

# Hoe een zeesluis een brug



*De nieuwe brug bij buurtgemeenschap Witte Paarden, nabij Meppel.*

**Een verkeersbrug over het spoortraject Meppel-Leeuwarden is afgelopen zomer in opdracht van ProRail vervangen. De 150 jaar oude brug ligt ter hoogte van buurtgemeenschap Witte Paarden, nabij Steenwijk. De nieuwe brug bestaat uit een vezelversterkt kunststof rijdek en heeft circulaire stalen hoofdliggers. Een uitgekende bouwmethode resulteerde in een zeer korte bouwtijd, zonder hinder voor het treinverkeer en binnen het vooropgestelde budget.**

**ing. J. Burger, ir. K. van Cann en ing. M.H.A. Zilvold**

Johan Burger is adjunct-directeur van Buiting Staalbouw in Almelo, Koen van Cann is projectleider/constructeur bij Wagemaker in Rosmalen en Mark Zilvold is projectvoorbereider bij Dura Vermeer Infra Regio Noord Oost in Zwolle.

De verkeersbrug Witte Paarden ('spoorbrug' in de volksmond) is van groot belang voor lokaal landbouwverkeer. De oude stalen brug

dateerde uit 1868 en was aan vervanging toe vanwege onder andere een lastbeperking en corrosieschade. Daarbij zouden de stalen por-

talen van de tussensteunpunten naast de sporen een eventuele aanrijding door een trein niet kunnen weerstaan. Een spoedige bouw van een nieuwe, veilige verkeersbrug zonder (last)beperkingen was daarom noodzakelijk. De nieuwe situatie moest als bijkomende randvoorwaarden voorzien in een eventuele toekomstige vergroting van de spoorafstand (van 4,0 naar 4,5 m) en in een verhoging van het PVR (Profiel van Vrije Ruimte) met een vrijdragende bovenleiding onder het brugdek. Nu waren de draagkabels nog bevestigd aan het brugdek en kon de rijdraad er net onderdoor.

# over het spoor werd



*Monsters circulaire liggers voor materiaalonderzoek, ingekochte HEB 900-liggers en kettingglassen op liggers die microscheuren hebben veroorzaakt.*

