



## INNOVEREN IN DE LEERRUIMTE SSRS

### FLEXIBELE KRIBBEN VAN XSTREAM-BLOKKEN

Aannemerscombinatie BAM/Van den Herik, Deltares en Rijkswaterstaat werken als innovatieteam op gelijkwaardige wijze en in gezamenlijk eigenaarschap samen aan de verdere ontwikkeling van de flexibele krib met Xstream-blokken. Dit team werkt al langjarig samen als partners in de Leerruimte van het onderhoudscontract voor IJssel en Twentekanal (2015-2021).

In een Leerruimte werken overheden, bedrijfsleven, leveranciers en kennisinstelling gelijkwaardig samen. Als team zetten ze leer- en ontwikkelprocessen voor opschaling van innovaties in gang om zo in dit geval specifieke oplossingen voor het rivierbeheer te ontwikkelen.



#### KENMERKEN VAN DE KRIB MET XSTREAM-BLOKKEN

De flexibele krib is opgebouwd uit Xstream-blokken. Dit is een modulair en adaptief systeem. De grote broer, het Xbloc, wordt in de praktijk toegepast als kustverdediging. Het principe van het Xstream-blok is gelijk: als de blokken worden gestort, haken ze in elkaar en vormen een stevige constructie. Verankering is niet nodig en de blokken kunnen worden opgepakt, wat het eenvoudig maakt om de krib te verlengen of te verhogen.

Een krib met Xstream-blokken wordt gedeeltelijk waterdoorlatend. Circa 60% is open ruimte waardoor water en sediment tussen de blokken door kunnen stromen zonder dat de krib haar functie verliest. Dit beïnvloedt de rivierstroming en sedimentdynamiek rond de krib positief. Verder zijn de open ruimtes tussen de Xstream-blokken een goede habitat voor verschillende organismen.

De Xstream-blokken zijn niet eerder in zoetwatersystemen of als krib toegepast en worden daarom binnen de Leerruimte verder ontwikkeld.

#### BODEMEROSIE ALS OPGAVE

Bij de huidige rivierkribben spelen de volgende issues:

- Stabiliteit van de kribben worden door bodemerrosie negatief beïnvloed.
- Waterstandsverlaging en invloed op grondwaterstanden als gevolg van bodemerrosie.
- Meer opstuwing door hoger liggende kribben bij extreme rivierafvoer.
- Rivierafvoer neemt toe door klimaatverandering, huidige kribben zijn niet adaptief op afvoercapaciteit
- Grotere binnenvaartschepen veroorzaken meer schade aan kribben en oevers door golven.
- Er ontstaan lokale diepe ontgrondingskuilen die de vaargeul kunnen beïnvloeden.
- Schade door aanvaringen zijn nu niet eenvoudig te repareren en reparatie geeft hinder.

## FLEXIBELE KRIB VERSUS TRADITIONELE KRIB

De flexibele krib met Xstream-blokken kan veel van deze issues oplossen. We vergelijken in onderstaande tabel de voordelen ten opzichte van de traditionele kribben.

TRADITIONELE KRIB	↔	FLEXIBELE KRIB
Meerdere materiaalsoorten: geotextiel (bodembescherming), basalt, zand, stortsteen, grind, perkoenpalen en houten schotten		Eén materiaalsoort: beton. Dit is direct her te gebruiken, in diverse waterbouwkundige vormen
Gebruik van primaire grondstoffen, veelal afkomstig uit het buitenland		Minder CO <sub>2</sub> -uitstoot, gunstige LCC, mogelijk gebruik van secundaire materialen
Door de lange hellingen heeft de krib een groot volume en is veel materiaal nodig		Door inhaking is de krib steiler te construeren waardoor minder materiaal en minder primaire grondstoffen nodig zijn
Moeilijk aan te leggen en aan te passen aan de gevolgen van klimaatverandering		Makkelijk(er) aan te passen, te (her)modelleren bij aanleg en na schade
Ondoordringbare, vaste structuur		Vanwege de open ruimtes een habitat voor verschillende water- en landorganismen, verwachting op een positief effect op de ecologie van de rivier
Erosie bij de kribkoppen		Gunstige invloed op de lokale rivierdynamiek en daardoor productiever in rivieronderhoud: sneller en anders

Door te kiezen voor flexibele kribben nemen bovendien de kosten voor rivieronderhoud op meerdere manieren af:

1. Vanwege de waterdoorlatendheid van de flexibele krib zal het rivierwater voor een deel door de krib heen gaan. Door het ontbreken van bodembescherming kan het sediment makkelijker om de kribkop heen gaan. Daardoor neemt lokale erosie hier af en ontstaan er minder ondieptes, waardoor minder baggerwerk nodig is. De CO<sub>2</sub>-uitstoot en de kosten nemen hierdoor af.
2. Dankzij interlocking van de Xstream-blokken kunnen de flexibele kribben steiler worden gebouwd dan traditionele kribben. Hierdoor is minder materiaal nodig om de krib te bouwen.

