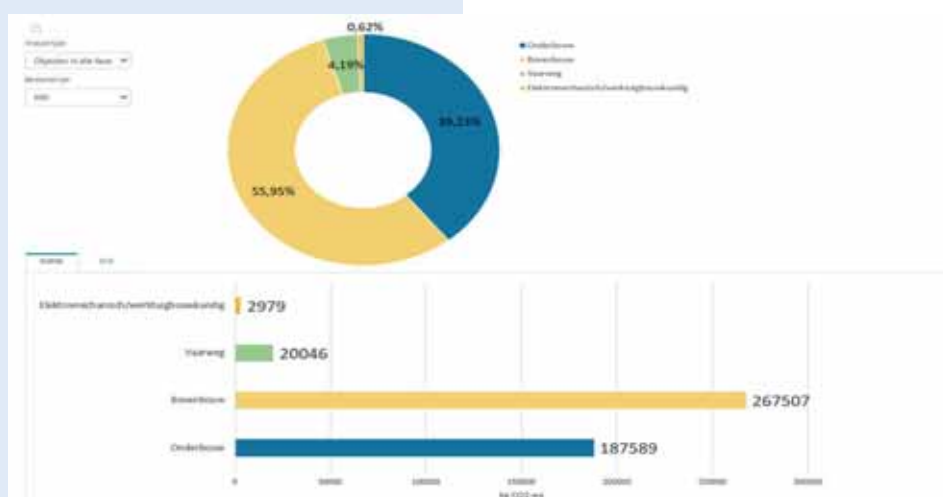
De mate waarin de materialen in de huidige constructie geschikt zijn voor hergebruik in een nieuwe situatie is afhankelijk van meerdere factoren. Aan de hand van de belangrijke aspecten is bepaald welke secundaire materialen kunnen worden toegepast in de renovatie. De ervaringen van deskundigen, de kwalificatie, de herberekening, de restlevensduur in combinatie met de onderhoudsstatus en de eisen vormen een kader waarbinnen de opties zijn afgewogen. Bepaalde belemmeringen vragen om nieuwe innovatieve ideeën. Op initiatief van de

opdrachtgever is er een duurzaam alternatief beschouwd nadat uit de herberekening naar voren kwam dat het stalen val niet voldoet. Van een aantal elementen binnen de huidige constructie kan niet worden aangetoond dat er voldoende constructieve veiligheid kan worden gegarandeerd. De onderdelen uit deze categorie bevatten relatief veel materiaal (staal) waardoor de relevantie van een aanvullend onderzoek groot is. Aanvullend onderzoek is nodig om de toepassingsmogelijkheid voor hergebruik duidelijk te maken.

STAP 4 BEREKENING DUBOCALC 6.0

Om de meerwaarde op het gebied van duurzaamheid en circulariteit in het hergebruik van secundair materiaal meetbaar te maken, is er een vergelijking gemaakt tussen complete nieuwbouw (nulmeting) en optimaal hergebruik (eindmeting). Aan de hand van deze gegevens is in Dubocalc 6.0 een vergelijking gemaakt van de MKI-waarde en CO₂-uitstoot van nieuwbouw tegenover optimaal hergebruik. (zie figuren 2, 3 en 4)

De resultaten laten zien dat een optimale inzet op het hergebruik van geschikte, secundaire elementen een reductie in zowel de MKI-waarde als CO₂-uitstoot tot gevolg heeft.



2 Uitstoot aantal kg CO₂-eq bij optimaal hergebruik

CONCLUSIE

In dit onderzoek is objectief antwoord gegeven op de volgende centrale onderzoeksvraag: "Wat is de meerwaarde op het gebied van duurzaamheid en circulariteit in het hergebruik van secundaire materialen in de renovatie van de Rottumerbrug?"

