

Zo lasten de Romeinen

MICROSCOPISCH ONDERZOEK VAN WELIJZEREN PAALSCHOENEN VAN HEIPAAL VAN DE ROMEINSE BRUG BIJ CUIJK

Eind december werden door de overstroming van de Maas grote stukken grond weggeslagen in de gemeente Susteren. Daarbij kwamen twee rijen palen tevoorschijn die waarschijnlijk deel hebben uitgemaakt van een Romeinse brug. De palen zijn alle voorzien van een ijzeren paalschoen, waardoor ze gemakkelijker in de bodem konden worden geheid. Eerder werden dergelijke palen gevonden bij Cuijk. Tijdens opgravingen op de

van de paalschoenen microscopisch heeft onderzocht.

Schuren en etsen

De paalschoen, gedateerd in de winter van 368/369 na Chr., bestaat uit vier strippen van welijzer, die aan één van de lange zijden aan elkaar zijn geweld (afb. 1). Aan de andere zijden zijn de strippen, die waarschijnlijk waren voorgefabriceerd, voorzien van gaten, waardoor met spijkers de paal in de schoen werd vastgezet. Die gaten zitten paarsgewijze op verschillende hoogte, zodat grote spijkers konden worden gebruikt zonder dat deze elkaar in de weg zaten.

Uit het gewelde uiteinde van de punt

werd voor het onderzoek een plak metaal gezaagd dwars op de lengteas. Het resterende dunne, zeer taps toelopende deel van de punt werd daarna over het hart langs doorgesneden. Verder werd - ter vergelijking - van het uiteinde van één van de strippen boven het bovenste spijkergat een langs- en een dwarsdoorsnede genomen.

Van alle doorsneden werd een lichtmicroscopisch preparaat gemaakt door deze glad te schuren op watergekoeld schuurpapier met afnemende korrelgrootte, waarna alle oppervlakken werden gepolijst met diamant met afnemende korrelgrootte van 8 - 1 micrometer. Na het polijsten werden de oppervlakken chemisch geëts

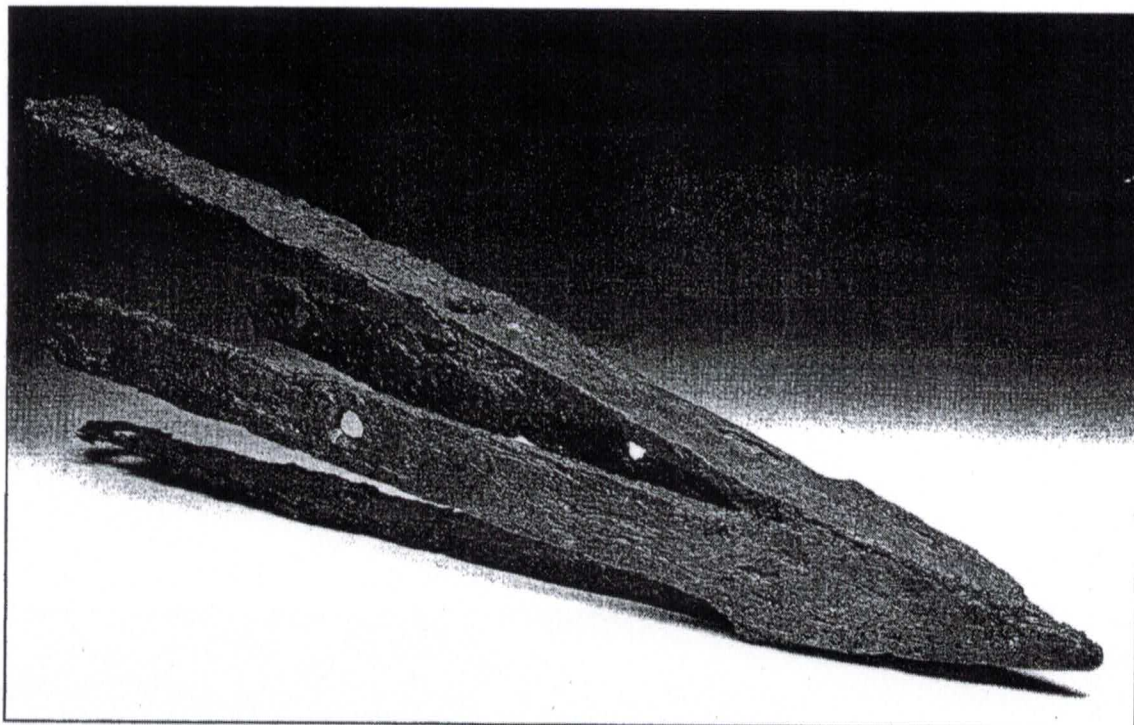
door Wim van Horssen

redactie Lastechniek

bodem van de Maas tussen 1992 en 1994 van de

resten van een Romeinse brug zijn honderden van deze antieke heipalen gevonden. Eén van de vragen die de archeologen zich naar aanleiding van deze vondst stelden, was op welke wijze de Romeinen die ijzeren punten hebben gemaakt. Een vraag die voorgelegd werd aan Pieter Colijn van het Laboratorium voor Materiaalkunde van de Technische Universiteit Delft, die één