## Initiatieffase

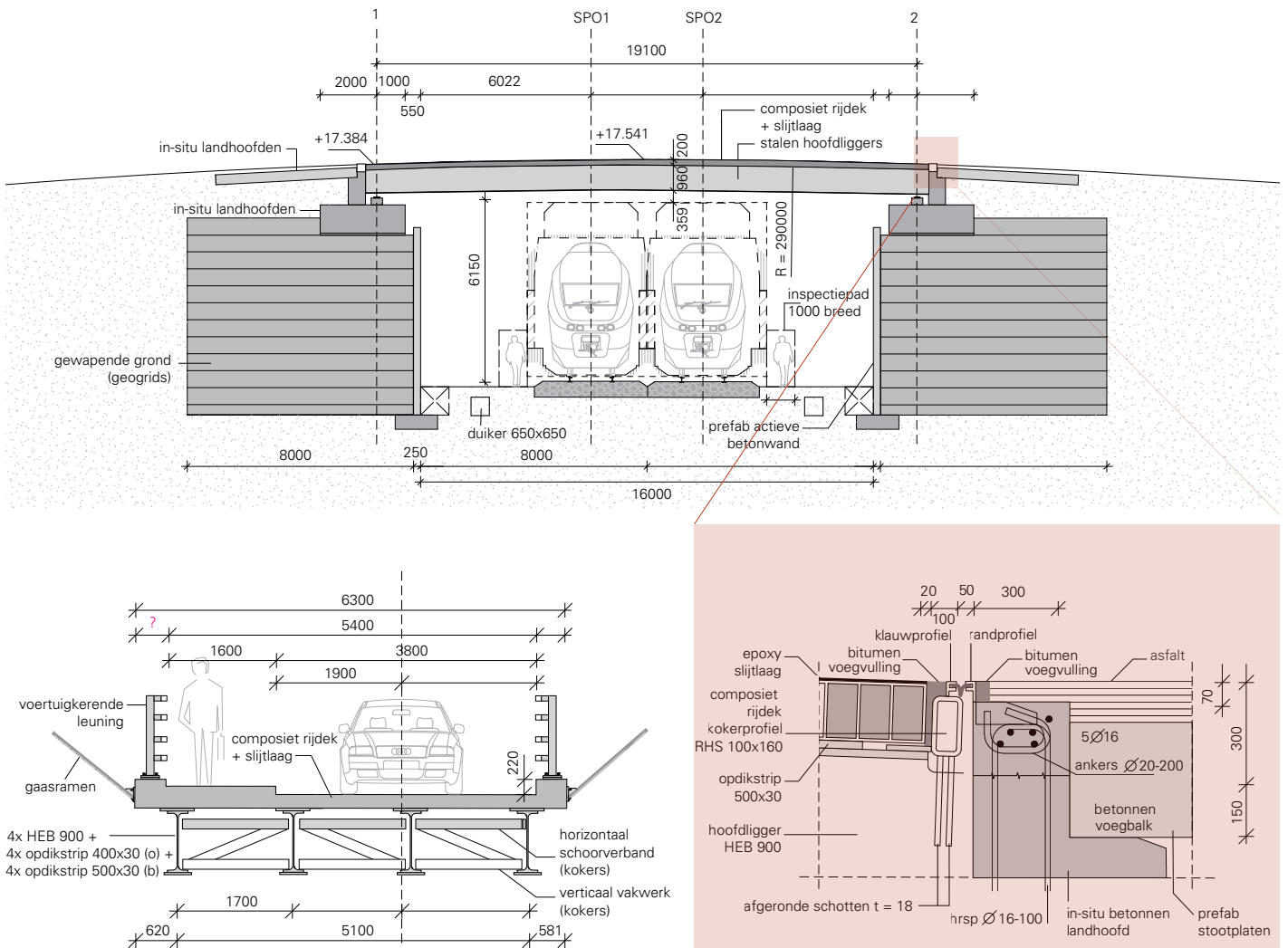
Uit de lokale media vernam Dura Vermeer midden 2019 dat de stalen brug bij Witte Paarden toe was aan vervanging. ProRail rekende op ongeveer drie tot vier jaar voor de realisatie van de nieuwbouw. Omstreeks dezelfde periode had de aannemer een inspirerende dialoog met een projectmanager van ProRail over een (andere) 'geogoste' brug. Zo ontstond het idee om ook te verkennen of deze nieuwe verkeersbrug met bestaande materialen kon worden gebouwd en ook nog eens veel sneller dan de traditionele aanpak van ProRail.

Dura Vermeer heeft beide vraagstukken parallel onderzocht en stelde voor om de brug met bestaande stalen liggers te bouwen volgens een bouwmethode waarin alle spoorgerelateerde activiteiten in reguliere onderhoudsnachten werden uitgevoerd. Na een eerste enthousiaste reactie van de projectmanager bij ProRail is dit verder uitgewerkt tot een conceptueel voorstel, dat positief werd ontvangen en leidde tot de opdracht om in bouwteamverband de oplossing verder uit te werken. Het eindresultaat was een geaccepteerd Definitief Ontwerp met een haalbaar uitvoeringsplan, zonder hinder voor het

treinverkeer, met lagere Life Cycle Costs, een lagere CO<sub>2</sub>-voetprint en binnen het beschikbare budget.

## Constructief ontwerp

Het constructief ontwerp bestaat uit een stalen hoofdconstructie en een vezelversterkt kunststof rijdek. Dit brugdek is op in het werk gestorte betonnen landhoofden gelegd, die op hun beurt zijn gefundeerd op gewapende grondconstructies. Deze bestaan uit geogrids verankerd aan actieve geprefabriceerde betonwanden. Een fundering op staal is mogelijk door de ondergrond die bestaat



Langsdoorsnede kunstwerk, dwarsdoorsnede rijdek en detail voegovergang.

uit overgeconsolideerde potklei en keileem. Naast de sporen is er ruimte voor een vergroting van de spoorafstand, een duiker, kabels en leidingen en inspectiepad. Door de afstand van de betonwanden tot de sporen is het risico op aanrijden door ontspoord treinverkeer minimaal (en normtechnisch niet van toepassing). De combinatie van gewapende grond met actieve betonwanden vormt bovendien een robuuste constructie die de constructieve veiligheid op dit punt meer dan voldoende borgt. Dit alles resulteerde in een totale overspanning van het brugdek van 19,1 m.

