

Het skûtsje "Elisabeth" na de verbouwing Foto Hajo Olij.



# Optimalisatie van het skûtsje *Elisabeth*

Tekst en illustraties: Pieter van Oossanen en Niels Moerke,  
Van Oossanen & Associates b.v.

Binnen de vloot van traditionele schepen is een bijzondere groep schepen aanwezig: Skûtsjes. Met deze vrachtaarders van begin vorige eeuw worden tegenwoordig zeer fanatiek wedstrijden gezeild (niet alleen binnen de bekende SKS klasse). Men doet er alles aan om deze schepen zo snel

mogelijk te maken. In het kader hiervan is het skûtsje *Elisabeth* van Karel Kuiper geoptimaliseerd binnen de bestaande reglementen van de IFKS, in samenwerking met Van Oossanen & Associates b.v. Het skûtsje *Elisabeth* en haar bemanning zeilen in de A – klein van de IFKS.

## GESCHIEDENIS

In 1995 woonde Karel Kuiper op een woonboot in Amsterdam. Deze woonboot was echter in slechte staat en hij moest op zoek naar een andere boot. Toen hij een bordje "Te koop" zag bij een arkje dacht hij meteen met een bijzonder tjalkje te maken te hebben, maar toen hij het nummer op de romp naging bleek het een skûtsje te zijn dat in 1903 gebouwd was bij Bijlsma in Warten. "Ik was meteen verrukt. Ongelooflijk, ligt daar zomaar een skûtsje te koop", was zijn reactie. De verkoper toonde zich verbaasd dat hij zo'n interesse had. De opbouw was niet veel waard. De eigenaar vertelde dat hij moest toe-betalen bij de oud ijzerboer. Het schip kon voor weinig geld worden gekocht.

Eerst moest 18 ton afval, voornamelijk stoepbranden, uit het schip worden gehaald. "Die man had die stoepbranden in het schip gelegd om het even hoog te krijgen als de kade", legt Karel Kuiper uit. "Toen het schip leeg was, kwam het tachtig centimeter omhoog. Een voordeel was dat het onderwaterschip op deze manier in prima conditie was gebleven. Alleen het boei-sel was slecht. Dat hebben we helemaal moeten vernieuwen". Na meer dan een jaar hard werken was het skûtsje klaar en kon er voor het eerst meegeedaan worden met de wedstrijden van de IFKS. In het eerste jaar kon men totaal niet meekomen met de andere wedstrijd-schepen. Hiervoor waren toen verschillende oorzaken aan te wijzen, zoals het gebruik van katoenen zeilen in plaats van dacron zeilen, enz.

De jaren daarna zijn de schipper en zijn bemanning steeds bezig geweest het schip te verbeteren. Dit was ook te merken aan de wedstrijdresultaten. Ze gingen serieuzer meedoen en de klassering werd steeds beter.

Voor het seizoen van 2001 was het schip helemaal op orde. Het skûtsje was inmiddels gestraald, geplamuurd en er was een nieuw tuig opgekomen. Ook de bemanning was beter getraind en gemotiveerd en vol verwachting begonnen ze aan het kampioenschap. Ze waren er elk jaar weer in geslaagd een plekje hoger te eindigen in het klassement en dat wilden ze nu ook weer. Het schip voor beter dan voorheen maar toch werden ze op voor-



Figuur 2. Het skûtsje als woonark.

de-windse rakken en soms ook aan-de-wind voorbij gelopen door andere schepen. Dat was aanleiding, in het najaar van 2001, Piet van Ossanen te benaderen voor advies hoe de zeilprestaties verder te verbeteren waren.

## OPTIMALISATIE BEREKENINGEN

Na overleg met Karel en leden van zijn bemanning werd besloten een serie zeilprestatieberekeningen uit te voeren. Het doel hiervan was de invloed van een verlenging van het schip na te gaan, alsook het zgn. "knikken" van het schip. Tevens zou het beste zeilplan moeten worden bepaald.



Figuur 3. Skûtsje tijdens haar eerste seizoen.

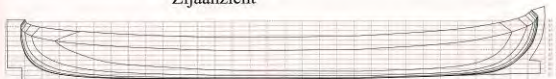
Twee bemanningsleden van de *Elisabeth* studeerden toen scheepsbouwkunde op de Hogeschool Haarlem. Zij hadden al eens, als studie project, een digitaal lijnenplan van het schip gemaakt. Dit lijnenplan werd gebruikt voor deze studie.