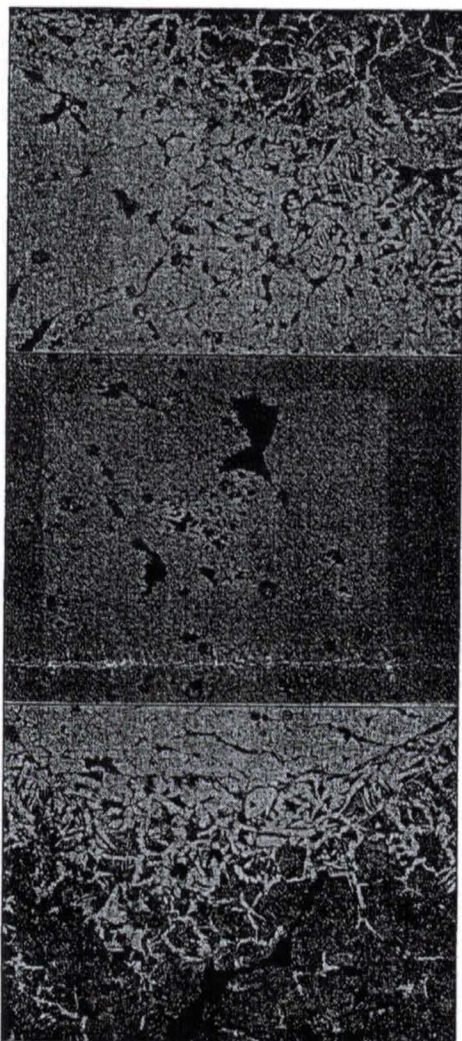
Afb. 1. Een van de Romeinse welijzeren paalschoenen die archeologen op de bodem van de Maas bij Cuijk hebben aangetroffen (illustratie: TU Delft).



met een verdunde oplossing (2%) van salpeterzuur in alcohol. Het zeer geringe reliëf dat daardoor ontstaat, is voldoende om de microstructuur van het materiaal zichtbaar te maken.

Teveel slak

Er werden vervolgens macro-opnamen gemaakt van de dwarsdoorsnede

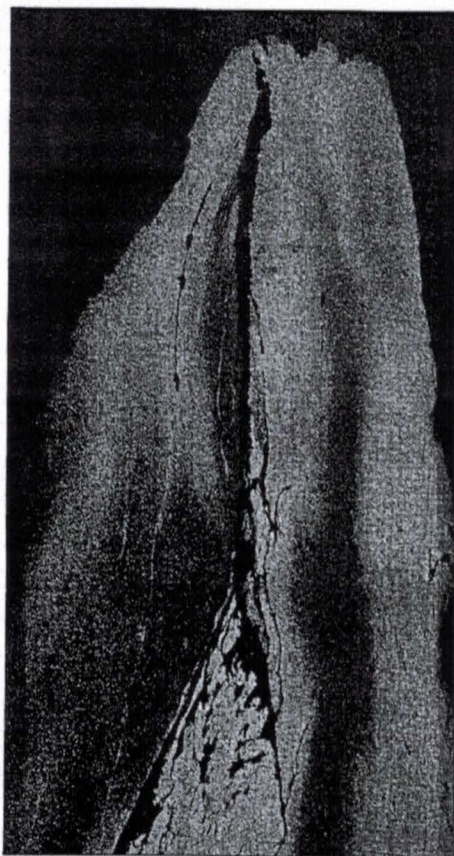


Afb. 2. Dwarsdoorsnede (100 x vergroot) van de plaats waar drie van de strippen (rechtsboven, linksonder en rechtsonder) zijn samengevoegd. De strip rechtsboven bevat duidelijk meer koolstof dan de andere.

Afb. 3. Dwarsdoorsnede (100 x vergroot) van de plaats waar tussen strippen (links en rechts) een wellas is gemaakt. Beide strippen bevatten (even) weinig koolstof.

