

## Cast Glass Architecture in Extreme Conditions

Bristogianni, T.; Oikonomopoulou, F.

**Publication date**

2022

**Document Version**

Final published version

**Published in**

Detail (German Edition): Zeitschrift für Architektur & Baudetail

**Citation (APA)**

Bristogianni, T., & Oikonomopoulou, F. (2022). Cast Glass Architecture in Extreme Conditions. *Detail (German Edition): Zeitschrift für Architektur & Baudetail*, 10.2022.

**Important note**

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).  
Please check the document version above.

**Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

**Takedown policy**

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.  
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

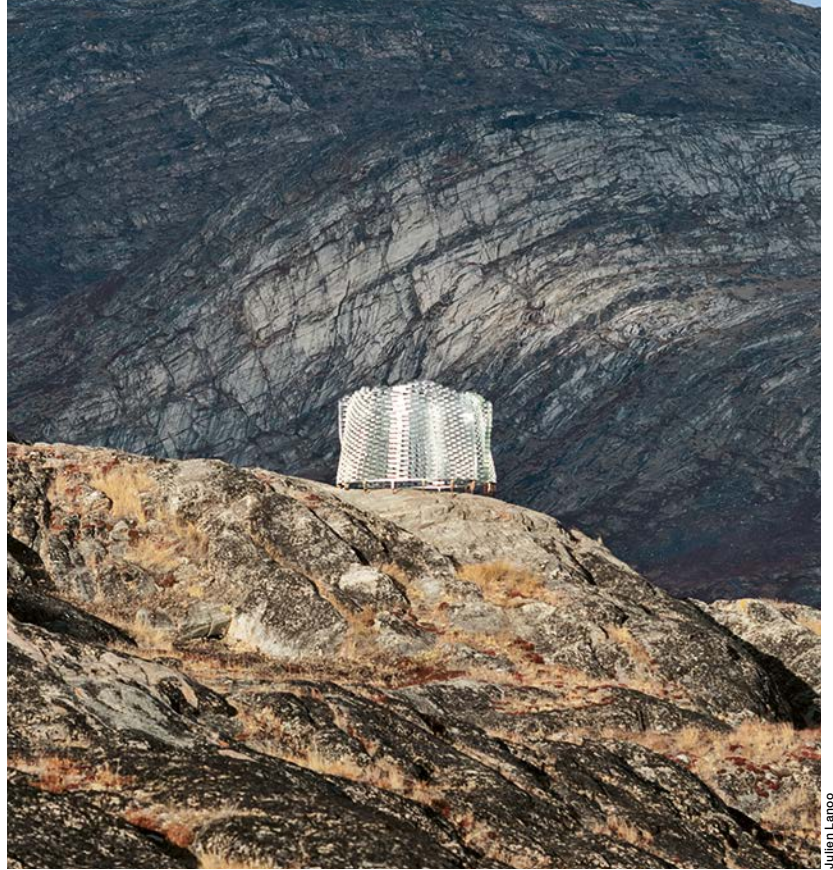
***Green Open Access added to TU Delft Institutional Repository***

***'You share, we take care!' - Taverne project***

**<https://www.openaccess.nl/en/you-share-we-take-care>**

Otherwise as indicated in the copyright section: the publisher is the copyright holder of this work and the author uses the Dutch legislation to make this work public.

**Der Qaammat-Pavillon im Westen Grönlands besteht aus miteinander verklebten Glasbausteinen. Seinem Bau ging eine umfangreiche Materialforschung voraus.**  
 The Qaammat Pavilion in the west of Greenland consists of adhesively bonded glass blocks. Its construction was preceded by extensive materials research.



Julien Lanoë

Text: Telesilla Bristogianni, Faidra Oikonomopoulou

## Gussglasarchitektur im Extremklima      Cast Glass Architecture in Extreme Conditions

Der von Konstantin Ikonomidis entworfene Glaspavillon bildet einen Außenposten der Zivilisation in der Felslandschaft Westgrönlands.

The glass pavilion by Konstantin Ikonomidis forms an outpost of civilization in the rocky landscape of Greenland's west coast.