Bij het "knikken" wordt het schip dwars "doorgesneden" om het voorschip en/of het achterschip, binnen een bepaalde maat, te kantelen als aangegeven in figuur 5 en vervolgens weer aan elkaar te lassen. Het doel hiervan is de volumeverdeling van het onderwaterschip gunstig te beïnvloeden zodat de weerstand wordt gereduceerd.

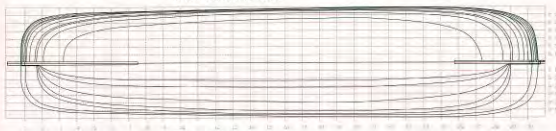
Binnen de IFKS wordt het knikken slechts in beperkte mate (7 cm) toegestaan. De vragen die met name middels de studie van de zeilprestaties beantwoord moesten worden waren als volgt:

1. Wat is het effect van het knikken op de weerstand van de romp?
2. Als het schip langer wordt mag er ook een groter tuig op, wat heeft dit voor effect op de snelheid van het schip op de diverse rakken en wat is de beste lengte?
3. Wat zijn bij een verlenging de beste afmetingen van fok en grootzeil?
4. Als het knikken en het verlengen van het schip zinvol is, op welk punt van de romp kan dat dan het beste gebeuren?
5. Is het resultaat van de verbouwing (in termen van prestatieverbetering) de benodigde kosten waard?

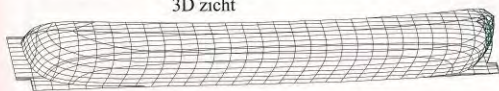
Zijaanzicht



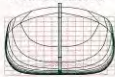
Bovenaanzicht



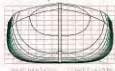
3D zicht



Vooraanzicht



Achteraanzicht

Lijnenplan  
Skûtsje "Elisabeth"

Om deze vragen te beantwoorden werd het volgende programma opgesteld:

1. Uitvoeren van een hellingproef ter bepaling van de stabiliteit van het schip (dit is een belangrijke input voor de zeilprestatieberekening);
2. Toetsen van de nauwkeurigheid van het gemaakte lijnenplan middels diverse controles;
3. Uitvoeren van de eigenlijke zeilprestatieberekeningen voor de volgende gevallen:
  - 3.1. Voor het schip in ongewijzigde toestand en voor het grootste grootzeil dat bij de huidige lengte toegestaan is;
  - 3.2. Voor het huidige schip, slechts geknikt, met het huidige en het grootste grootzeil;
  - 3.3. Voor het schip verlengd naar 18.51 m over de stevens, met het huidige en het grootste zeilplan;
  - 3.4. Voor het schip verlengd naar 18.51 m over de stevens, tevens geknikt, met het huidige en het grootste zeilplan;
  - 3.5. Voor het schip verlengd naar 20.62 m over de stevens, met het huidige en het grootste zeilplan;
  - 3.6. Voor het schip verlengd naar 20.62 m over de stevens, tevens geknikt, met het bijbehorende en het grootste zeilplan;
  - 3.7. Voor het schip verlengd (voor de lengte die op basis van bovenstaande berekeningen middels interpolatie als optimum is

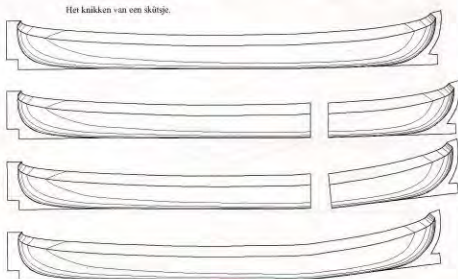
te bepalen), eventueel tevens geknikt, voor het bestaande en het grootste zeilplan.

Van Oossanen & Associates heeft een zeilprestatieberekeningsprogramma ontwikkeld (tevens in gebruik bij Hoek Design Naval Architects) specifiek voor ronde- en platbodemjachten. Met dit computerprogramma wordt de snelheid en de tijd over een voorgeschreven wedstrijd baan berekend, voor diverse windsnelheden. Daarbij worden tevens andere belangrijke gegevens berekend, zoals de hellingshoek, de drifthoek (de mate waarin het schip aan-de-wind verlijerd), de roerhoek, enz. Uit deze studie kwam naar voren dat het