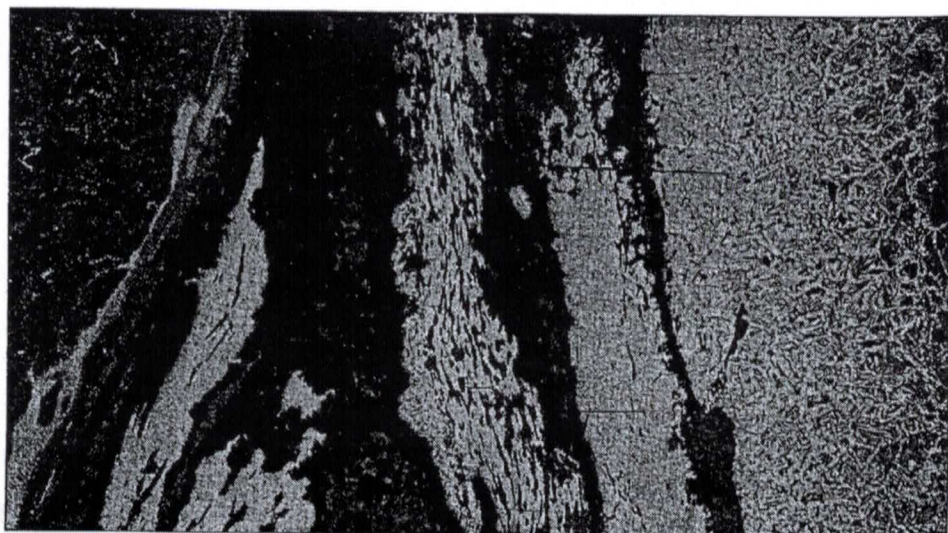
Afb. 4. Dwarsdoorsnede (100 x vergroot) van de plaats waar twee strippen samenkomen. De onderste strip bevat tamelijk veel koolstof. Toch is er een perfecte hechting.

en de langsdoorsnede. Aan de hand van deze opnamen werd bepaald van welke stukken van het oppervlak detailopnamen moesten komen. De eerste detailopname van de



Afb. 5. Macro-opname van de langsdoorsnede van het uiteinde van de punt (6,3 x vergroot), waarop op drie van de strippen die zijn samengevoegd.

dwarsdoorsnede (afb. 2) toont een plaats waar drie strippen bij elkaar komen: de lasnaden lopen ONO-WZW en ZW-NO. De tweede detailopname van de dwarsdoorsnede (afb. 3) laat een plaats zien waar twee strippen zijn samengevoegd. Hier loopt de wellasnaad van linksboven naar rechtsonder. Op de derde detailopname (afb. 4) is de overgang tussen twee strippen duidelijk zichtbaar door het verschil in structuur van het materiaal.



Afb. 6. Detail van de plaats op de langsdoorsnede (40 x vergroot) waar de drie strippen samenkomen. De zwarte strepen zijn slak.

Op de macro-foto van de langsdoorsnede (afb. 5) is te zien, hoe drie strippen zijn samengevoegd. Van de plaats waar ze samenkomen is een detailopname gemaakt (afb. 6).

Voor het wellassen moesten de strips meerdere malen en soms zeer lang in een houtskoolvuur (tot 800 à 900 °C) worden opgewarmd en warm gehouden. Daarna werden ze aan elkaar gesmeed. Omdat de uiteinden van de strippen nogal dun zijn, kon daar niet al te hard op gehamerd worden. Het gevolg is wel, dat op het uiteinde van het gelaste deel (afb. 5) dermate grote hoeveelheden slak zijn achtergebleven, dat geen goede hechting meer kon worden verkregen.

Reconstructie fabricage

Op grond van de verschillen in koolstofgehalte van de verschillende strippen heeft Pieter Colijn de productie als volgt gereconstrueerd. De twee strippen met het laagste koolstofgehalte (links en rechts op afb. 3) zijn het eerste gelast.

Gedurende deze bewerking werden de andere strippen in het vuur warm gehouden en namen daarbij koolstof op. De derde strip, die aan het gelaste oppervlak een relatief gering koolstofgehalte heeft, is daarna vastgeweld aan de onderkant van de constructie (afb. 2 boven en afb. 5 rechts). Tenslotte is de vierde strip, die het langst in het vuur heeft gelegen en daardoor de meeste koolstof heeft opgenomen, aan de bovenkant vastgelast (afb. 4 en 5 links).

Archeoloog stelt steeds meer vragen aan specialisten

Het microscopisch onderzoek van de welijzeren paalschoen is één van de onderzoeken die in het kader van de opgraving van de Romeinse brug bij Cuijk door specialisten zijn uitgevoerd. Dankzij die specialisten levert een opgraving tegenwoordig enorm veel meer informatie op dan vroeger. Daarbij stelt de archeoloog de vragen en maakt met alle informatie een reconstructie van de vindplaats, het object, de functie die het object heeft gehad en de omgeving.

