

Stormvloedkeringen

Altijd van staal of is rubber beter?



Bas Reedijk

Den Haag, 18 oktober 2016

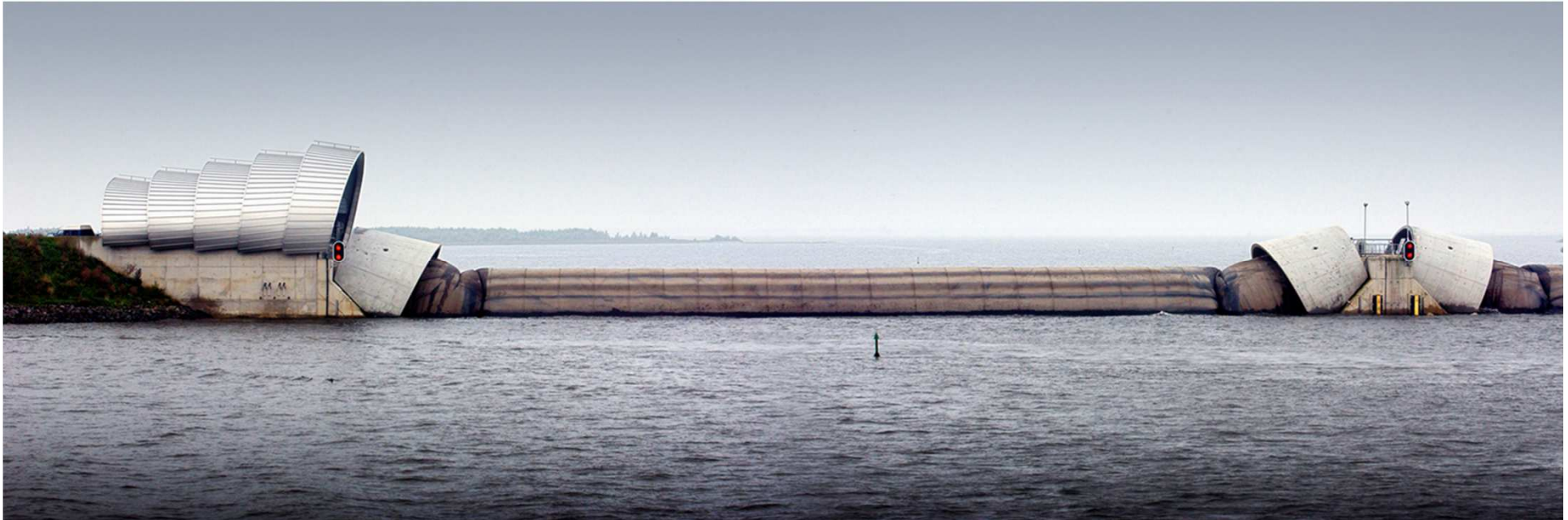
Stormvloedkering van staal, Hartelkering



- Wel rubberen afdichtingen in hydraulische cilinders

Stormvloedkeringen altijd van staal, of is rubber beter?

Stormvloedkering van rubber, Ramspol



- Wel stalen klemmen, bouten en geleiderollers
- Enige rubberen stormvloedkering ter wereld

Stormvloedkeringen altijd van staal, of is rubber beter?

Waarom zijn nieuwe stormvloedkeringen altijd van staal?

- Conservatisme
- Track record
- Gewoonte
- Onbekendheid
- Vooroordelen

- Staal is sterker?
- Rubber is minder betrouwbaar?

Soms is rubber beter (of toch liever houten wielen?)



Stormvloedkeringen altijd van staal, of is rubber beter?

Soms is rubber beter (of liever aluminium wielen?)



- We vertrouwen hier wel op rubber?

Stormvloedkeringen altijd van staal, of is rubber beter?

Rijkswaterstaat: De schuiven van de Hartelkering zijn van staal en gevoelig voor roest (2016)



- Vanwege milieu is lokaal onderhouden moeilijk
- Dus elke 20 jaar demonteren

Onderhoud en beheer van de Oosterscheldekering kost 10 tot 18 miljoen Euro/jaar (gegevens 2006)



- 62 schuiven
- Eerst demontage voor onderhoud
- Nu elke 20 jaar schuif inpakken
- Dus continu onderhoud
- Zoutspray

Ingepakte schuiven Oosterschelde (Rijkswaterstaat)