### Rijdek

Het rijdek is een composiet van glasvezels en een vinylester kunsthars. Het verhoogde voetpad en de schampkanten zijn geïntegreerd in de plaatconstructie. Omdat het rijdek de verkeersbelastingen afdraagt naar de stalen hoofdliggers, is een kokervormige doorsnede toegepast die de hoofdliggers in dwarsrichting overspant. Door het lage gewicht van het rijdek kon de staalconstructie lichter zijn. Het brugdek was onvoldoende zwaar om de betonnen landhoofden horizontaal te stabiliseren op basis van wrijving met de ondergrond. Dit aandachtspunt is opgelost

door aan de achterzijde van de landhoofden een laag geogrids te koppelen. Vier circulaire stalen hoofdliggers, die worden gestabiliseerd door vakwerken en schoorverbanden, dragen het rijdek. Voor de hoofdliggers zijn dus bestaande HEB 900-liggers gebruikt. Om voldoende momentcapaciteit te genereren zijn deze profielen aan de boven- en onderzijde versterkt met stalen strippen. De hoofdliggers zijn verder van een toeg voorzien, zodat de bovenkant van het rijdek na de doorbuiging door de permanente belastingen gelijk ligt met de topboog van het verticaal wegalignment. Het hergebruik van de staalprofielen en de lichtere staalconstructie door het rijdek hebben de CO<sub>2</sub>-voetprint van het ontwerp significant gereduceerd.

### Bestaande staalprofielen

De staalprofielen hadden geen vermoeiingsschade omdat ze slechts twee jaar oud waren en niet waren blootgesteld aan significante belastingwisselingen. De toepassing van belastingmodel 4a voor vermoeiing (zie NEN-EN 1991-2, paragraaf 4.6.5) heeft voorkomen dat, door het relatief lage eigengewicht van het brugdek, vermoeiing de dimensies zou bepalen. Er is bewust voor gekozen om het vezelver-

sterkt kunststof rijdek niet te laten bijdragen aan de capaciteit van de hoofdliggers. Het rijdek voegt immers relatief weinig materiaal toe aan de doorsnede en heeft bovendien een lage stijfheid. Het voordeel zou niet opwegen tegen de nadelen, aangezien een constructieve samenwerking tussen beide materialen zou leiden tot een complexe engineering (wat ongewenst was gezien de korte ontwerpplanning) en tot zwaardere verbindingen. De verbindingen zijn zo uitgevoerd dat horizontale belastingen op het rijdek (zoals remkrachten) wel aan de hoofdliggers kunnen worden afgedragen, maar dat beide materialen ook zoveel mogelijk vrij kunnen vervormen ten opzichte van elkaar (door bijvoorbeeld temperatuurverschillen).

### Zware landbouwvoertuigen

De breedte op het brugdek tussen de voertuigerende leuning is 5,4 m. Normtechnisch is dit exact de grens tussen één en twee theoretische rijstroken. Hoewel de verhoging van het voetpad met 120 mm formeel niet als afscheiding van de rijweg geldt, zal deze in de praktijk wel verhinderen dat voertuigen elkaar passeren. Bovendien regelt bebording het eenrichtingsverkeer. Daarom is er voor de blijvende ontwerpsituatie gerekend met



Ombouwen bovenleiding...



...tijdens voorbereidende nachten.



Demontage bestaande verkeersbrug.



Bovenleiding klaarmaken voor hervatting dienstregeling.

één rijstrook op het brugdek. De situatie dat voertuigen elkaar onbedoeld toch passeren, normtechnisch vertaald naar twee rijstroken, is beschouwd als een buitengewone ontwerp-situatie (calamiteit).

