

# HOUTEN VIADUCTEN UNIEKE LANDMARKS VOOR FRIESE WATERSTAD

ing. A.J. Woortman, ingenieursbureau Oranjewoud Heerenveen

De beroemde waterpoort van waterstad Sneek (afb. 1) krijgt er met de bouw van een tweetal imposante houten viaducten (afb. 2) een geduchte concurrent bij. De viaducten vormen de verbinding tussen het centrum en de zuidelijke nieuwbouwwijk van Sneek en overspannen de rijksweg 7. Beide constructies zijn circa 32 meter lang, 14 meter breed en 15 meter hoog en worden gemaakt van milieuvriendelijk verduurzaamd, gecertificeerd naaldhout. Dergelijke viaducten zijn nog nergens anders in de wereld gerealiseerd en zijn daarom niet alleen voor Sneek een primeur. Tevens is hier sprake van een doorbraak in de toepassing van duurzame materialen in de weg- en waterbouw.

## Aanpassing rijksweg 7

De aanleg van de houten viaducten maakt deel uit van de aanpassing van de rondweg door en om Sneek (rijksweg 7) tot een volwaardige stadsautoweg (afb. 6). De huidige rondweg, in de route Groningen – Afsluitdijk - Amsterdam, kenmerkt zich door een zevental gelijkvloerse wegkruisingen, een 's zomers druk bediende beweegbare brug en een gelijkvloerse spoorwegovergang. Al tientallen jaren is er sprake van een sterke wens om deze rondweg aan te passen. Dit heeft in 1995 geresulteerd in de start van een Tracéwetprocedure met aansluitend een Trajectnota/MER-studie in 1998.

Na bestudering van diverse varianten voor de oplossing van dit infrastructurele knelpunt is uiteindelijk gekozen voor het zogenaamde versoberde combi-alternatief van een stadsautoweg (80 km/uur), waarbij het huidige wegtracé voor een groot deel wordt gevolgd. Alle gelijkvloerse kruisingen worden ongelijkvloers en de beweegbare brug in de Geeuw wordt vervangen door een aquaduct.

Dankzij deze aanpassingen stroomt het verkeer over de rijksweg 7, en van en naar de stad Sneek, straks aanzienlijk beter door en is het hinderlijke oponthoud bij spoorwegovergang, brug en verkeerslichten verleden tijd. Ook neemt door de nieuwe rondweg de verkeersveiligheid toe en geeft het Sneek nieuwe kansen voor verdere ontwikkeling.

Het tracébesluit van Rijksweg 7 is in oktober 2004 door minister Peijs van Verkeer en Waterstaat goedgekeurd en naar verwachting worden eind 2006 de eerste wegenbouwbestekken inclusief viaducten aanbesteed. De aanbesteding van de bouw van het aquaduct heeft inmiddels plaatsgevonden.

Namens Rijkswaterstaat treedt de Provincie Fryslân op als gedelegeerd opdrachtgever en 'voortrekker'. Dit in nauwe samenwerking met Rijkswaterstaat, de gemeente Sneek voor alle ontsluitingswegen en ProRail voor het spoorwegviaduct. Op 15 december 2005 is door middel van ondertekening van de overeenkomst tussen bovengenoemde partijen dit omvangrijke project officieel van start gegaan.



1. Waterpoort te Sneek

De verwachte totale bouwsom van alle werkzaamheden bedraagt ca. € 120.000.000 en het werk moet eind 2009 volledig zijn afgerond.

## Ontwerp viaducten

Gelet op de ligging van de autoweg in een bebouwde omgeving, direct ten zuidwesten van de historische binnenstad van Sneek, moeten de viaducten op 'spraakmakende' wijze zijn vormgegeven en integraal kunnen worden ingepast in de omgeving. (afb. 3) Om de uitstraling als dé watersportstad van Nederland te benadrukken, heeft de gemeente Sneek bovendien de intentie om aan de hand van een ambitieus Waterplan een vaarverbinding aan te leggen als overgang tussen de nieuwe rijksweg en het stadscentrum aan de noordzijde.