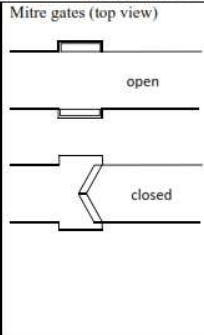
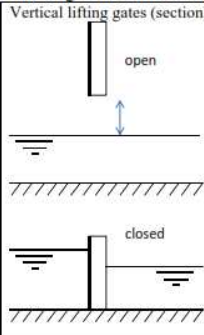
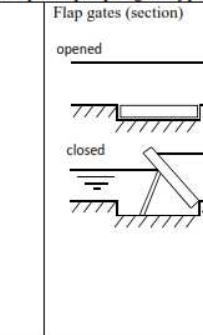
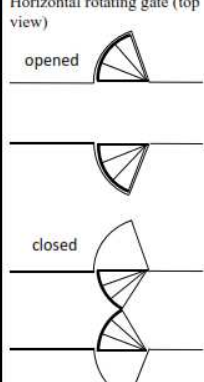
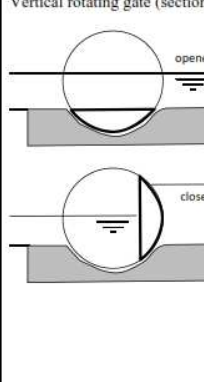
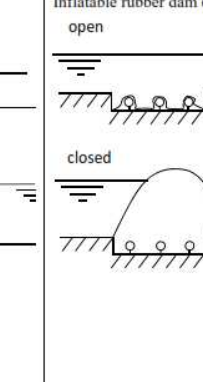
Stormvloedkeringen altijd van staal, of is rubber beter?

Veel verschillende tabellen met afweging voor keuze stormvloedkering

- Overall ter wereld worden stormvloedkering overwogen/gepland/gebouwd
- Keuzes zijn niet altijd eenduidig/helder

An overview and comparison of navigable storm surge barriers, Dircke et al, 2012

Table 3. Schematic drawing with basic functional principle per gate type.

<p>Mitre gates (top view)</p> 	<p>Vertical lifting gates (section)</p> 	<p>Flap gates (section)</p> 
<p>Horizontal rotating gate (top view)</p> 	<p>Vertical rotating gate (section)</p> 	<p>Inflatable rubber dam (section)</p> 

- Vergelijking van stormvloedkeringen op eigenschappen

Thames Barrier



- Horizontale as
- Horizontal rotating?
- Nu ook voorgesteld voor Nieuwpoort en Boston, UK
- Hoe stralen en coaten?
- 6 miljoen GBP per jaar onderhoud en beheer

Maeslantkering



Stormvloedkeringen altijd van staal, of is rubber beter?

- Verticale as
- Vertical rotating?
- Deuren in droogdok voor makkelijker onderhoud

An overview and comparison of navigable storm surge barriers, Dircke et al, 2012

Table 11. Comparison of gate type characteristics

	Mitre	Vertical lift	Flap	Horizontal	Vertical rotate	Rubber
Span > 30m	-	+	+	+	+	+
Span > 100m	-	-	+	+	-	-
Water depth > 10m	+	+	+	+	+	-
Impact upon landscape	+	-	+	+	-/+	+
Maintenance	+	+	-	0	+	0
Currents and waves	-	+	0	0/+	0/+	0
Closure time	+	+	+	+	+	0/-
Space required	+	+	+	-	+	+
Colliding ships	0/-	+	+	0/-	+	0
Reliability	-/+	+	0/+	-/+	+	0
Clearance height	+	-	+	+	-/+	+

Legend: - Not favorable up to not feasible; 0/-: Below average / vulnerable; 0: Average / possible; 0/+ : Above average; +: Favorable / proven technology; -/+ : Score depends on design choices and conditions.

Thames Barrier



- Maintenance = +?

Stormvloedkeringen altijd van staal, of is rubber beter?

An overview and comparison of navigable storm surge barriers, Dircke et al, 2012

Table 10. Favourable and unfavourable aspects of inflatable rubber dams

Favourable	Unfavourable
Structural aspects, layout and operation	
No limitation of span No clearance height limitation Not subjected to wind Little space required Direct transfer of hydraulic load Invisible when not in use No need for hinges and driving system	Flexible structure, low frequencies, small stiffness, great mass Internal pressure determines stability Control of storage and immersion of rubber sheet Not suitable for deep water Difficult inspection, maintenance and replacement of rubber sheet Vulnerable to vandalism
Hydraulic and hydrodynamic aspects	
Vertical closure of the flow opening Not sensitive to silting of sill	Ships or objects collision Strong flow contraction in last stage Considerable response to wave loads No spill of excess water; overflow vibrations