Omdat het een onderzoek naar een enkelvoudig kunstwerk betreft, is de meerwaarde op gebied van duurzaamheid en circulariteit in het hergebruik van secundaire materialen gebaseerd op de mogelijkheden en beperkingen van dit project. De inventarisatie brengt deze mogelijkheden en beperkingen naar voren. Omdat de provincie veel soortgelijke bruggen bezit, kan de methodiek van dit onderzoek breder worden toegepast voor de overige renovaties binnen het MPK.

Uit de resultaten van de inventarisatie kan ten eerste geconcludeerd worden dat op basis van visuele inspecties weinig beperkingen voor hergebruik bestaan. De herberekeningen tonen aan dat de constructieve veiligheid van o.a. het val, aandrijving en de bovenbouw te kort schiet of onzeker is vanwege gewijzigde normen. Er kan ook geconcludeerd worden dat er behoefte is aan een gestandaardiseerde methode om de rekentechnische veiligheid van een element te beoordelen en te verifiëren.

Door het toepassen van secundaire materialen is de MKI-waarde met maar liefst 35,4 % gereduceerd. (Zie fig.3) De CO₂-uitstoot is met 35,2 % teruggedrongen. (Zie fig.4) In de praktijk zal blijken dat de secundaire materialen meestal een

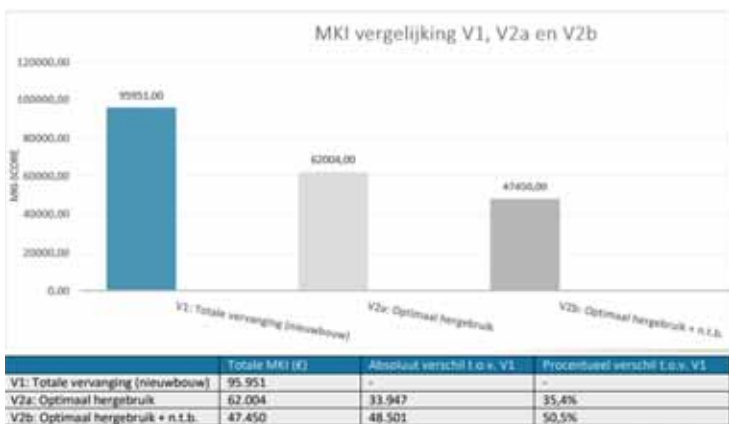
behandeling nodig hebben om ze te kunnen hergebruiken. Deze extra processen zullen de werkelijke reductie wat kleiner maken dan in deze alinea genoemd.

Uit de MKI-berekening komt naar voren dat de stalen onderdelen zoals het val, de hameistijlen, balans en ballast een grote MKI-impact hebben. De toepassing van deze onderdelen verdient nog een nader onderzoek. Al met al blijkt de meerwaarde op het gebied van duurzaamheid en circulariteit in de toepassing van secundaire materialen veelbelovend. Het is een belangrijke stap om de eerste doelstelling binnen 'Nederland Circulair 2050' van het kabinet waar te maken, zeker wanneer een optimaal hergebruikprogramma breed wordt onderzocht en geïmplementeerd.

