



# Noodoplossing en herstel stuw Grave

**Drooggevallen woonboten bij Genep en logistieke problemen voor ENCI en Nedcar: in de weken na de aanvaring van de stuw in Grave stonden de media er bol van. In dit artikel aandacht voor de vraagstukken en oplossingen van technische aard die de afgelopen vier maanden de revue passeerden. Ingenieursbureau Boorsma is vanaf begin 2017 nauw betrokken bij het tijdelijk herstellen van de stuwfunctie en de definitieve reparatie van de stuw. Verschillende noodmaatregelen zijn onderzocht, uiteindelijk is gekozen voor een breuksteendam. Bovenstrooms is het peil weer op niveau en in Grave wordt in-den-droge gewerkt aan het herstel van de steunberen.**

**Tekst:** IR. J. WESSELS, IR. T. HOEKSTRA,

**D**onderdagavond 29 december 2016 is een schip in dichte mist dwars door de stuw bij Grave gevaren. Hierdoor is een grote hoeveelheid water vanuit het bovenstroomse rivierpand weggelopen. Gevolg was dat de scheepvaart gestremd werd en bij verschillende fabrieken in Limburg logistieke problemen ontstonden.

## Stuw op de proef gesteld

Bovenstrooms van stuw Grave bevindt zich stuw Sambek, waar het verval over de stuw als gevolg van het incident fors groter werd. Bij de renovatie van stuw Sambek in 2007 is door Ingenieursbureau Boorsma al rekening gehouden met deze situatie (zie OTAR 2011-3). Uit voorzorg zijn na het incident te Grave voor Rijkswaterstaat nog extra controlebere-

keningen van de grondwaterstroming gemaakt in verband met het risico op piping. De bodemspecialisten van Boorsma hebben onderzocht of het uitspoelen van zand onder de stuw fundatie door te hoge stroomsnelheden van het grondwater deze fundatie uiteindelijk zou ondermijnen. Dit bleek niet het geval. In Sambek was de situatie volledig onder controle.

## Varianten voor tijdelijk herstel

Sinds 2013 is VolkerInfra (VolkerWessels) - Van Oord (VIVO) gecontracteerd voor het herstellen van schade en uitvoeren van onderhoud op en langs de Maas in het beheergebied van Rijkswaterstaat Limburg - perceel Noord. Gedurende de eerste dagen van 2017 zijn in het expertteam van Rijkswaterstaat, VIVO en Boorsma onder hoge tijdsdruk verschillende

noodmaatregelen bedacht, onderzocht en beoordeeld op uitvoerbaarheid, risico's en doorlooptijd. Van verschillende kanten zijn allerlei varianten aangedragen. Gedacht werd aan het afzinken van een groot ponton dat de beschadigde stuwopening af kon sluiten, het aanbrengen van een stapel betonnen vloerelementen voor het stroomgat, het plaatsen van stalen schotten of een tijdelijke damwandkering, het bouwen van een zeecontainerdam, enzovoorts. Binnen het expertteam was Boorsma verantwoordelijk voor de constructieve en waterbouwkundige beoordeling van deze varianten. Verschillende noodherstelmaatregelen vielen af in verband met de tijd die ontwerp en productie zou vergen of de mate waarin het werk aan de stuw fundering zelf gehinderd zou worden. Ook de kans dat niet-gesprongen explosieven uit de Tweede Wereldoorlog in de bodem aanwezig kunnen zijn, had grote invloed. Aanvankelijk was de mogelijkheid tot demobilisatie binnen 24 uur een hele belangrijke eis. Toen uit onderzoek van Deltares bleek dat de blijvende aanwezigheid van een kering in de noordelijke stuwopening (de stuw kent twee openingen) tijdens hoge afvoeren niet noodzakelijkerwijs problematisch zou zijn, werd deze eis minder van belang. Uiteindelijk is gekozen voor tijdelijk herstel van de stuwfunctie door middel van een breuksteendam.