An overview and comparison of navigable storm surge barriers, Dircke et al, 2012

Table 5. Favourable and unfavourable aspects of vertical lifting gates

Favourable	Unfavourable
Structural aspects, layout and operation	
Large gate span (up to 300 feet) Little space required Controlled operation under flow and wave Raised gate accessible for maintenance Proven concept	Limited clearance height for shipping Raised gate subject to wind load Water depth versus gate height Wheel gates weak spot, wearing Smooth slide required versus growth underwater
Hydraulic and hydrodynamic aspects	
Vertical closure Discharge of excess water Overflow and reverse flow acceptable Underside free of sill Limited vertical flow forces and wave loads	Sensitivity to vibrations Small stiffness during operation Subject to down-pull flow forces and wave loads

Protecting Nieuwpoort against Floods, Maan, 2013

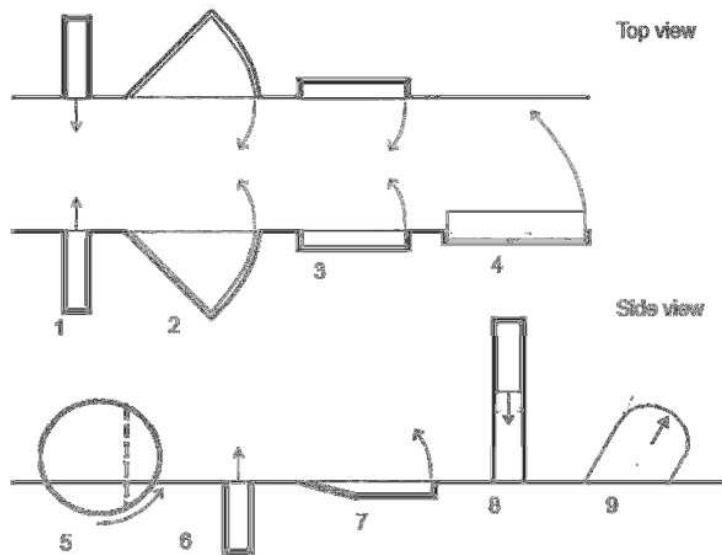


Figure 30. Schematic representation of different barrier types.

Stormvloedkeringen altijd van staal, of is rubber beter?

Protecting Nieuwpoort against Floods, Maan, 2013

Table 16. Scores per barrier for the chosen weighing factors.

		Barrier type	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Weighing factor											
Retaining height	5		15	15	10	15	15	5	5	15	0
Clearance height	4		16	16	16	16	12	16	16	0	16
Width	5		10	15	5	10	15	10	20	15	20
Visible structures	2		6	6	6	6	6	8	8	0	6
Sedimentation	3		6	6	6	3	6	3	3	9	3
Complexity of closing system	4		12	4	12	12	12	4	8	16	8
Strong flow and high waves	4		0	16	0	4	16	0	4	16	8
Closing time	3		9	6	9	3	12	9	9	12	6
Hinder during construction	2		8	8	8	8	2	0	0	6	2
Leakage	4		12	0	12	16	12	12	0	12	8
Maintenance	2		8	6	4	4	6	0	0	6	0
Proven concept	1		4	3	4	2	3	0	0	4	0
Damage	1		4	4	3	3	1	1	1	3	1
Total:			110	105	95	102	118	68	74	114	78

1. Sliding, 2 doors
2. Rotating, 2 doors
3. Mitre, 2 doors
4. Rotating 1 door
5. Rotating horizontal
6. Vertical door (bed)
7. Flap
8. Lifting
9. Rubber dam

Life Cycle Costs: A comparison between inflatable and traditional barriers, van der Valk 2014

	Mitre gate	Vertical lifting	Flap	Horizontal rotating	Vertical rotating	Inflatable
Span > 30m	-	+	+	+	+	+
Span > 100 m	-	-	+	+	-	+
Water depth > 10 m	+	+	+	+	+	+
Impact upon landscape	+	-	+	+	-/+	+
Maintenance	+	+	-	0	+	+
Currents and waves	-	+	0	0/+	0/+	0
Closure time	+	+	+	+	+	+
Space required	+	+	+	-	+	+
Colliding ships	0/-	+	+	0/-	+	0
Reliability	-/+	+	0/+	-/+	+	0
Clearance height	+	-	+	+	-/+	+

- Andere kijk
- Aanvaring?