## EEN INNOVATIETRAJECT

In het najaar van 2019 zijn drie flexibele kribben aangelegd in het zomerbed van de IJssel bij Kampen ter hoogte van kilometerraai 992. De Xstream-blokken zijn geproduceerd door partner BTE/De Meteor Beton. BAM Infraconsult was verantwoordelijk voor het ontwerp en de modellering en Van den Herik heeft met een duurzaam werkschip de realisatie gedaan. Deltares monitort en rapporteert op de onderzoeksvragen en –methoden en Aquatic Drones meet met een (autonoom) varend meetplatform.

Resultaten, kennis en ervaringen worden geborgd in het Innovatieportfolio met opgave- en innovatiekaarten. Deze worden gedeeld op [www.srs.info](http://www.srs.info).

## TRL

We hebben de voortgang gemeten door tijdens het traject naar het Technological Readiness Level (TRL) van de innovatie te kijken. Door een TRL vast te stellen, is het eenvoudiger een ontwikkeltraject uit te werken. Inmiddels zijn de volgende stappen gezet:

- **TRL2:** Het door BAM/Van den Herik ingediende idee was een concept. Voor de overgang naar een 'Proof of Concept' zijn de randvoorwaarden vastgesteld en vastgelegd in het Innovatieportfolio.
- **TRL3:** BAM/Van den Herik voerden samen met TU Delft de eerste proeven uit om inzicht te krijgen in waterdoorlating en bouwdimensies.
- **TRL4:** Deltares voerde in 2017 met de aangeleverde prototypen verdere testen uit en vergeleek de resultaten met die van traditionele kribben. Daaruit bleek dat er sprake was van minder wateroverslag over de krib en geringere ondieptes achter de krib. Niet alle aspecten – zoals impact op biodiversiteit en technische aannames - konden echter in het laboratorium onderzocht of gevalideerd worden.

- **TRL 5/6/7 – de slag naar de praktijk:** BTE/De Meteoer Beton produceerde eind 2018 de eerste Xstream-blokken. BAM en Van den Herik verzamelden hierdoor waardevolle informatie over het productieproces en de schaalbaarheid daarvan. Nabij Kampen werden potentiële proeflocaties gevonden en is in 2019 door Van den Herik de Xstream-blokken in 3 kribben aangelegd. In het traject van toetsen is onder meer met valproeven de robuustheid van de blokken getest en is getoetst of de flexibele krib voldoet aan de stabiliteit.

## SRL

Om een innovatie verder te brengen, is niet alleen de ontwikkeling van de technologie (TRL) belangrijk, maar ook de bereidheid van de omgeving om de innovatie daadwerkelijk toe te passen. Juist organisatorische aspecten als inkoop of draagvlak zijn namelijk meestal van doorslaggevend belang, en niet de technische. Dit noemen we het Stakeholder Readiness Level (SRL), uitgewerkt in een online tool ([www.srl-tool.nl](http://www.srl-tool.nl)).

Een SRL-analyse geeft in grote lijnen aan of een innovatie voldoende meerwaarde en draagvlak heeft en kans maakt om geïmplementeerd te worden. De analyse maakt ook duidelijk waar extra aandacht nodig is. Op basis van de uitkomsten kan een actieplan worden gemaakt, inclusief prioritering van de middelen in het innovatieproces. Is de innovatie zover dat grote investeringen gerechtvaardigd zijn? Door de SRL regelmatig te monitoren, meten we de voortgang van een innovatie op diverse fronten.

### SRL-analyse

Uit de eerste SRL-analyse van de flexibele kribben (2019) kwamen de volgende focus- en actiepunten naar voren:

1. Effectiviteit en duurzaamheid van de kribben inzichtelijk maken en verbeteren (CO<sub>2</sub>-uitstoot, gebruik als habitat).
2. Potentiële toepassingsgebieden en geïnteresseerde partijen in kaart brengen.
3. Inpasbaarheid van de innovatie onderzoeken (onder meer: moet de regelgeving aangepast worden?).
4. Investeringsbereidheid versterken.

Bij de start van de tweede fase voeren we weer een SRL-analyse uit.

## FASE 1

In deze fase hebben we veel geleerd en vele resultaten geboekt:

- Produceren Xstreamblokken: aangepast ontwerp voor de mal;
- Aanleggen: aanbrengen in plaats van storten;
- Monitoren op stabiliteit: de bodemligging veranderde nauwelijks;
- Monitoren op effecten op de waterbodem: geen of nauwelijks effect;
- Minder dan de helft aan CO<sub>2</sub>-uitstoot (voorlopige LCA).