Opgraving en verwerking

Boudewijn Goudswaard, archeoloog bij de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek (ROB) heeft met hulp van een ploeg duikers tussen 1992 en 1994 een groot aantal fragmenten van de Romeinse brug bij Cuijk van de bodem van de Maas gehaald. Deze werden bedreigd door de stroming. Behalve heipalen, deels met paalschoenen, waren dat steenblokken, ijzeren steenankers, balken, fragmenten van gereedschap, aardewerk en munten. Zoals iedere opgraving duurde het bergingswerk betrekkelijk kort vergeleken met de lange tijd die daarna nodig is om de tekeningen en vondsten te verwerken en te bestuderen.

"We zijn nog steeds bezig met het materiaal", zegt Goudswaard, "want je wilt als archeoloog alles te weten komen." Hij is eerst zelf gaan kijken, wat hij met het gevonden constructiemateriaal kon doen. Hij reconstrueerde er het fundament van de brug mee. Maar daarna bleven vragen als hoe hoog en hoe breed de brug is geweest.

De archeoloog heeft voor het antwoord op die vraag eerst gekeken naar wat de Romeinen zelf over het bouwen van bruggen hebben geschreven. De klassieke auteurs bleken echter weinig aandacht besteed te heb-

ben aan de techniek van de bruggenbouw.

Daarnaast is hij de (weinige) nog bestaande Romeinse bruggen gaan bestuderen. Daarvoor heeft hij een bezoek aan onder andere Trier gebracht, waar een moderne brug op de fundamenten van één Romeinse de Moezel overbrugt.

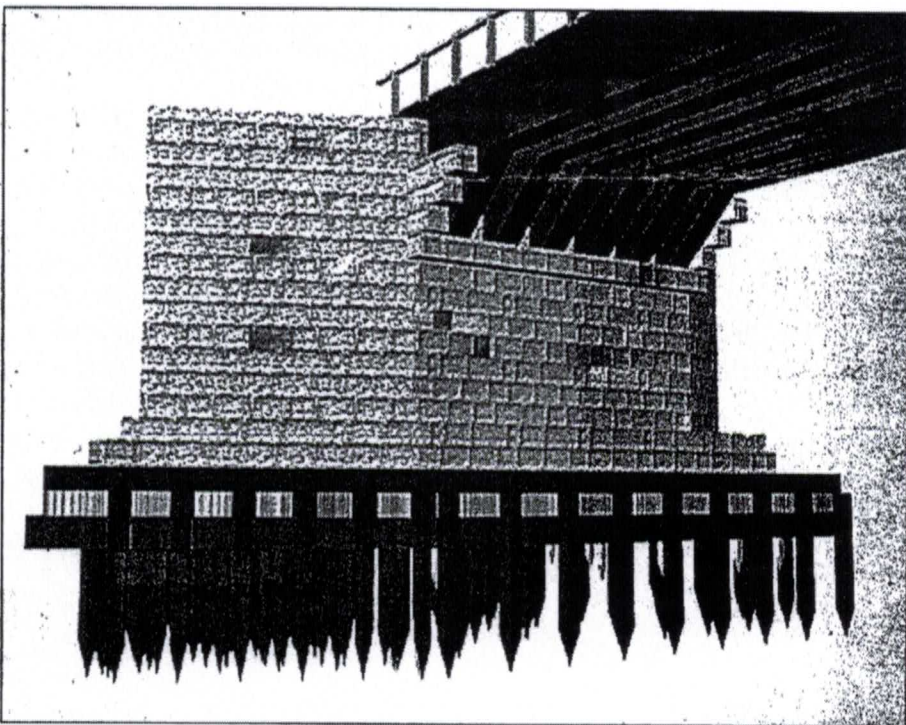
Naar de TU Delft

Omdat ook deze benadering nog niet veel oploste, is Boudewijn Goudswaard naar de Faculteit Civiele Techniek van de TU Delft gestapt, waar men ervaring heeft in het ontwerpen van bruggen. "Het idee was

beantwoord. Wel is de dikte van de balken al bepaald.

Goudswaard heeft inmiddels een idee van de hoogte en de lengte van de brug. "Voor het bepalen van de hoogte hebben we op basis van geologische gegevens de maximale waterstand in de Romeinse tijd berekend. Voor de lengte van de brug hebben we naar het landschap gekeken", vertelt hij.

Naast geologen heeft hij ondermeer dendrochronologen ingeschakeld voor de datering van het gevonden hout (aan de hand van de jaarringen) en heeft hij steenhouders van de Rijksdienst voor de Monumentenzorg



Afb 7. Reconstructie van een van de pijlers van de Romeinse brug bij Cuijk (illustratie: ROB)

om van de andere kant af te werken: dit is het materiaal en wat kan je ermee?". De vragen die hij aan H. de Jong van de faculteit voorlegde waren onder andere: hoeveel gewicht kunnen de palen hebben, bij welke manier van stapelen van de stenen geven ze de meeste weerstand, en hoe zwaar en hoe dik moeten de balken van de overspanning minimaal zijn. Vragen die nog niet allemaal zijn

naar de steenblokken laten kijken. "De archeologie heeft wel zijn eigen wetenschappelijke methode", zegt Boudewijn Goudswaard, "maar moet hulp zoeken bij een heleboel andere wetenschappen. In de toekomst zullen meer van deze technieken worden gebruikt om 'in' vondsten te kijken. Omdat we steeds dieper in het materiaal kunnen doordringen, verdiepen we ons tegenwoordig meer in de

structuur ervan en minder in de vormgeving zoals vroeger."

Reconstructie van de bouw

De Romeinse brug bij Cuijk is blijkens de datering van het gevonden hout gebouwd in drie fasen in resp. 340, 369 en 398 na Christus. In 369, het jaar waaruit de meeste gevonden palen dateren, is de brug geheel geres- taureerd, terwijl er in 398 nog een kleine renovatie heeft plaatsgevon- den. Aardig is, dat het middelste jaar- tal klopt met historische gegevens, waaruit blijkt dat toen de Rijn grens en de achterliggende Maaslinie door de Romeinen werden hersteld.

De brug had maximaal 14 pijlers, waarvan er 6 zijn gevonden. De plaats van de pijlers blijkt heel exact door een Romeinse landmeter te zijn bepaald. Voor iedere pijler werden 150 palen geheid. Waarschijnlijk zijn daarvoor damwanden geslagen, zodat 'in den droge' gewerkt kon worden. Maar omdat de Maas een regenwater- rivier is, kunnen sommige plekken van de bouwplaats ook vanzelf al drooggevallen zijn.

De heipalen zijn van eikehout, dat in het stroomgebied van de Maas werd

gekapt in de winter of het vroege voorjaar van 368/369. Er zijn dikke en dunne palen. De dunne hadden geen dragende functie, maar moesten een raamwerk van balken op zijn plaats houden. Om ze bij het heien te beschermen tegen het zand en grind in de Maasbodem was een deel van de palen voorzien van een paal- schoen. Er zijn 60 van die paalschoe- nen gevonden.

Op de heipalen werd als onderdeel van de fundering een raamwerk van balken geplaatst. Van deze balken zijn er bij de opgraving enkele naast de heipalen gevonden. Vervolgens werd dit raamwerk afgevuld met brokken tufsteen als verankering met de Maasbodem.

Daarna werden op het raamwerk de steenblokken geplaatst die het pijler- lichaam vormden. Blijkens onderzoek aan slijpplaatjes van de gevonden blokken is de steen afkomstig uit het zuidelijke stroomgebied van de Maas. Er zijn aanwijzingen dat deze blok- ken eerst in een ander Romeins bouwwerk gebruikt zijn. De blokken zijn aan elkaar vastgemaakt met ijze- ren ankers, die zijn gefixeerd door vloeibaar lood in de anker-gleuven te gieten.

Nadat de pijlers gereed waren zijn de balken voor de overspanning ge- plaatst.

Met het gereedkomen van de brug van Cuijk (toen Ceuclum geheten) was voor de Romeinen een belangrij- ke wegverbinding gereed, en wel die tussen de belangrijke Romeinse ste- den Tongeren, Xanten en Nijmegen. Een verbinding die waarschijnlijk is afgebeeld op een van de oudste wegenkaarten die we kennen, de Peutingerkaart, die dateert uit de Romeinse tijd.

BOEKJE EN TENTOONSTELLING

In april verscheen bij uitgeverij Matrijs in Utrecht het boekje 'De Romeinse Brug tussen Cuijk en Middelaar' van Carin Barten en Joost Mioulet (72 blz., prijs fl. 24,95, ISBN 90 5345 046).

Aandacht voor de Romeinse brug bij Cuijk is er ook op de tentoonstelling 'Bataven, boeren & bondgenoten', die tot 17 juli wordt gehouden in het Noordbrabants Museum in 's-Herto- genbosch.