Bij de voegovergang tussen het brugdek en de landhoofden is een standaard voeg-profiel voor verkeersbruggen gebruikt (zie p. 10). Aan de zijde van het landhoofd is het randprofiel traditioneel ingestort in de betonconstructie. Aan de andere zijde vroeg de situatie om een maatwerkoplossing. Het klauwprofiel is hier gelast op een voegbalk die over de hoofdliggers loopt. Vermoeiing door het veelvuldig passeren van zware landbouwvoertuigen heeft de dimensies van de voegbalk bepaald, evenals van de oplegging op de hoofdliggers met afgeronde schotten.

### Productie

De staalbouwer heeft voor de hoofdliggers de HEB 900-liggers gebruikt uit een tijdelijk kopschot van de bouwkuip voor de nieuwe zeesluis in IJmuiden. Deze zijn ingekocht bij Swanenberg in Heusden, een handelaar in gebruikt staal. Vóór de koop is de conditie van de liggers beoordeeld, waarbij is geconstateerd dat de liggers er netjes uitzagen.

Vierkante kokers die als afstandsteunen waren toegepast op het werk in IJmuiden en met kettinglasjes op het lijf hadden gezeten, waren reeds verwijderd. Na levering zijn de liggers uitgebreid onderzocht op microscheuren, die ter plaatse van de kettinglasjes wel aanwezig bleken (p. 9). De oorzaak is dat het materiaal bij kettinglassen en hechtlassen onvoldoende tijd krijgt om op te warmen en hierdoor kan koudscheuren. Deze scheuren zijn uitgeslepen waarna de desbetreffende plekken zijn voorverwarmd, opgelast, glad geslepen en tenslotte weer penetrant onderzocht.

Omdat de relatie tussen het aanwezige materiaalcertificaat en de bewuste liggers (middels het *heat*-nummer) niet meer met zekerheid kon worden vastgesteld, is in overleg met ProRail nieuw materiaalonderzoek uitgevoerd. In een gespecialiseerd laboratorium zijn diverse monsters van de liggers beproefd op de vloei- en breukgrens, kerfslagwaarde en chemische samenstelling. Hieruit bleek het materiaal te voldoen aan de huidige normen (waaronder de ROK 1.4 van Rijkswaterstaat).

### Van vijf naar vier

De bestaande liggers zijn eerst gestraald en gereinigd. Van vijf bestaande liggers met een

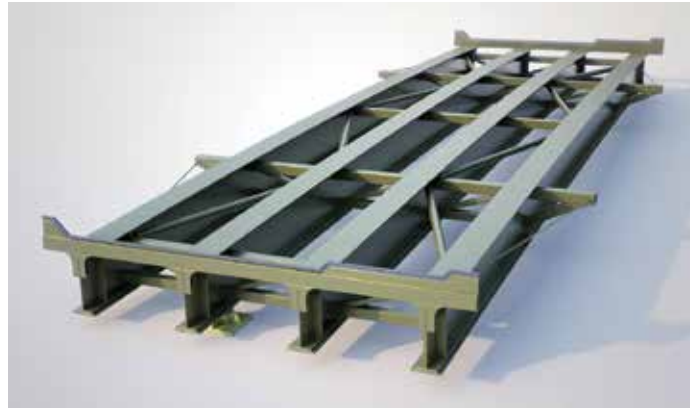
lengte van 16,95 m zijn daarna vier nieuwe hoofdliggers gemaakt met de benodigde lengte van 19,8 m. Iedere hoofdligger heeft daarom een volledig doorgelaste stompe las op circa 3 m vanaf de kop van de ligger. Deze lasverbindingen zijn op vermoeiing getoetst op basis van detailcategorie 63 (zie tabel 8.3 van NEN-EN 1993-1-9). Omdat het om cruciale lassen in het kunstwerk gaat, zijn veiligheidshalve de zwaardere productie-eisen van detailcategorie 112 aangehouden. Zo zijn de lassen bijvoorbeeld volledig ultrasoon onderzocht om een foutloze lasnaad te garanderen. De nieuwe constructie is ten slotte voorzien van een duplex coating. Volgens de eisen van ProRail zijn stuiklassen in lijf en flenzen van een profiel in dezelfde doorsnede niet toegestaan (zie OVS00030-6). Dit is ondervangen door de benodigde doorsnede-capaciteit bij de stuiklas aan te tonen zonder de bijdrage van de flenzen van HEB 900-liggers (maar dus met de capaciteit van de opdikstrippen die niet in dezelfde doorsnede worden gelast). In dat geval is er rekenkundig alleen sprake van een stuiklas in het lijf van de hoofdliggers en wordt voldaan aan de eis dat de stuiklassen in het lijf en flenzen niet in dezelfde doorsnede liggen.