Om uiteindelijk over een hoogwaardig ontwerp voor de viaducten te kunnen beschikken, zijn in januari 2004



2. Artist impression houten viaduct

drie partijen uitgenodigd om een schetsontwerp met bijbehorende kostenraming te maken. Deze ontwerpen moesten vervolgens worden gepresenteerd en toegelicht voor een technische commissie en een vakjury. Het ontwerp voor een tweetal imposante houten viaducten in de Molenkrite en de Akkerwinde over de rijksweg 7 bij Sneek (afb. 7) is hierbij als winnaar uit de bus gekomen. Het Friese Architectenburo Achterbosch Architectuur te Leeuwarden heeft, in samenwerking met Onix Architecten te Groningen, het ontwerp verzorgd, daarbij technisch ondersteund door Ingenieursbureau Oranjewoud B.V. te Heerenveen samen met Adviesbureau voor houtconstructies Lüning B.V. te Doetinchem.

De jury, bestaande uit onder meer Rijkswaterstaat, Provincie Fryslân en de gemeente Sneek, heeft deze inzending tot winnend ontwerp uitgeroepen, nadat diverse vragen over duurzaamheid, levensduur en onderhoudsaspecten afdoende waren beantwoord.

De jury beoordeelde het ontwerp als “Een bijzonder ontwerp in een gedurfde houten uitvoering. Het straalt zowel eenvoud als expressie uit en verwijst naar een frameconstructie van een omgekeerde houten boot. Er is een sterke relatie tussen ontwerp en constructie. Het ontwerp is een duidelijke ‘landmark’. Kortom: een gewaagd plan met een vernieuwende uitstraling, een grote uitdaging”.

Het prijsvraagontwerp is daarna uitgewerkt tot een definitief voorontwerp. Dat voorontwerp is door de opdrachtgever, geassisteerd door een team van in- en

externe experts, getoetst op brandveiligheid, aanrijdbestendigheid, leverbaarheid van het vereiste hout, alsmede op herstelmogelijkheden bij (aanrij-)schade en vanzelfsprekend ook op bouwkosten.

### Constructie

Geïnspireerd door de ‘covered bridges’ in de Verenigde Staten bestaat de hoofdconstructie uit twee driehoekige gebogen houten vakwerkspanten, die elkaar in de top raken (afb. 2). Via de druk- en trekstaven en de zware onderregel, met afmetingen van ca. 1,10 x 1,50 m, worden de belastingen afgedragen op de gewapend betonnen fundering. De vrije overspanning (hart op hart maat opleggingen) bedraagt ca. 30 m en de viaducten zijn berekend op verkeersklasse 600.

In eerste instantie waren de viaducten alleen voor autoverkeer ontworpen en bedroeg de breedte van het rijdek tussen de spanten ca. 9 m. Evenals de spanten zou het rijdek hierbij eveneens in hout worden uitgevoerd. Langzaam verkeer zou via de bestaande tunnels de nieuwe rijksweg 7 kunnen kruisen.

Echter in dezelfde periode besloot de gemeente Sneek tot de realisatie van het al eerder genoemde Waterplan. Dit plan omvat de aanleg van een gedeeltelijk open vaarverbinding ten noorden van de rijksweg 7 ter plaatse van de beide viaducten. De thans aanwezige tunnels voor langzaam verkeer vervallen in dit plan en de fietsers en voetgangers moeten daarom straks ook gebruikmaken van de nieuwe viaducten om de rijksweg 7 te kruisen.



Locaties houten bruggen: 1. Molenkrite 2. Akkerwinde

### 3. Situatie houten viaducten

Dit resulteerde in de aanleg van eenzijdig vrijliggende fiets- en voetpaden op de viaducten, waardoor de breedte van het dek toenam tot 12 m. Een volledig houten dekconstructie bleek hierdoor technisch en economisch niet meer haalbaar, waarna uiteindelijk gekozen is voor een orthotrope stalen dekconstructie tussen de beide massief houten onderregels van de vakwerkspanten (afb.4).