Mit dem Qaammat-Pavillon hat der schwedische Architekt Konstantin Ikonomidis ein Wahrzeichen am Rande von Sarfannguit geschaffen, einer Fischer-siedlung mit etwa 100 Einwohnern im Unesco-Welt-erbe Aasivissuit-Nipisat etwas nördlich des Polar-kreises. Die Skulptur besteht aus zwei geneigten, halbkreisförmigen, perforierten Wänden mit einer Höhe von etwa 2 m und einem Durchmesser von 3,2 m. Sie setzt sich aus rund 1100 massiven, mitei-nander verklebten Gussglassteinen im Maß 240 × 110 × 53 mm zusammen und ist auf bogenförmigen Stahlplatten errichtet. Diese werden von Edelstahl-stäben getragen, die direkt in Bohrlöchern im darun-

The Qaammat Pavilion, con-ceived and designed by architect Konstantin Ikonomidis, aims to create a landmark in the outskirts of Sarfannguit, a small fishing settlement of around 100 inhabit-ants within the Aasivissuit – Nipisat Unesco World Heritage Site, slightly north of the Arctic

Circle. The adhesively-bonded glass block sculpture consists of two inclined semi-circular, perforated walls, roughly 2 m in height and 3.2 m in diameter. Comprising circa 1,100 solid cast glass bricks (240 × 110 × 53 mm), it is erected on top of arc-shaped steel plates, supported by stain-

ter liegenden Felsen verankert sind – eine Methode, die der lokalen Wohnungsbauarchitektur entlehnt ist.

### Die Herausforderung

Gussglaskonstruktionen sind komplex zu realisieren. Es gibt keine Standardlösungen für den Bau, schon gar nicht in der rauen Natur des Polarkreises. Im November 2020 wandte sich der Architekt daher an die Glass Group der Technischen Universität Delft, um bei der Entwicklung eines geeigneten Klebesystems zu helfen. Der Qaammat-Pavillon unterschied sich von anderen Projekten, an denen die Gruppe bis dato gearbeitet hatte wie etwa der Fassade der Crystal Houses in Amsterdam von MVRDV. Dort erforderten die gewünschte hohe Festigkeit und Transparenz die Verwendung eines UV-härtenden Klebstoffs mit einer Auftragsdicke von praktisch Null, was eine sorgfältige, hochkontrollierte Bauweise und ein hochqualifiziertes Team erforderte. Der Qaammat-Pavillon musste dagegen mit einem begrenzten Budget und unter Mithilfe der örtlichen Bevölkerung gebaut werden und die Verklebung entsprechend einfacher sein. Gewünscht war ein Klebstoff mit ausreichendem Fugenfüllvermögen, um mögliche Größenunterschiede der Glassteine während des Baus auszugleichen, ähnlich wie bei Mörtel im normalen Mauerwerk. Die abgelegene Lage des Pavillons erschwerte außerdem den Zugang zur Baustelle. Dort fehlte es an Elektrizität und anderen Hilfsmitteln, so dass geregelte Temperatur- und

less steel bars anchored through drilled holes in the rock below, a method borrowed from local housing architecture.

### The challenge

Cast glass structures are already complex in their realization, lacking standard building solutions, let alone in the harsh nature of the Arctic Circle. In November 2020, the architect contacted the TU Delft Glass Group, known for its expertise in structural cast glass, to assist in developing a suitable bonding system. It was

**Rund 1100 Glassteine wurden in der Konstruktion verbaut. Die miteinander verklebten Steinlagen ruhen auf zwei Trägerplatten, die im Fels verankert sind.**

Around 1,100 glass blocks were used in the construction. The bonded glass block layers rest on two steel plates anchored in the rock.

instantly evident that the Qaammat Pavilion was different to other projects the group had worked on, such as the Crystal Houses facade in Amsterdam, where high strength and transparency demanded the use of a UV-curing adhesive of virtually zero application thickness, imposing a meticulous, highly-controlled construction by a highly-skilled crew. Because the Qaammat Pavilion had to be built under a limited budget and with the aid of the local population, it required a simple bonding system. An adhesive with sufficient gap-filling capacity to accommodate possible discrepancies in the size of the bricks during construction was desired, similar to the function of mortar in standard brickwork. Moreover, the pavilion's remote location on top of a rocky hill implied a complicated access and the absence of electricity and of other commodities conventionally available in construction sites; thus, regulated temperature and humidity conditions could not be guaranteed. Adding to this, the adhesively-bonded pavilion needed to withstand temperatures as low as  $-35^{\circ}\text{C}$ .