## MEERDERE BELANGEN

Alle betrokken partners hebben – naast een gezamenlijk belang – eigen specifieke belangen in dit leer- en ontwikkeltraject:

- **Rijkswaterstaat** dient met het traject haar Kompas, de focuspunten Klimaatadaptie, Duurzaamheid en Leefomgeving (gebiedspartner, circulair) en Opgavegericht Samenwerken (De Werf, Markt in Transitie en Buiten Beter).
- Voor **Deltares** is het verbinden van praktijkonderzoek en beleid (een verwachting vanuit het Ministerie van IenW) een belangrijk doel, evenals het ontwikkelen, borgen en delen van kennis op systeemniveau. Daarnaast kunnen verschillende onderzoeksprogramma's (sedimenttekort, IRM, circulariteit sediment, sediment sturende middelen) via het traject met elkaar worden verbonden en tot gepubliceerde resultaten leiden.
- Voor **BTE/De Meteoer Beton** biedt de pilotfase de kans om nieuwe prefab producten te ontwikkelen, verschillende (duurzame) mengsels te onderzoeken en door te ontwikkelen naar een meer industrieel productievolume. Dit draagt bij aan de eigen duurzaamheidsdoelstellingen.
- **BAM Infraconsult** kan dankzij de proeftuin innovatieve duurzame concepten op het gebied van klimaatadaptatie en sedimentsturing in de praktijk onderzoeken en testen. De doorontwikkelde concepten hebben waarde in Nederland en – wereldwijd toepasbaar – als exportproduct van de Nederlandse deltatechnologie.
- **Van den Herik** wil vooroplopen met (technische) innovaties op het gebied van duurzaam rivierbeheer. Diverse prestatiecontracten op rijkswateren in portefeuille maken het mogelijk om innovaties onderling uit te wisselen en verder uit te bouwen. De proef met de Xstream-blokken levert waardevolle informatie op over uitvoeringsmethoden en toepassingsgebieden.
- **Aquatic Drones** heeft een commercieel belang en wil een duurzaam varend meetplatform ontwikkelen dat - eenmaal geaccepteerd - autonoom kan opereren.
- **Beeliners** heeft een commercieel belang en kan dankzij deze leeromgeving ervaring opdoen met de sensoriek binnen rijkswateren. Op basis daarvan kunnen producten verder doorontwikkeld worden.

## SAMENWERKINGSVERBAND

Om de gezamenlijke en individuele doelen te dienen, is gekozen voor een portfolioaanpak om over contracten heen te blijven leren en ontwikkelen. Voor de verdere ontwikkeling van de flexibele krib is binnen de Leerruimte een samenwerkingsverband aangegaan met financieringsafspraken voor de verschillende fases. Elke betrokken partner heeft, passend bij de eigen belangen, bijdrages gedaan in geld, middelen en/of uren. De partners hebben een intentieovereenkomst met inspannings- en resultaatverplichtingen afgesloten. Dit samenwerkingsverband gaat als innovatieteam verder in de Leerruimte van het nieuwe prestatiecontract.

## VOORUITBLIK OP FASE 2

In fase 2 wordt de huidige krib met 13 meter verlengd, overeenkomstig de lengte van de naastgelegen kribben. Hiervoor zijn circa 15.000 Xstream-blokken nodig, waarvan er 7.000 uit de twee andere flexibele kribben komen. De overige worden nieuw geproduceerd met drie verschillende, duurzamere mengsels bestaande uit CEM III, geopolymer en een minimale hoeveelheid CEMI. Deze zijn getoetst op essentiële producteigenschappen als valbestandheid en vorst- en dooibestandheid. De mengsels hebben een 40% lagere CO<sub>2</sub>-footprint.

Verdere specificaties van de aan te passen krib:

- Kruinhoogte 1.0+ NAP
- Kruinbreedte 1.0 meter
- Taludhelling 1:1
- Porositeit 60%

## LEERDOELEN

Een jaar na aanleg (van de aangepaste krib) willen we de volgende inzichten hebben verworven, in vergelijking met traditionele kribben:

- Wat zijn de effecten op de ecologie (flora en fauna)?;
- Wederom, hoe stabiel is de flexibele krib (in verband met veiligheid)?;
- Wat is de optimale hellingshoek (acceptatieniveau voor onderhoud)?;
- Wat is het aandeel open ruimtes (hoeveelheid organisch en anorganisch materiaal ten behoeve van onderhoud)?;
- Wat is de ruwheid (hoogwaterveiligheid)?;
- Wat zijn de effecten op de bodemligging?;
- Hoe duurzaam zijn de Xstream-blokken (drie mengsels)?;
- Wat is een LCA van de krib?

## TOEKOMSDROMEN

Een belangrijke volgende stap is een botsproef.

Tevens willen we verkennen en onderzoeken in welke vorm(en) de Xstream-blokken nog effectiever kunnen zijn.

Resultaten, kennis en ervaringen worden geborgd in het Innovatieportfolio met opgave- en innovatiekaarten. Deze worden gedeeld op [www.ssrs.info](http://www.ssrs.info).

De stip op de horizon is een optimale krib die in samenhang met andere kribben de vaargeul op bevaarbare diepte houdt, de oevers tegen erosie beschermt en de rivier op haar plek houdt.