### Toegepaste houtsoort

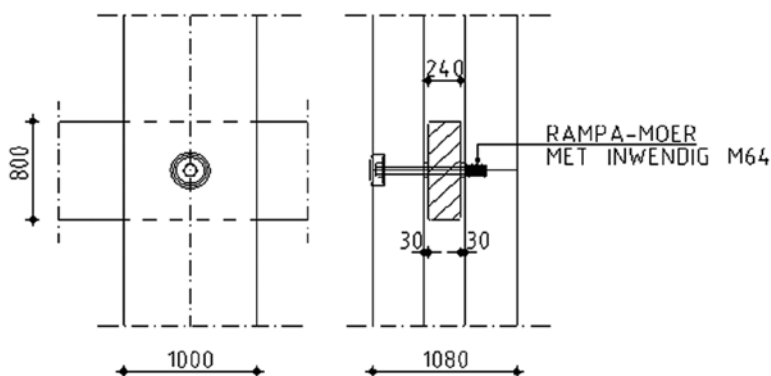
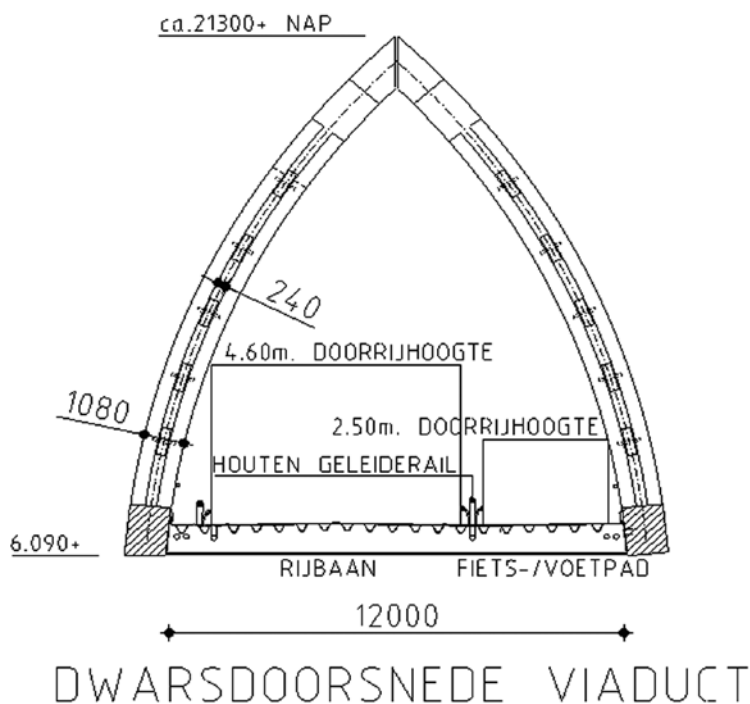
Een van de voorwaarden met betrekking tot het gebruik van hout in de ontwerpen betrof de toepassing van gecertificeerd hout uit duurzaam beheerde bossen - bij voorkeur geen tropisch hardhout - en afkomstig uit snel groeiende productiebossen. Na uitvoerig overleg met onder andere specialisten van Rijkswaterstaat, Stichting Hout Research (SHR) en diverse universiteiten in binnen- en buitenland is uiteindelijk gekozen voor de houtsoort *Pinus Radiata* (Radiata Pine). Dit naaldhout groeit voornamelijk in de gematigde klimaatzones op het zuidelijk halfrond en wordt op grote schaal verbouwd in duurzaam beheerde bosbouwgebieden in onder andere Chili, Zuid-Afrika en Nieuw-Zeeland.

Toepassing van naaldhout met - ten opzichte van tropisch hardhout - relatief geringe sterkte-eigenschappen, vereist bij deze constructie hout met een geringe spreiding van kwaliteit- en sterkte-eigenschappen. Naast controle 'op de stam' wordt dit bereikt door al het gezaagde balkhout visueel te selecteren op uiterlijk (noesten e.d.), waarna door middel van een 'non-destructieve mechanical grading' proef al het balkhout wordt getest op sterkte. Dit alles geschiedt in

het land van herkomst. Nadat het hout is verzaagd tot de te verlijmen lamellen met afmetingen van ca. 200 x 30 mm, wordt het nogmaals geselecteerd en zo nodig gedroogd tot het vereiste vochtgehalte. Hierna vindt verduurzaming plaats door middel van acetyleren. Voordat het verduurzaamde hout wordt gevingerlast tot de voor de verlijming vereiste planklengte, wordt het hout nogmaals gecontroleerd op onregelmatigheden. Tevens vindt steekproefsgewijs aanvullend non-destructief en destructief onderzoek plaats om de vereiste kwaliteit- en sterkte-eigenschappen van het verduurzaamde hout goed te testen. De lamellen worden daarna met de bekende vingerlastechniek tot de vereiste lengteafmetingen (max. ca. 32 m) samengesteld en verlijmd tot de vereiste balkafmetingen (max. ca. 1,10 x 1,50 m).