### Experimental testing

This unique set of project parameters directed the TU Delft team towards two-component silicone and polyurethane adhesives as the most suitable candidates. They typically present tensile and shear strength higher than 1MPa, excellent stability of mechanical properties over a broad temperature range, and an increased gap-filling capacity. Based on a more exhaustive list of performance criteria, the researchers compiled a shortlist of readily-



Julien Lanoë

Feuchtigkeitsbedingungen nicht garantiert werden konnten. Hinzu kommt, dass der geklebte Pavillon Temperaturen bis zu  $-35^{\circ}\text{C}$  standhalten sollte.

### Experimentelle Prüfung

Aufgrund dieser ungewöhnlichen Rahmenbedingungen identifizierte das Team der TU Delft Zweikomponenten-Silikon- und Polyurethanklebstoffe als die am besten geeigneten Kandidaten. Sie weisen in der

**Architektur**  
Architecture:  
Konstantin Ikonomidis  
(Konstantin Arkitekter)

**Bauherr** Client:  
Qeqqata Komunia,  
Unesco World Heritage  
Aasivissuit-Nipisat

**Mitarbeit** Collaboration:  
Sisimiut Museum

**Sponsoren** Sponsors:  
NAPA, The Nordic Institute in Greenland,  
Dreyers Foundation,  
Dow, WonderGlass

**Forschung zur Glasverklebung** Research  
on glass bonding

**Auftraggeber** Client:  
Konstantin Arkitekter

**Forschungsteam TU Delft** TU Delft research team:  
Telesilla Bristogianni,  
Faidra Oikonomopoulou,  
Mariska van der Velden

**Mitarbeit** Collaboration:  
Valérie Hayez, Burak Akin Aksoy (Dow Silicones Belgium)

Regel eine Zug- und Scherfestigkeit von mehr als 1 MPa, eine ausgezeichnete Stabilität über einen breiten Temperaturbereich und ein erhöhtes Fugenfüllungsvermögen auf. Auf Basis einer breiteren Liste von Kriterien stellten die Forscher eine Vorauswahl bereits erhältlicher Klebstoffe zusammen. Darunter war auch ein Produkt von Dow Silicones Belgium, das vom Unternehmen an die gewünschten Eigenschaften angepasst wurde. Um die Aushärtungszeit und Montagefreundlichkeit der Klebstoffe zu bewerten, führten die Forscher an der TU Delft Anwendbarkeits-tests mit je zwei verklebten Glasbausteinen durch. Anschließend wurden Schertests sowohl bei Labor-temperatur als auch bei  $-5^{\circ}\text{C}$  durchgeführt.



Faidra Oikonomopoulou

Zur Überprüfung der Scherfestigkeit führte das Forschungsteam der TU Delft Tests mit je zwei verklebten Glassteinen durch.

To evaluate the shear strength, researchers at TU Delft carried out mechanical tests on bonded glass blocks.

### Endgültige Wahl des Klebstoffs

Nach Auswertung der Versuchsergebnisse wurde der von Dow speziell für dieses Projekt formulierte Dowsil Experimental Fast Curing Adhesive mit einer Scherfestigkeit von ca. 1 MPa, einem Spaltfüllvermögen von 3 mm und weißer Farbe für die Verklebung des größten Teils des Pavillons ausgewählt. Zugunsten eines schnelleren Baufortschritts änderte Dow das Mischungsverhältnis des Klebstoffs. Dieser bindet nun nach 18 Minuten ab und erreicht seine volle Festigkeit nach 24 Stunden. Nur die neun unteren Steinreihen des Pavillons wurden mit einem anderen Klebstoff mit höherer Scherfestigkeit verklebt, was an dieser Stelle aufgrund der geringeren Überlappung der Glassteine notwendig war.

Zur Validierung der Klebemethode errichteten das Forschungsteam der TU Delft und der Architekt ein  $0,8 \times 0,8$  m großes Wandsegment. Daran zeigte sich, dass der Klebstoffauftrag und das Versetzen der Steine binnen 3–5 Minuten erfolgen mussten, um eine gute Haftung zu gewährleisten.

available adhesives. They also collaborated with Dow Silicones Belgium, who customized one of their existing adhesives to match the desired performance. To evaluate the curing time and ease of assembly of each adhesive, applicability tests – by bonding two glass bricks together – were performed at TU Delft. Afterwards, shear tests were conducted both at lab temperature conditions and at  $-5^{\circ}\text{C}$ .