## Projectgegevens

Opdracht ProRail, Utrecht • Constructief ontwerp Wagemaker, Rosmalen • Uitvoering Dura Vermeer Infra Regio Noord Oost, Zwolle • Staalconstructie Buiting Staalbouw, Almelo • Staalhandelaar Swanenberg, Heusden • Rijked Infra Composites, Breukelen • Gewapende grondconstructie Bonneveld Aannemingsbedrijf, Bunschoten-Spakenburg • Fotografie ProRail/Stefan Verkerk, Dura Vermeer



Brugdek met verhoogd voetpad.



Visualisatie stalen hoofdconstructie.



Aanzicht Witte Paarden.



Onderzijde brugdek met gaasramen.

## Uitvoering

De aannemer heeft in slechts vijf maanden de bovenleiding aangepast, de oude brug verwijderd en de nieuwe brug vervangen. Het spoortraject Meppel-Leeuwarden voorzag in 2021 geen buitendienststellingen (tijdens de dienstregeling). Om het werk toch in 2021 uit te kunnen voeren is een bouwmethodiek en -fasering gekozen waarbij alle spoorgerelateerde werkzaamheden worden uitgevoerd tijdens reguliere onderhoudsnachten. De bovenleiding kan dan spanningsloos worden gesteld en op of boven het spoor kan worden gewerkt tussen 01:00 en 05:00 uur. Een zeer goede voorbereiding en planning van de werkzaamheden garandeerden dat de dienstregeling aan het eind van iedere werknacht weer tijdig en veilig kon worden opgepakt. In een aantal voorbereidende nachten is de bovenleiding stapsgewijs aangepast naar de nieuwe hoogte. Nieuwe bovenleidingspor-

talen moesten worden bijgeplaatst en enkele bestaande verwijderd. In één nacht is vervolgens de bovenleiding losgemaakt van het oude brugdek, opgehangen aan de nieuwe portalen en is ook het bestaande brugdek inclusief de tussensteunpunten verwijderd. De prefab betonwanden zijn tijdens de dienstregeling gemonteerd achter een fysieke afscheiding en met toezicht op de hijswerkzaamheden. Na het stellen van deze wanden kon de gewapende grondconstructie erachter worden opgebouwd zonder direct raakvlak met het spoor. Zoals ook was voorspeld op basis van een zettingsberekening, bleek uit monitoring dat er tijdens en na de uitvoering geen zettingen van de spoorbaan zijn opgetreden. Het rijdek was in de fabriek al op de staalconstructie gemonteerd en het leuningwerk en de gaasramen grotendeels op de bouwlocatie. Zodoende kon het geheel in één onderhoudsnacht, door een 700-tons kraan,

op zijn definitieve plek boven het spoor worden gelegd.

## Conclusie

De samenwerking als bouwteam in dit project bewijst dat een korte ontwerp- en bouwtijd geen belemmering hoeft te zijn voor duurzaam materiaalgebruik. De verkeersbrug boven het spoor is vervangen door een nieuwe, waarbij de totale ontwerp- en bouwtijd effectief veertien maanden bedroeg. Alle werkzaamheden op of boven het spoor konden worden uitgevoerd in reguliere onderhoudsnachten zonder buitendienststellingen (tijdens de dienstregeling). Het lichte rijdek op een (deels) circulaire staalconstructie reduceerde bovendien significant de CO<sub>2</sub>-voetafdruk. De hier opgedane kennis en ervaring stellen ons in staat verdere stappen te zetten in het gebruik van circulair staal. En daarmee onze maatschappelijke verantwoordelijkheid. •