### Duurzaamheid

Normaal gesproken hebben onbehandelde naaldhoutsoorten in weer en wind in ons klimaat een beperkte levensduur en vallen deze onder duurzaamheidsklasse 3 of 4. Een veel toegepaste methode om de duurzaamheid te vergroten, is het onder vacuüm druk impregneren van het hout met chemische stoffen. Deze stoffen zijn echter in meerdere of mindere mate zeer giftig en ten gevolge van uitloging en het verbranden en recyclen van het hout komen ze uiteindelijk in ons milieu terecht. De overheid heeft de toepassing van deze stoffen de afgelopen 20 jaar door middel van wet- en regelgeving dan ook sterk teruggebracht en streeft ernaar het gebruik nog meer te beperken. Tegelijkertijd stimuleert de overheid het gebruik van hout als een duurzaam en milieuvriendelijk constructiemateriaal. Voor de meeste



DETAIL OPEN VERBINDING SCHOREN



6. Situatieschets rondweg

4. Dwarsdoorsnede viaduct

5. Detail open verbinding tussen de schoren

grote onbehandelde en onbeschermd houtconstructies in weer en wind wordt in ons land daarom nu nagenoeg alleen FSC gecertificeerd tropisch hardhout toegepast.

In landen met een ander klimaat kennen we echter wel degelijk grote weg- en waterbouwkundige constructies van 'niet-hardhout' die al decennia lang weer en wind trotseren (denk aan de eeuwenoude Kapellbrücke in Luzern). Het is dus zaak de duurzaamheid van het voor ons klimaat toe te passen naaldhout sterk te verbeteren zonder gebruik te maken van giftige stoffen en er tegelijk voor te zorgen dat de sterkte-eigenschappen van het hout niet verslechteren.

Een van de methoden die hiervoor uitermate geschikt is, is het acetyleren van het hout met behulp van azijnzuuranhydride. Dit procédé is al bekend vanaf het begin van de vorige eeuw en op laboratorium- en pilot-plantschaal hebben diverse instanties, waaronder SHR, hiermee de afgelopen jaren ruime ervaring opgedaan met zeer gunstige resultaten als het gaat om duurzaamheid en sterkte. Het ingewikkelde productieproces, in combinatie met de agressiviteit van enkele procescomponenten en de recyclebaarheid van het niet verbruikte anhydride, hebben ertoe geleid dat deze methode nog niet op ruime schaal commercieel is toegepast. De grotere beheersbaarheid van het proces en de toepassing daarbij van nieuwe corrosiebestendige metalen waaronder titanium, hebben ertoe geleid dat er naar verwachting in 2006 voldoende hoogwaardig geacetyleerd hout commercieel beschikbaar is.

Los van het feit dat verduurzaming de levensduur van de constructie aanzienlijk verlengt, blijft natuurlijk gelden dat voor houtconstructies in buitenomstan-

digheden hoge vochtpercentages gedurende langere tijd moeten worden voorkomen. Knooppunten en aansluitingen worden daarom zodanig ontworpen dat door voldoende ventilatie en voorkomen van capillaire werking het vochtgehalte van het hout voor langere tijd niet groter wordt dan ca. 18% (afb. 5). De verbinding tussen twee schoren wordt uitgevoerd met 30 mm tussenruimte.

### Het acetyleren van hout

Acetyleren is het duurzaam modificeren van hout met behulp van azijnzuuranhydride. Hierdoor verandert de celstructuur en herkennen insecten en micro-organismen het hout niet meer als voedselbron waardoor ze het hout niet aantasten; het hout wordt 'oneetbaar' en verbetert hierdoor van duurzaamheidsklasse 4 (5 tot 10 jaar) naar duurzaamheidsklasse 1 (langer dan 25 jaar). Het acetyleren heeft tevens een positief effect op de wateropnamecapaciteit van het hout waardoor de dimensiestabiliteit en daardoor de vormvastheid aanzienlijk verbetert, terwijl de sterkte-eigenschappen nagenoeg niet veranderen en zelfs iets verbeteren. De azijnzuuranhydride wordt onder vacuüm druk en verhoogde temperatuur in het hout geïmpregneerd en reageert in het zonodig voorgedroogde hout met de nog aanwezige watermoleculen tot het niet giftige azijnzuur. Hierdoor wordt het van nature al in het hout aanwezige percentage acetylgroepen van ca. 2% verhoogd tot ca. 20%. Na het impregneren is de hoeveelheid restazijnzuur in het hout gering (<0,5%) en geeft het vers geïmpregneerde hout een kenmerkende azijngleur af die na verloop van tijd verdwijnt. Het behandelde hout is 100% recyclebaar en niet belastend

voor het milieu.