### Final adhesive choice

After evaluating the experiment findings, Dowsil Experimental Fast Curing Adhesive, formulated specifically for this project by Dow, with a shear strength of circa 1 MPa, 3 mm gap filling capacity, and white colour, was selected for bonding most of the pavilion. To enable fast construction, Dow modified the mixing ratio of the adhesive to achieve a set time of 18 minutes and full

strength at 24 hours. Only the 9 bottom rows of the pavilion were bonded by a different adhesive with a higher shear strength, which was necessary in this location due to the reduced overlapping of the bricks.

To test the bonding method, a  $0.8 \times 0.8$  m wall segment was built by the researchers and the architect at TU Delft. The prototype showed that the application of both adhesives was simple and fast: the dispersing and brick placement had to be done within 3 to 5 minutes to ensure proper adhesion.

### Logistical challenges

Due to the extremely limited budget, the realization of the project relied heavily on volunteer work and material contributions. Wonderglass provided the bricks at cost price, and Dow Silicones Belgium developed and sponsored the final adhesive. TU Delft



Faidra Oikonomopoulou



Faidra Oikonomopoulou

Der Klebstoff sollte sich leicht verarbeiten lassen, auch ohne UV-Bestrahlung schnell aushärten und vor allem Temperaturen bis  $-35^{\circ}\text{C}$  standhalten.

The adhesive had to be easy to process, cure quickly even without UV exposure, and, above all, withstand temperatures down to  $-35^{\circ}\text{C}$ .

contributed in-kind research, development and testing of the shortlisted adhesives. The specialized materials and equipment for the building site were first shipped to the town of Sisimiut, then taken to Sarfannguit by fishing boat and transported by quad motorbikes to the site, a kilometre uphill from the settlement's harbour.

The bonding of the glass pavilion started in August 2021. A water-resistant tent was erected to protect the structure from

### Bauliche und logistische Herausforderungen

Aufgrund des äußerst begrenzten Budgets war die Realisierung des Projekts in hohem Maße auf ehrenamtliche Arbeit und Materialspenden angewiesen. Wonderglass stellte die Ziegel zum Selbstkostenpreis zur Verfügung und Dow Silicones Belgium entwickelte und sponserte den Klebstoff. Die TU Delft trug mit Sachleistungen zur Entwicklung und Prüfung der ausgewählten Klebstoffe bei. Die Materialien und die Ausrüstung wurden zunächst in der Stadt Sisimiut verschifft, dann mit Fischerbooten nach Sarfanguit gebracht und mit geländegängigen Quads auf die Baustelle transportiert, die rund 1 km bergauf vom Hafen der Siedlung liegt.

Die Errichtung der Glasbausteinwände begann im August 2021. Um die Konstruktion vor widrigen Wetterbedingungen und Staub zu schützen, wurde ein wasserfestes Zelt aufgestellt. Ein tragbarer Gaskocher zur zusätzlichen Beheizung gewährleistete optimale Klebebedingungen. Die beiden Forscherinnen der TU Delft reisten nach Grönland, um den Architekten und die Einheimischen bei der Verklebung der ersten 12 von etwa 35 Steinreihen zu unterstützen. Die vom Architekten geleiteten weiteren Bauarbeiten fanden Ende September 2021 ihren Abschluss, kurz bevor der erste Schnee fiel. Anfang Oktober wurde der Pavillon der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.



Fátima Oikonomopoulou

adverse weather conditions and dust, and a portable gas stove was installed for additional heating, ensuring desirable gluing conditions. The two TU Delft researchers travelled to Greenland to assist the architect and locals in bonding the first 12 rows of

approximately 35 of the walls. The construction, coordinated and led by the architect, was completed at the end of September 2021, just before the first snowfall, and the pavilion opened to the public in early October 2021.



**KLEUSBERG**

**DENKBAR,  
ALSO  
MACHBAR.**

Ihre Ideen modular umgesetzt.

Ihre Bauherren wünschen sich eine ästhetische, wirtschaftliche und nachhaltige Architektur. Modulares Bauen von KLEUSBERG bietet Ihnen alle Möglichkeiten zur Umsetzung Ihrer Ideen. Entdecken Sie neue Freiräume: [kleusberg.de/modulbau](https://kleusberg.de/modulbau)



KLEUSBERG Modulbauweise jetzt mit allgemeiner Bauartgenehmigung vom DIBt. Vereinfacht die Genehmigung, bietet maximale Sicherheit beim Brandschutz: [kleusberg.de/abg](https://kleusberg.de/abg)