## Ontwerp van de breuksteendam

Nadat de ontwerpuitgangspunten waren vastgesteld, voerde Boorsma controles uit ten aanzien van stabiliteit van de dam en de benodigde steensorteringen. Daartoe is de waterstroming over de dam bij hoge waterstanden onderzocht. De uitkomst van de berekeningen liet zien dat bij bepaalde afvoeren zeer sterke (superkritische) stroming achter en boven de dam zou optreden. Dit bleek ook in maart toen de afvoer op de rivier tijdelijk 700 tot 800 m<sup>3</sup>/s. bedroeg. In het hoogwaterseizoen kan de afvoer tot wel 2150 m<sup>3</sup>/s. toenemen (circa eens in de 10 jaar). Voor de bouw van de dam, met hoogte van 5,3 meter, een breedte aan de basis van 30 meter en 61 meter lengte, was meer dan 9000 ton breuksteen nodig. Na het opbouwen van de kern met breuksteen 10-60 kg. is een wipenrooster op geotextiel met waterdichte folie aangebracht. Aan bovenstroomse zijde is deze afgedekt met breuksteen in de sortering 10-60 kg. Op de kruin van de dam en op het benedenstroomse talud is in verband met de mogelijkheid van superkritische stroming de zwaardere sortering 300-1000 kg toegepast. Na gereedkomen van de breuksteendam was de bovenstroomse waterstand binnen 48 uur weer op pijl en kon de scheepvaart worden hervat.

## Versterking bodembescherming

Omdat de noordelijke stuwopening door de dam wordt afgesloten, stroomt de volledige Maasafvoer door het zuidelijke deel met een verhoogde stroomsnelheid langs oever en bodem tot gevolg. Bij afvoeren tussen de 500 en 1000 m<sup>3</sup>/s kan in de zuidelijke stroomopening schietend water ontstaan. In verband hiermee heeft Boorsma de versterking van het benedenstroomse stortbed door middel van nieuwe breuksteen en penetratie met colloïdaal beton voor VIVO uitgewerkt. Ook de taluds van de rivierbedding zijn hierin meegenomen.



**HERSTEL STUW GRAVE IN HET KORT:**

- Aanvaring op: 29 december 2016
- Scheepvaart hervat op: 23 januari 2017
- Breuksteendam: 5,3 x 30 x 60 m (H x B x L)  
9.000 ton  
38.000 kg
- Droogzetkuip: 38.000 kg
- Proefbelasting steunberen: 74.000 kg




**Boorsma**

## Inzet droogzetkuip

Een goed functionerende droogzetkuip is onontbeerlijk om de fundering van de stuw te kunnen inspecteren en herstellen. Op basis van de originele as-built documenten van de droogzetkuip te Sambek is een speciaal passend onderstuk voor de stuwvloer te Grave ontworpen. Vanwege de waterstandsverschillen over de kuip en de helling in de drempel bij Grave is de droogzetkuip verankerd door middel van in de beton geboorde stalen buizen. Deze buizen worden tevens gebruikt om de vijzelkracht van 74.000 kg. op te nemen. Met deze proefbelasting wordt de constructieve integriteit van de (herstelde) steunberen aangetoond. Door de circa 38 ton zware kuip aan één zijde te voorzien van opblaasbare drijvers met een drijfvermogen van circa 10 ton, werd het zwaartepunt vanuit het midden van de kuip naar de buitenzijde gebracht; hierdoor kon de kuip toch op de rivierbodem worden afgelaten zonder dat de hijskabels de bovenliggende verkeersbrug zouden raken. Op 6 april 2017 is de kuip op z'n eerste inspectie- en herstelpositie geplaatst.

## Demobilisatie bij hoge afvoer

De droogzetkuip kan blijven staan tot een afvoer van circa 1700 m<sup>3</sup>/s bij een bovenstroomse waterstand van NAP +8,5 m (0,5 m boven de kruin van de dam). Bij verwachte waterpeilen boven dit niveau wordt de kuip verwijderd en de kruin van de dam met één meter verlaagd om voldoende doorstroming te garanderen en de zuidelijke doorstroomopening te ontlasten. Op dat moment lopen ook de uiterwaarden nabij de stuw onder water en is er sprake van 'verhoogde afvoer'. ■

## Meer informatie:

videobeelden: <https://goo.gl/N01gzS>  
www.boorsma-consultants.nl