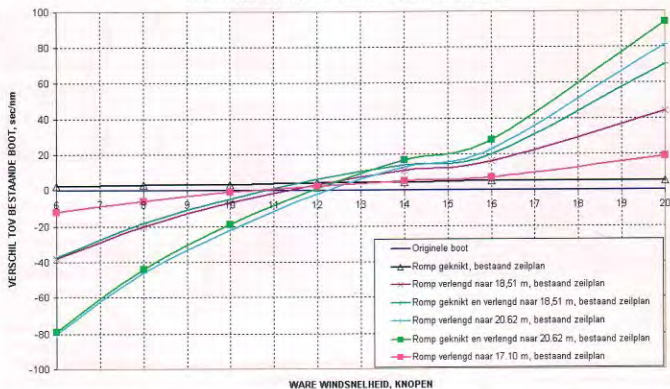
Figuur 4. Lijnenplan van het skûtsje "Elisabeth".

knikken tot slechts kleine verbetering van de snelheid leidt (enkele seconden per mijl), terwijl zowel het verlengen van de romp als het aanpassen van het zeilplan tot grote winsten leidt. Dat het knikken tot weinig winst aanleiding geeft is het gevolg van het feit dat de toegestane kanteling van 7 cm te gering is om een significante verbetering in de rompvorm te bewerkstelligen.

Figuur 5. Het knikken van een skûtsje weergegeven in verschillende stadia.



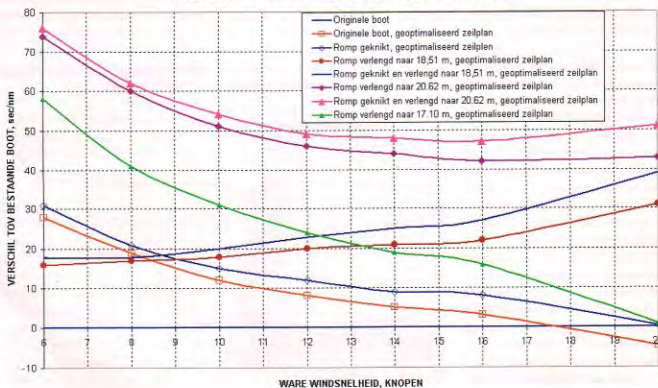
### WINDWARD-LEEWARD BAAN VERSCHILLEN MET BESTAAND ZEILPLAN



Figuur 6. Resultaten van zeilprestatieberekeningen voor een zgn. "windward-leeeward" wedstrijd baan, voor het ongewijzigde schip, het geknikte schip en voor elk van de 3 beschouwde verlengingen (18.51 m, 20.62 m en voor de uiteindelijk gekozen lengte van 17.1 m -over de stevens), allemaal voor het ongewijzigde zeilplan. De prestaties zijn uitgezet als verschillen in sec/mijl t.o.v. het ongewijzigde schip, als functie van de windsnelheid in knoop.

Figuur 7. Resultaten van zeilprestatieberekeningen voor een zgn. "windward-leeeward" wedstrijd baan, voor het ongewijzigde schip, het geknikte schip en voor elk van de 3 beschouwde verlengingen (18.51 m, 20.62 m en voor de uiteindelijk gekozen lengte van 17.1 m -over de stevens), doch nu met het voor elke lengte bijbehorend maximum zeiloppervlak.

### WINDWARD-LEEWARD BAAN VERSCHILLEN MET GEOPTIMALISEERD ZEILPLAN



Van de vele diagrammen en grafieken die deze studie opleverde worden hier enkele getoond. Figuur 6 laat de resultaten zien voor een zgn. "windward-leeward" wedstrijd baan, voor het ongewijzigde schip, het geknikte schip en voor de 3 beschouwde verlengingen (18.51 m, 20.62 m en voor de uiteindelijk gekozen lengte van 17.1 m - over de stevens), allemaal voor het ongewijzigde zeilplan. De prestaties zijn uitgezet als verschillen in sec/mijl ten opzichte van het ongewijzigde schip, als functie van de windsnelheid in knoop. Hieruit is te zien dat het geknikte schip relatief weinig beter is dan het ongewijzigde schip, als functie van het effect van grotere lengte zeer gunstig werkt bij windsnelheden hoger dan ca. 12 knoop en zeer ongunstig is bij lagere windsnelheden. Dit is geheel logisch aangezien een langer schip minder golfweerstand produceert bij de hogere snelheden, terwijl het vergrote natte oppervlak als nadeel werkt bij de lagere snelheden.