Ondanks het feit dat het geacetylerde hout niet meer 'eetbaar' is voor micro-organismen, is het in verhoogde mate gevoelig voor aantasting door blauwschimmels en dergelijke. Deze aantasting heeft geen gevolgen voor de sterkte of de duurzaamheid, maar kan na enkele jaren wel resulteren in een blauwzwarte verkleuring van het hout. Architect en opdrachtgever vinden dit esthetisch niet wenselijk; voor beide viaducten is er daarom voor gekozen om al het houtwerk aanvullend te voorzien van een UV-resistente, milieuvriendelijke filmvormende vocht- en schimmelwerende oppervlaktebehandeling. Vanzelfsprekend vergt deze aanvullende conservering het nodige periodieke onderhoud.

### Verlijming

De verduurzaamde en gevingerlaste lamellen worden in stalen mallen verlijmd en door middel van hydraulische cilinders daarna direct in de juiste vorm geperst. Na droging vindt de nabehandeling en afwerking plaats, worden voor een deel de gaten voor de verbindingsmiddelen vorgeboord en waar mogelijk stiften en deuvels reeds aangebracht. Vanwege de grote afmetingen van de balken en de combinatie met de gewenste vorm en maatvastheid, moet het verlijmen met grote zorg-

vuldigheid gebeuren. Het verlijmen van lamellen van 200 x 30 mm tot balkmaten van max. ca. 1,10 x 1,50 x 32 m is een uitzonderlijke procedure en vereist een optimale beheersing van het lijmp proces, de persdrukken enzovoort. TU- Eindhoven verricht op dit moment, in samenwerking met SHR, onderzoek naar welke lijmsorten het meest geschikt zijn voor het verlijmen van balken met dergelijke afmetingen.

### Transport en montage

Vanwege de grote afmetingen van de spanten en de beperkte ruimte op de bouwlocatie, ligt het in de bedoeling de spanten elders te monteren en in grote secties, of als totaal, naar de bouwlocatie te transporteren. In verband met de te verwachten toleranties in de afmetingen en vorm van de verlijmdde balken, worden de verbindingen zodanig ontworpen dat deze ter plaatse op maat kunnen worden gemaakt. Hierbij wordt onder meer gebruikgemaakt van stalen deuvels en draadeinden die worden verlijmd in ruim vorgeboorde gaten. Nadat de beide spantbenen op deze wijze op een hulpconstructie zijn gemonteerd, worden de stalen deksegmenten in secties met houtdraadbouten bevestigd aan de onderregels van de spanten. Hierna worden de deksecties ter plaatse aan elkaar gelast.



### Onderhoudsaspecten

In overleg met de toekomstige beheerder van de viaducten (Rijkswaterstaat) is, middels een LCC-analyse, het verwachte onderhoud met de bijbehorende kosten in beeld gebracht. Gelet op het innovatieve karakter van zowel ontwerp als toegepaste houtsoort en wijze van verduurzaming, maakt een frequente en intensieve monitoring van diverse onderzoeksinstituten deel uit van de onderhoudswerkzaamheden. Op deze wijze kan inzicht worden verkregen in de vraag of en in hoeverre de constructie qua sterkte en duurzaamheid voldoet aan de verwachtingen.

### Projectvoortgang

Beide viaducten worden begin 2007 als Engineering & Construct contract Europees aanbesteed.

In verband met ontsluiting van een bedrijventerrein en subsidie moet het eerste viaduct 'Akkerwinde' medio 2008 klaar zijn. Het andere viaduct 'Molenkrite' moet in 2009 worden opgeleverd. De verwachte totale bouwkosten per viaduct, inclusief fundering en dergelijke, bedragen ca. € 2.000.000.

### Innovatief

Het ontwerp en de toekomstige realisatie van beide houten viaducten is uniek. Nog niet eerder zijn dergelijke houten constructies met een zodanige vrije overspanning gerealiseerd die ook nog eens bestaan uit milieuvriendelijk verduurzaamd naaldhout van snelgroeiende productiebossen en tevens geschikt zijn voor de zwaarste verkeersklasse. Naast een wereldprimeur voor de waterstad Sneek is dit een forse stimulans voor het op grotere schaal toepassen van duurzame materialen in de bouw en zorgt het daadwerkelijk voor 'meer hout in de bouw'.

Bronvermelding tekeningen en foto's:

- Provincie Fryslân
- Achterbosch Architectuur/Onix
- Lüning B.V.
- Oranjewoud B.V.

7. Artist impression viaduct gezien vanaf de autoweg

