Zwaard en roer

Introductie

Een zwaard en roer zijn onmisbaar om een roei/zeilboot op koers te houden en te besturen. Zonder zwaard wordt de boot door de wind weggezet en zonder roer kun je niet van koers veranderen.

Een goed zwaard en roerblad laat de boot hoger/sneller zeilen en beter sturen. Net zoals goede zeilen een positief effect hebben op de zeileigenschappen, zo ook een goed geprofileerd zwaard/roer van de juiste afmetingen.

Nu is elke boot anders wat betreft het onderwaterschip (denk bijvoorbeeld aan kielboten, kielmidzwaardboten, zwaardboten). Dit stuk is gericht op ons soort boten (sail & oar boten/raidboten) dat wil zeggen (relatief) lichte open zwaardboten.

Wat komt er in dit artikel aan bod:

1. Hoe werkt een zwaard/roer nu eigenlijk. Zonder de basis te begrijpen van de werking van een zwaard/roer, is het moeilijk te begrijpen hoe een zwaard/roer er nu eigenlijk uit moet zien voor een bepaalde boot alsmede de beschikbare profielen.
2. Iets over de afmetingen van een zwaard. De boot bepaalt eigenlijk wat voor zwaard bij de boot past. Denk hierbij aan de afmetingen van het zeiloppervlak, klassenvoorschriften die (grotendeels) de vorm vastleggen, de maximum afmetingen (lengte en breedte) van de zwaardkast die daarmee de maximum afmetingen van het zwaard bepalen.
3. Vervolgens wordt het veel genoemde NACA-profiel besproken. Wat is dat nu eigenlijk en hoe maak je een keuze uit de verschillende NACA-profielen.
4. