

1. Algemene projectomschrijving

Wij schrijven de Michiel de Ruyterbrug in voor de Nationale Staalprijs 2024, omdat dit meer is dan een stalen brug alleen. Het is een unieke, integraal functionerende, beweegbare verkeersbrug die tevens fungeert als baken. Dat werd al bij het eerste gesprek tussen gemeente en ontwerpers duidelijk. De brug als verbinding over de Urkervaart voor het wegverkeer en ter ontsluiting van de toekomstige nieuwbouwwijk 'Schokkerhoek'.

De Combinatie 2KA heeft het project uitgevoerd, bestaande uit:

- ✓ **KnookStaal bruggen en sluizen** (voormalig Knook Staal en Machinebouw); uitvoering van alle staal- en werkbouwtuigkundige werkzaamheden
- ✓ **Knipscheer Infrastructuur B.V.**; uitvoering van alle civieltechnische onderdelen
- ✓ **AEVO**; uitvoering van alle elektrotechnische werkzaamheden en bediening op afstand

Voor de uitvoering is door 2KA een integraal Voorontwerp opgesteld, op basis van het Beeldkwaliteitsplan wat het architectenbureau I.P.V. Delft in samenwerking



Beeldmateriaal uit Beeldkwaliteitsplan

Met gemeente Urk (hierna OG) heeft gemaakt. 2KA heeft het Voorontwerp uitvoerig gepresenteerd en besproken met gemeente Urk en andere relevante stakeholders. Vervolgens is er voor elke disciplines eerst een Definitief Ontwerp opgesteld alvorens de Uitvoeringsontwerpen zijn gemaakt. Gedurende het proces

is er steeds nauw contact geweest tussen OG, 2KA en de architect om onderdelen tot in klein detail af te stemmen, zoals de positie van luiken bij de hoofddraaipunten en het beeld bij openstaand val boven het wegdek.

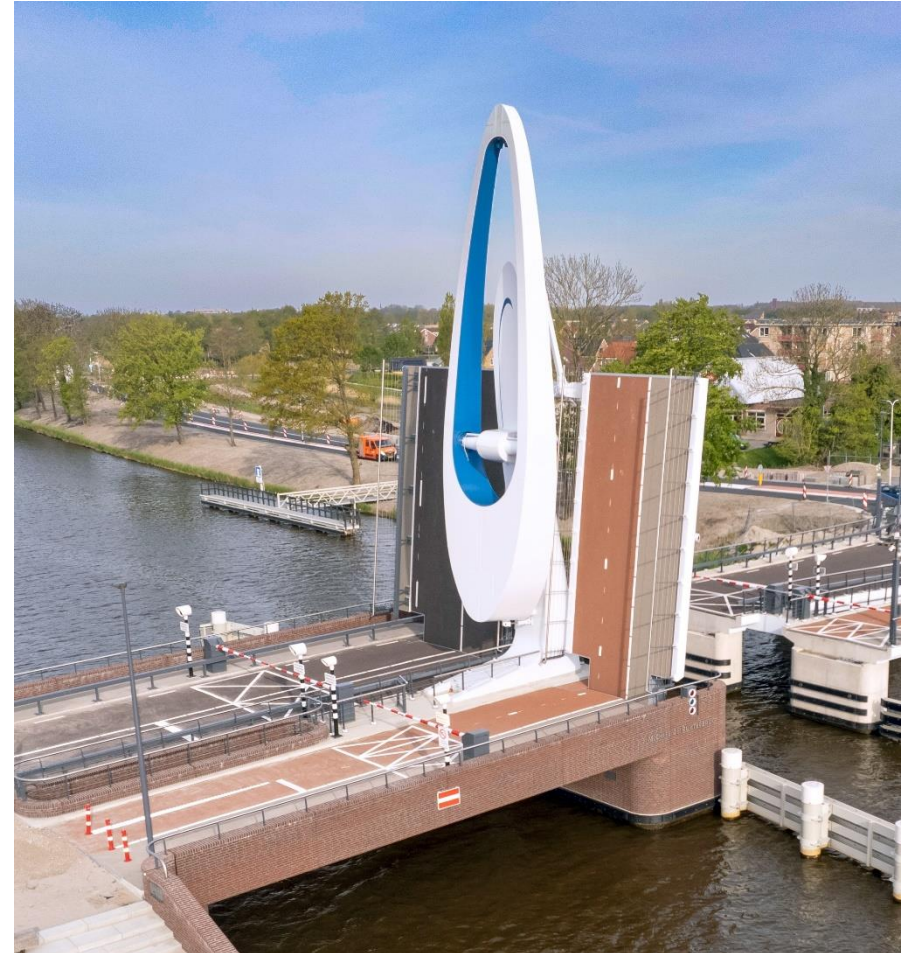
De functie als baken in het landschap ligt ten grondslag aan het ontwerp. De enkele hameistijl tussen de verkeersbrug en de fietsvoetgangersbrug steekt hoog boven de balans uit en heeft een krachtige, elegante vorm die van grote afstand zichtbaar is. Aan de bovenzijde eindigt de hameistijl in een scherpe punt en aan de onderzijde krijgt deze een stevige basis om de krachten van de beweging door te voeren naar de fundering. Om de hameistijl staat de balanspriem als een harmonieus gesloten volume. De balans krijgt door deze vorm extra breedte wat gunstig is om de ballast goed te positioneren en voldoende volume en gewicht te geven voor het realiseren van een gebalanceerde brug. Bovendien ontstaat ook vanaf de weg een driedimensionaal beeld. In geopende stand omkadert de balanspriem de hoge hameistijl en ontstaat een markant beeld, waarbij balans en hamei doen denken aan een boetnaald: de naald waarmee vissers hun netten repareren.



Michiel de Ruyterbrug



Brugontwerp als boetnaald uit Beeldkwaliteitsplan



Michiel de Ruyterbrug

2. Beschrijving staalconstructie en/of gebruik van staal

Stalen beweegbare bruggen kenmerken zich door dynamische belastingen in combinatie met een zo laag mogelijk eigen gewicht. Deze staalconstructie is volledig opgebouwd uit S355J2+N, behoudens de draaipuntassen. Die zijn vervaardigd uit vrije vorm gesmeed 42CrMO4. Daar waar mogelijk is plaatmateriaal in de vorm gewalst om de strakke contourlijnen te garanderen. Hierbij diende als uitgangspunt dat het aantal delingen in de platen tot een minimum beperkt moest blijven. Daar waar een deling onontkoombaar was, moest deze uit het zicht liggen om de beeldkwaliteit niet te verstoren. Tijdens het uitvoeringsontwerp hebben we het aantal en de locatie van delingen afgestemd met de architect. Ook hebben we samen met de architect en werkplaats-chef een locatiebezoek aan de eerder door KnookStaal B.V. gerealiseerde Spaansebrug gebracht om hiervan een beter beeld te krijgen.

Om aftekening van achterliggende schotten in de wanden te beperken, hebben wij rekening gehouden met plaatdikten en lasafmetingen. Dit vormde de basis voor het Uitvoerend Ontwerp en de fabricageplannen en heeft geresulteerd in een constructie met strakke lijnen en vloeiende contouren. Zelfs in de constructie waar het onderdoorvaarlucht in is geïntegreerd, zijn deze contouren terug te vinden. In verband met maatvastheid en de strakke lijnen is de definitieve contour van de hameistijl pas aangebracht nadat alle sluitplaten waren afgelast.

Verkeersval Gewicht: 47 ton lxbxh: 11,7 m x 8,7m x 0,85 m

Fietsval Gewicht: 23 ton lxbxh: 11,7 m x 6,5 m x 0,60 m

Hameistijl Gewicht: 20 ton lxbxh: 3 m x 1,7 m x 14,3 m

Balans Gewicht: 130 ton lxbxh: 17,7 m x 4,6 m x 1,8 m



Fabricage verkeersval



Fabricage fietsval



Fabricage hameistijl in de fabriek van KnookStaal B.V.



Fabricage balans



3. Bijzondere aspecten bouwkundig concept/ontwerp

De hameistijl

Bruggenspecialist IPV Delft heeft de iconische ophaalbrug met enkele hameistijl ontworpen. Het is een brug waarin de vormgeving met de krachtswerking klopt, ontwerp en techniek hand in hand gaan en alles samen één logisch geheel vormt. Hierbij waren 2 uitgangspunten belangrijk:

1. De brug heeft vanaf alle kanten een bijzondere aanblik, zowel vanaf weg als water;
2. De constructie zit logisch in elkaar.

Gedurende het ontwerpproces wordt al snel over de eerste ontwerpschetsen gezegd dat de hameitoren op een boetnaald lijkt. Een toevalstreffer, want met de verwijzing naar de naald waarmee vissers hun netten repareren, ontstaat gelijk een heldere link met het unieke karakter van het vissersdorp Urk. Daarom hebben we dit verder uitgewerkt en vormgegeven in het Voorlopig Ontwerp. Robuuste materialen, scherpe lijnen en elegante, gebogen vormen en een verzorgde ingetogen detaillering geven de brug een eigentijdse krachtige uitstraling. Belangrijk binnen het concept van de vormgeving is de integratie van de verschillende brugonderdelen binnen de hoofdvolumes van de brug. Ophaalconstructie, steunpunten, leuning, brugranden, verlichting, aandrijving en installaties zijn in samenhang ontworpen. De robuuste zuidzijde en ranke noordzijde van de brug versterken elkaars karakter en vormen samen één geheel.



De brugvlakken

Zowel de hameistijl als de balanspriem worden opgebouwd uit enkelgekromde vlakken. De volumes hebben scherpe lijnen en een strak, glad oppervlak. De gebogen vlakken in het Voorlopig Ontwerp moesten gekromd uitgevoerd worden en zijn niet opgedeeld in rechte segmenten. De contouren van de brugranden van het val en de beide delen van de noordelijke aanbrug zijn gelijk en liggen zonder sprong in elkaars verlengde. Aan de onderzijde zijn de brugranden naar binnen toe afgeschuind, zodat de brugdekken slank ogen. De zuidelijke aanbrug heeft brede gemetselde balustrades tot een hoogte van 750 mm boven wegniveau. Tijdens de bouw is er zeer nauw samengewerkt tussen KnookStaal en Knipscheer om contouren van het val en de noordelijke aanbrug precies op elkaar aan te laten sluiten.





De verlichting

De detaillering en afwerking van de brug is eenvoudig, strak en hoogwaardig, zodat het beeld niet wordt verstoord en de brug ook in de toekomst eenvoudig netjes en schoon te houden is. De brug wordt naast de functionele openbare verlichting ook architectonisch uitgelicht. In het nachtbeeld verschijnt een subtiel esthetisch effect, waarbij de gehele hameistijl en de binnenzijde van de balanspriem aangeliicht worden. Deze architectonische verlichting wordt gerealiseerd door een aantal armaturen tussen de balanspriem en de hameistijl. De brug vormt dus zowel overdag als met de verlichting ook in de nacht en baken voor de omgeving en valt op positieve wijze op in het omringende landschap. Het is een brug waar de gemeente Urk trots op is.



4. Bijzondere constructieve slimmigheden/detailleringen

Vanaf start werkzaamheden heeft KnookStaal veel aandacht besteed aan de maakbaarheid van het Voorontwerp. Om dit nader te detailleren, hebben we als combinatie geprobeerd discipline overstijgend te ontwerpen, waarbij we steeds nadachten over welke materiaalkeuzes 'best for project' zijn. Het gehele ontwerp van zowel de onderbouw, de bovenbouw als het bewegingswerk vanaf het Voorlopig Ontwerp t/m Uitvoeringsontwerp hebben we door één ingenieursbureau laten uitwerken. Hierdoor konden we integraal ontwerpen in één 3D-model en daadwerkelijk discipline overstijgend werken. Hieronder beschrijven wij de meest opvallende ontwerpkeuzes die tot één integraal ontwerp hebben geleid:

Bouwkuiploos concept

Wij hebben ervoor gekozen om geen bouwkuipen toe te passen, ondanks dat de kelder en pijlers tot onder de waterlijn reiken, zodat we de Urkervaart niet onnodig lang hoefden te stremmen. Het toepassen van een bouwkuip kost namelijk veel tijd, neemt veel ruimtebeslag in en is kostbaar omdat het enkel een tijdelijke constructie is. Voor het 'bouwkuiploos concept' hebben we een 115 ton zware prefab onderbak voor de brugkelder geplaatst. Deze is op de stalen buispalen in het water gepositioneerd en vervolgens afgedicht om in den droge te kunnen werken. Daarna hebben we een betonvloer gestort die op een vernuftige manier ingrijpt in de prefabconstructie en een belangrijke rol heeft in de afdracht van het totale krachten spel vanuit de hameistijl en de cilinders naar de stalen buispalen.

Beperkt aantal hoofddraaipunten

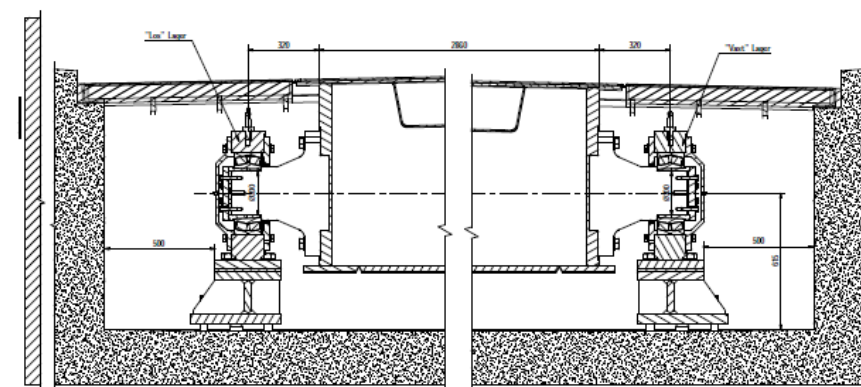
Vanuit het Beeldkwaliteitsplan was de keuze al gemaakt voor een centrale hameistijl met één trekstang. De architect ging uit van in totaal 8 losse draaipunten. Door de keuze voor een torsiebuis tussen de hoofddraaipunten waarop de aandrijving direct kan aangrijpen, konden we het aantal hoofddraaipunten halveren. Dit maakte de uitlijning van de brug eenvoudiger en beperkte het aantal luiken in de weg.

Vaste ligging op eigen gewicht

Wij hebben ervoor gekozen om de vaste ligging van de brug te garanderen met de toepassing van voldoende opleggewicht zodat de brug niet omhoogkomt bij een storm en om te voorkomen dat de hydraulische aandrijving dag en nacht op druk moet worden gehouden. Hierdoor hadden we wel extra vermogen nodig. Het gewicht van ca. 6 ton moet mee bewegen, maar kan de installatie gewoon worden afgeschakeld als de brug platligt. Om dit mogelijk hebben we de vallen zeer nauwkeurig in gelast, zodat de 5 ton overgewicht evenwichtig over de opleggingen van de vallen worden verdeeld. In het uiteindelijk ontwerp is er per valdeel een cilinder toegepast. De afmetingen van de cilinder zijn afgestemd op het oppervlak van het val. Beide cilinders worden tegelijkertijd aangedreven door 1 hydraulische unit.

Betonnen randliggers

Wij hebben gekozen voor betonnen randliggers. In de basis ging de architect uit van stalen randliggers op de brug. Technisch was dit mogelijk maar stalen randliggers hebben als nadeel dat ze coating behoeven. Juist de dooizouten zorgen voor een hoge immersie van deze coating. De uitdaging van betonnen randliggers is om deze bol en gekromd uit te voeren. Doordat we vanaf de bouw wisten dat hier een strakke bekisting voor nodig was, hebben we dit heel strak en nauwkeurig uitgevoerd, wat tot een fraai resultaat leidde. Deze ontwerpkeuze is een goed voorbeeld van alternatieve materiaalsoorten die het totaalontwerp uiteindelijk ten goede komen.



Hoofddraaipunten



5. Bijzondere aspecten uitvoering

Full scale test van asymmetrische vervorming

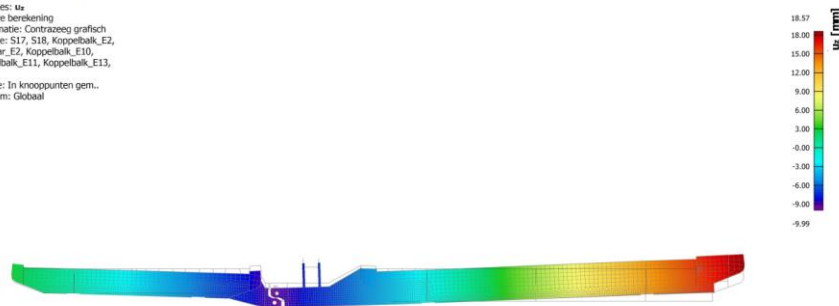
De brug bestaat uit twee vallen die onderling ongelijkvormig zijn. Ook hebben beide vallen een ander gewicht. Dit in combinatie met één centrale hangstang die ook excentrisch aangrijpt, leidt tot een niet symmetrische vervorming van de vallen. Het gevolg hiervan is dat, indien niet gecorrigeerd, tijdens de bouw van de vallen:

- Er een ongelijkmatige oplegdruk op de opleggingen ontstaat en indien deze te laag wordt, de brug klappert bij passerend verkeer;
- Het dek van de vallen qua hoogte niet aansluit op het dek van de aanbruggen;
- De vloeiende lijn aan de zijkant van de aanbruggen en het val onderbroken wordt en hierdoor afbreuk doet aan de beeldkwaliteit.

Dit hebben we van meet af aan als uitvoeringsrisico onderkend. Om het risico te beheersen, hebben we de vallen tijdens de bouw een voorvervorming gegeven die na het koppelen van de vallen (onderling en aan de hangstang van de balans) de vervorming compenseert.

2. 3D verplaatsing; u_z

Waardes: u_z
Lineaire berekening
Combinatie: Contrazeeg grafisch
Selectie: S17, S18, Koppelbalk_E2,
Voorhar_E2, Koppelbalk_E10,
Koppelbalk_E11, Koppelbalk_E13,
Locatie: In knooppunten gem.,
Systeem: Globaal

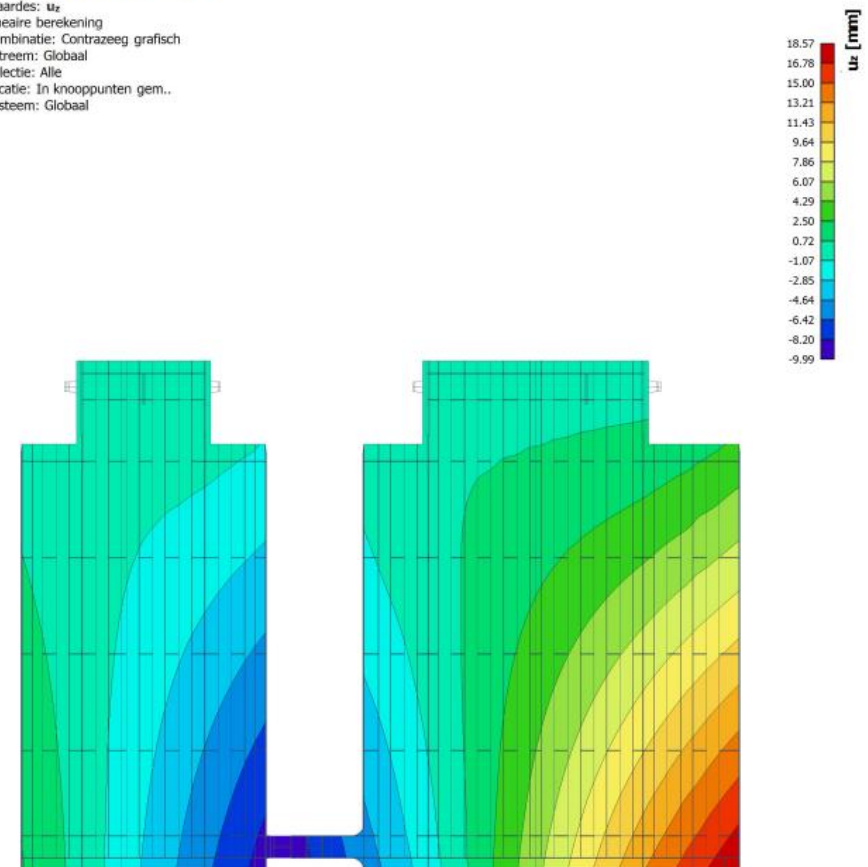


Hiervoor hebben we eerst berekend wat de vervorming zou worden. Deze vervorming is meegenomen in de bouwmal van de vallen. Na het vervaardigen van de vallen hebben we in de werkplaats van KnookStaal een proefopstelling gemaakt waarbij de vallen onderling gekoppeld zijn en we een hangstangkracht gesimuleerd hebben met vijzels. Door de vervorming en de oplegkrachten te meten, konden we

berekenen of de waarden overeen kwamen met de theoretische berekeningen. Dit was, binnen acceptabele grenzen, het geval. Ook de balans hebben we op een mal samengesteld. Deze mal is onder de hoek aangebracht zoals de balans op de bouwplaats uiteindelijk moest komen te hangen. Om te waarborgen dat de juiste hoeveelheid vaste ballast werd aangebracht, hebben we het effect van de ballast op de hangstangkracht gemeten.

1. 2D-verplaatsing; u_z

Waardes: u_z
Lineaire berekening
Combinatie: Contrazeeg grafisch
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Locatie: In knooppunten gem.,
Systeem: Globaal



Onderhoudsvriendelijke brug

Bij het ontwerpen van de brug hebben we rekening gehouden met het uit te voeren onderhoud. De te onderhouden onderdelen zijn goed bereikbaar en visueel inspecteerbaar. Voor bijvoorbeeld de sparingen rondom de hoofddraaipunten in het beton en bij de kelderdoorvoering voor de hydraulisch cilinders hebben we zodanig gedimensioneerd dat hier in de toekomst demontagehulpmiddelen plaatsbaar zijn, zoals het plaatsen van hydraulische vijzels. In de constructie bestond ook het risico op vuilophoping. Wij hebben de brugdelen zodanig vormgegeven dat de vervuiling er niet op blijft liggen en de oppervlakten eenvoudig te reinigen zijn.



6. Bijzondere functionele aspecten van het bouwwerk

Het karakter van de brug

De Michiel de Ruyterbrug vormt de nieuwe verbinding tussen de noord- en zuidoever van de Urkervaart, zowel letterlijk – de brug brengt je naar de overkant van het water – als figuurlijk – de brug vormt de verbindende schakel tussen het oude dorp en Schokkerhoek. De zuidelijke aanbrug is robuust vormgegeven met stevige bakstenen steunpunten, balustrades en kademuren. Deze robuuste zijde is tevens de plek waar de hameitoren staat opgesteld, boven op de kelder waar de apparatuur voor de aandrijving en aansturing is ondergebracht. Dit is de logische plek voor deze forse elementen.

De nieuwe entree

Het idee voor de uitvoering van de brug met enkele hameistijl heeft zijn oorsprong in de functie als landmark en baken voor de nieuwe entree van het dorp. De enkele hameistijl is daarnaast functioneel en verdeelt de brug in tweeën; een deel voor gemotoriseerd verkeer en een deel voor langzaamverkeer. Een indeling die de veiligheid voor de verkeersgebruiker van de brug ten goede komt.



Landschappelijke inpassing

Het karakter van de brug als baken in de omgeving wordt in de nacht versterkt door naast de functionele verlichting voor de verkeersveiligheid de brug ook architectonisch te verlichten. De hameitoren en de binnenzijde van de balans wordt aangelicht met gerichte armaturen. De noordzijde van de brug landt op de groene oever van het kanaal. Deze zijde van de Urkervaart vormt onderdeel van het Nationaal Natuur Netwerk en is belangrijk voor de flora en fauna in dit gebied. Om deze reden is de brug aan deze zijde rank vormgegeven en biedt het ruimte aan een onderdoorgang onder de aanbrug. Hier kunnen wandelaars overdag het wandelpad volgen langs de natuurlijke oever en de verschillende dieren 's nachts de brug veilig passeren via de speciaal aangelegde faunapassage. De brug heeft betekenis voor de omgeving, niet alleen als verbinding maar ook als plek. Op de zuidoever is een vissteiger aangelegd als onderdeel van de brugconstructie. Hier kunnen mensen uit de wijk verblijven en van het uitzicht op de brug en over het water genieten. Constructie, vorm en functie vormen samen één geheel en zijn het visitekaartje van de omgeving.

Bronvermelding foto-, en filmmateriaal:

- Boorsma Adviseurs en Ingenieurs
- Henk Snaterse Fotografie
- Spikker GBU B.V.
- KnookStaal B.V.