In figuur 7 worden op dezelfde wijze, weer voor een windward-leeward wedstrijd-

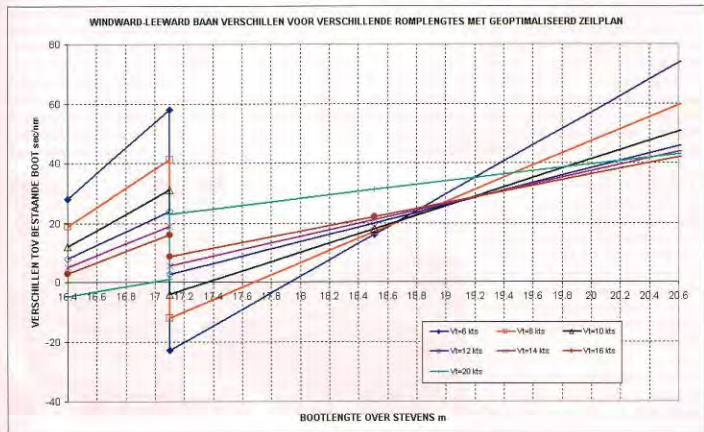
baan, de resultaten gegeven van dezelfde alternatieven als getoond in figuur 6, doch nu met het voor elke lengte bijbehorende maximum toegestane zeiloppervlak. Het beeld dat nu ontstaat is geheel anders. Elke wijziging van het schip resulteert in winst over nagenoeg het gehele windsnelheidsgebied hier beschouwd, waarbij de grootste winst gevonden wordt voor de grootste lengte. Opnieuw is te zien dat het knikken voordelig is, doch dat het effect daarvan secundair is ten opzichte van het effect van het verlengen van het schip, als het bijpassend maximale zeilplan wordt meegenomen. Wat echter opvalt aan deze grafiek is de enorme winst dat het 17.1 m schip boekt ten opzichte van het 18.51 m schip, in het windsnelheidsgebied onder circa 13 knoop. Dit lijkt onlogisch gezien de algemene trend dat snelheid toeneemt met toenemende lengte als het bijbehorende maximale zeilplan wordt verdisconteerd. Echter, het IFKS reglement staat toe dat het grootzeil van schepen met een lengte over de stevens van minder dan 17.1 m, groter is dan dat van de langere schepen,

uitgedrukt als percentage van die lengte.

Het effect op de zeilprestaties van deze "discontinuiteit" in het maximaal te voeren zeiloppervlak, als functie van de lengte, is goed te zien in figuur 8. Hier wordt opnieuw voor een windward-leeward baan het onderlinge verschil in snelheid getoond voor de schepen die in lengte verschillen. Het schip met een lengte van 17.1 m, bij 6 knopen wind, wordt pas overtroffen in snelheid door een schip met een lengte van 20 m en langer. Bij 8 knopen wind is dit 19.6 m en langer. Bij 10 knopen wind is dit 19.3 m en langer, enz. Het zal geen verwondering wekken derhalve te vernemen dat er op basis van deze resultaten gekozen werd het schip te verlengen van 16.4 m naar 17.09 m.

Besloten werd voorts alleen het grootzeil aan te passen. De verschillende grootzeilen die voor de verschillende verlengingen werden beschouwd zijn geschetst in figuur 9.

Figuur 8. Resultaten van zeilprestatieberekeningen voor een zgn. "windward - leeward" wedstrijd baan, voor het ongewijzigde schip en voor elk van de beschouwde verlengingen, voor het maximum zeilplan dat bij elke lengte volgens het IFKS reglement geadopteerd mag worden. De prestaties zijn uitgezet als verschillen in sec/mijl tegen lengte over de stevens.



## STABILITEITSANALYSE

Tijdens een bedrijvencompetitiewedstrijd in mei 2002 is het skûtsje omgeslagen. De eerste vraag die naar voren kwam was: "Heeft dit iets te maken met de optimalisatie en de verbouwing?". Met het optimaliseren is de romp van het schip verlengd en geknikt en er is een hogere mast op het schip gekomen. Het nieuwe grootzeil stond er op dat moment echter nog niet op.

Na het kapseizen is er een uitgebreide analyse uitgevoerd naar de stabiliteitsomvang van het skûtsje. Er is toen opnieuw een hellingproef met het schip uitgevoerd. De ligging van het zwaartepunt in hoogte, dat op basis van een hellingproef kan worden bepaald, bleek niet significant af te wijken van hetgeen eerder was bepaald en tijdens de diverse berekeningen was aangehouden.