Table 2: Updated version of table 3.1: - Not favorable up to not feasible, 0/- Below average/vulnerable, 0 Average/possible, 0/+ Above average, + Favorable/proven technology, -/+ Score depends on design choices and conditions (updated version of (Dircke, Jongeling, & Jansen, 2012, Table 11))

Life Cycle Costs: A comparison between inflatable and traditional barriers, van der Valk 2014

- For an inflatable barrier at the Hartel location both the construction- and the maintenance costs are lower compared to the original vertical lifting gate barrier. Over the total life cycle a cost reduction of 15% to 20% could be achieved (see table 1). The LCC with a 95% confidence level (upper bound) for the inflatable barrier is still about €8 million less lower than the LCC for the original barrier with a confidence level of 5% (lower bound).

Barrier	Construction	PV maintenance (mean)	Total PV (mean)	PV (5%)	PV (95%)
Hartel	€63.700.000	€36.600.000	€100.300.000	€95.700.000	€104.900.000
Inflatable Hartel	€58.400.000	€24.700.000	€83.100.000	€78.700.000	€87.500.000

Table 1: Present Value for construction costs, maintenance costs and the total LCC and the 5% and 95% confidence levels (2014 price level)

Life Cycle Costs: A comparison between inflatable and traditional barriers, van der Valk 2014

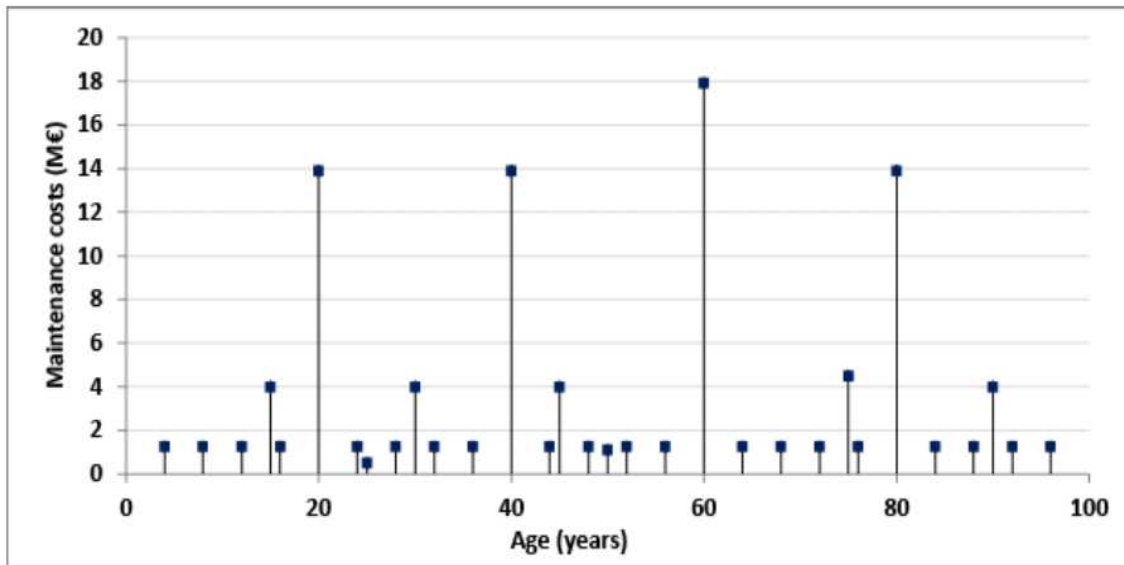


Figure 7.10: Maintenance costs for the Hartel barrier. These costs are not discounted and are to illustrate when costs occur the occurrence cost of drivers

- Kosten onderhoud deuren is maatgevend
- Elke 20 jaar demontage
- Bij Ramspol vervanging membraan verwacht na 37.5 jaar
- Balgstuw noodwaterkering Weespertrekvaart na 40 jaar vervangen

Rubberen stormvloedkering minder geschikt voor golven?



- Autoband toch juist geschikt voor dynamische belastingen?

Sterke stroomcontractie tijden sluiten?



- Aan het oppervlak
- Bij hefdeuren bij de bodem

Thames Barrier



- Geen stroomconcentratie?
- Geen trillingen?

Stormvloedkeringen altijd van staal, of is rubber beter?

Rubber is ook een optie!



Stormvloedkeringen altijd van staal, of is rubber beter?

Conclusie

- Doe de keuze voor een type stormvloedkering zo objectief mogelijk
- Neem onderhoud mee in de afweging
- Sta open voor nieuwe technieken

Succes!