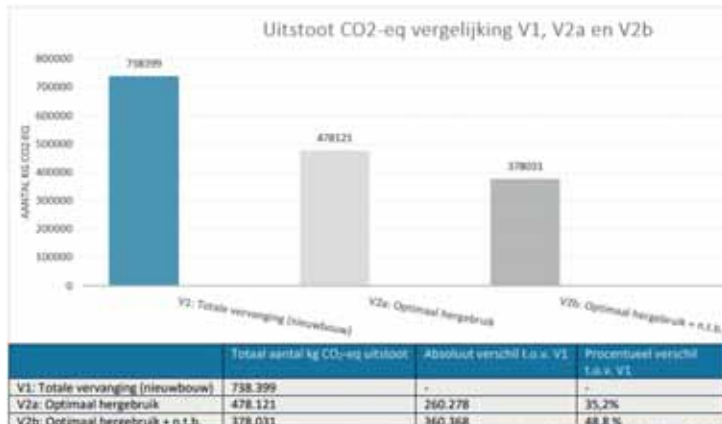


LITERATUURLIJST

- Cenosco. (z.d.). *Wat is DuboCalc?* Opgehaald van dubocalc.nl: <https://www.dubocalc.nl/wat-is-dubocalc/>
- DuboCalc. (2022). Software pakket DuboCalc 6.0. Nederland.
- Friesland, C. (2022). *Monitor circulair inkopen*. Opgehaald van circulairfriesland.frl: <https://circulairfriesland.frl/case/monitor-circulair-inkopen/>
- Leefomgeving, P. b. (2017). *Circulaire economie: wat we willen weten en kunnen meten*. Opgehaald van rivm.nl: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2017-0203.pdf>
- Leefomgeving, P. v. (2016, 06 23). *Circulaire economie: Innovatie meten in de keten*. Opgehaald van pbl.nl: <https://www.pbl.nl/publicaties/circulaire-economie-innovatie-meten-in-de-keten>
- Lijbers, S. (2021, augustus 24). *Hoe ook de bouw werkt aan duurzame toekomst*. Opgehaald van Computable.nl: <https://www.computable.nl/artikel/opinie/digital-transformation/7233744/1509029/hoe-ook-de-bouw-werkt-aan-duurzame-toekomst.html>
- Magazines Rijkswaterstaat. (2019, februari). Opgehaald van Duurzame sluizen en bruggen door voorspelbaar onderhoud: <https://www.magazinesrijkswaterstaat.nl/zakelijkennovatie/2019/01/samenwerking#:~:text=Bruggen%20en%20sluizen%20die%20langer,marktpartijen%20zien%20hoe%20dat%20werkt>
- Nieland, J. H. (2014). *Toetsing constructieve veiligheid brug over de Engelenvaart – Rottum*. Leeuwarden: Provincie Fryslân.
- Rijksoverheid. (2016). *Circulaire-economie*. Opgehaald van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/circulaire-economie/nederland-circulair-in-2050>
- Rijksoverheid. (2019, juni). *Klimaatakkoord*. Opgehaald van [www.rijksoverheid.nl: https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/klimaatakkoord/wat-is-het-klimaatakkoord](https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/klimaatakkoord/wat-is-het-klimaatakkoord)
- Rijkswaterstaat. (2022). *System Engineering*. Opgehaald van [www.rijkswaterstaat.nl: https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/zakendoen-met-rijkswaterstaat/werkwijzen/werkwijze-in-gww/systems-engineering](https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/zakendoen-met-rijkswaterstaat/werkwijzen/werkwijze-in-gww/systems-engineering)
- Sule, M. (2021, mei 21). *Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat*. Opgehaald van [Klimaatneutale en circulaire infrastructuur](https://www.klimaatneutrale.nl/circulaire-infrastructuur).
- TNO. (2021). *Instandhouding civiele infrastructuur Proeve van landelijk prognoserapport vervanging en renovatie*. Delft: TNO. Opgehaald van <https://www.avecodebondt.nl/nl/onze-programmas-diensten/alle-diensten/levenscyclusanalyse-en-mki-berekeningen#:~:text=Nederland%20circulair%20in%202050.,de%20doelstellingen%20van%20de%20overheid>.
- Waardenburg, M. (2017). *werkenaanduurzaamheid.nl*. Opgehaald van [Ambitiweb: https://www.werkenaanduurzaamheid.nl/tools/ambitiweb/](https://www.werkenaanduurzaamheid.nl/tools/ambitiweb/)
- Europese normen constructieve veiligheid*. (sd). Opgehaald van www.nen.nl



3 Resultaat vergelijking MKI nieuwbouw vs optimaal hergebruik



4 Resultaat vergelijking CO₂-eq nieuwbouw vs optimaal hergebruik