De stabiliteit van een schip, als functie van de hellingshoek, wordt normaliter weergegeven in een zgn. GZ kromme, die de variatie in de oprichtende arm GZ (zie figuur 12) met hellingshoek weergeeft. Een positieve waarde van GZ (als G "links" van B ligt) geeft aan dat het schip stabiel is. De hellingshoek waarbij GZ nul wordt is die waarbij het schip zal kapseizen. In figuur 13 zijn de GZ krommen van het skûtsje weergegeven voor en na de verbouwing. Figuur 13 geeft aan dat GZ positief is tot een hoek van ca. 60° en bij grotere hellingshoeken negatief is. Dit betekent dat het schip zal kapseizen bij een hellingshoek van ca. 60°. Voor een (scherp) zeiljacht is dit een zeer lage waarde. De meeste wed-



Figuur 9. De zeilplannen die bij de diverse lengtes werden beschouwd.

## DE VERBOUWING

Nadat op basis van de resultaten, summier hierboven beschreven, besloten was het schip te verlengen en te knikken, zijn Karel en de bemanning begonnen met de verbouwing. Dit was een delicate operatie omdat blijvende vervormingen vanwege het niet goed uittijnen van de doorgesneden romphelften moest worden voorkomen. Van te voren werd hierop ingespeeld door extra langs- en dwarsverband in het schip aan te brengen alvorens dit werd doorgezaagd.

Na zorgvuldig opmeten van de plaats waar het schip doorgezaagd moest worden en het schip overeenkomstig was afgetekend, is het schip doormidden gezaagd. Na het zagen is het voorste deel 67 cm naar voren gereden en is dit deel tevens 7 cm omhoog gebracht om te kunnen knikken, conform de eisen die hiernaan worden gesteld binnen het IFKS. Daarna zijn de twee helften weer aan elkaar gelast.

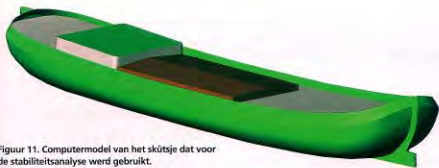
Veel onderdelen moesten vanwege deze verlenging worden verplaatst, zoals de mastkoker, de zwaardgheulen en de coaming van het laadruim. Het schip moest

ook opnieuw door de IFKS worden gemeten. Dit is gebeurd toen het meeste staalwerk klaar was. Na de meting kreeg het schip een nieuwe officiële lengte van 17.09 m.

De romp is vervolgens gedeeltelijk geplamuurd en opnieuw geschilderd. Tevens is de mast verlengd met 1.46 m om het grotere grootzeil te kunnen voeren. Uiteindelijk is het schip eind april 2002 weer te water gelaten.



Figuur 10. Te water laten van het verlengde en geknikte schip.



Figuur 11. Computermodel van het skútsje dat voor de stabiliteitsanalyse werd gebruikt.



Figuur 12. Het zwaartepunt G moet "links" van het zgn. drukingspunt B liggen in het geval van een stabiel schip. De horizontale afstand GZ tussen de werklijnen van het gewicht door G en de oprijvende kracht door B wordt de stabiliteitsarm - ook wel de oprichtende arm - genoemd.

strijdskútsjes hebben echter een dergelijke lage waarde, hetgeen voornamelijk het gevolg is van de geringe breedte en het geringe vrijboord t.o.v. de lengte. Het spreekt vanzelf dat hierdoor skútsjes niet geschikt zijn om op groot open water te zeilen.

In figuur 13 is duidelijk te zien dat de twee krommen zeer dicht bij elkaar liggen. Dit betekent dat de stabiliteit van het geoptimaliseerde schip niet slechter is geworden. Een achteruitgang van de stabiliteit t.g.v. de verbouwing was dus niet de oorzaak van het omslaan van het skútsje. Na overleg met Karel over de gebeurtenis bleek dat het mogelijk was dat er water op het vlak aanwezig was, en dat de ballast aan boord was gaan schuiven. Dit is vervolgens geanalyseerd. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in figuur 14.

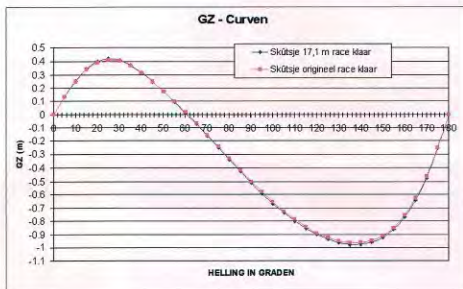
Uit figuur 14 komt naar voren dat de oprichtende arm GZ met ca. 20% afneemt als er ca. 570 liter water op het vlak aanwezig is geweest en als de ballast aan boord is gaan schuiven. Tijdens de stabiliteitsanalyse is echter vast komen te staan dat bij het aanwezig zijn van water op het vlak

en het verschuiven van de ballast, bij toenemende hellingshoek, het skútsje trim voorover krijgt waardoor het roer - dat slechts 42 cm diep steekt - in belangrijke mate uit het water komt. Het oploeven tijdens een windvlaag is daardoor onmogelijk geworden. Karel Kuiper bevestigde dat hij niet in staat was, zoals altijd in een flin-

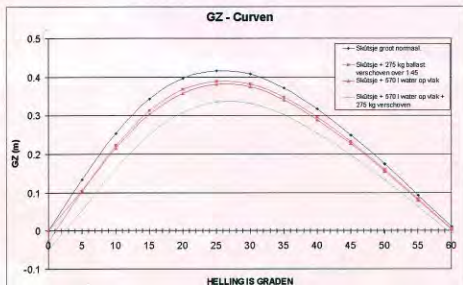
ke windvlaag, op te loeven. Het kapseis-incident is tenslotte hieraan toegeschreven. De ballast is vervolgens goed vastgezet en Karel is extra attent geworden op het al of niet aanwezig zijn van lekwater aan boord. De kans op herhaling van een dergelijk incident is hiermee drastisch verminderd.

## BALLAST

Hoewel de stabiliteit van het schip niet was veranderd ten gevolge van de verbouwing, was het toch nodig de hoeveelheid ballast aan boord te herzien. Dit was vanwege het grotere grootzeil, dat in de zomer van 2002 door UB Sails te Enkhuizen geleverd zou worden. Zowel het toegenomen oppervlak van dit grotere zeil en het hoger gelegen

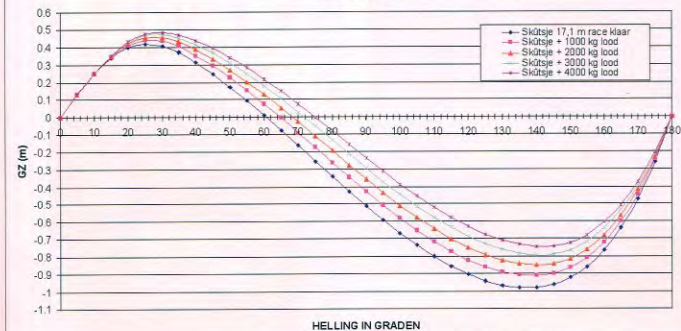


Figuur 13 GZ-krommen voor het skútsje, voor en na de verbouwing.



Figuur 14. Het effect van ca. 570 liter water op het vlak en van het verschuiven van losse ballast aan boord

## GZ - Curven



Figuur 15. Het effect van het aanbrengen van ballast op de stabiliteit.

zeilpunt maken dat het hellend moment van de wind in de zeilen groter is. Het is dan ook nodig de stabiliteit te vergroten om deze toename in hellingshoek te niet te doen. Het kapseis incident, in mei van 2002, was aanleiding de reeds uitgevoerde stabiliteitsberekeningen opnieuw tegen het daglicht te houden.

### ZEILPRESTATIES

In de zomer van 2002 waren de wedstrijdprestaties nog niet in overeenstemming met het potentieel van het schip. Men had tijd nodig om aan het "nieuwe" schip te wennen. In 2003 werd echter voor het eerst goed gevaren en werd er gestreden om een plaats in de top van het klassement. De resultaten waren als volgt:

Karel en zijn bemanning waren hiermee zeer content, zoals de foto van figuur 16 aangeeft.

Race	Daguitslag	Klassement
Hindeloopen	5/18	5/18
Stavoren	6/18	6/18
Heeg	1/18	5/18
		(teruggezet door wedstrijdcommissie n.a.v. verloren protest)
Sloten	3/18	3/18
Echtenerbrug	3/18	3/18
Lemmer	5/18	18/18
		(verloren protest)
Lemmer	2/18	2/18
Totaal IFKS	Sprinterklassement	1/18
	Totaal klassement	5/18



Fig. 16. Bemanning skutse "Elisabeth"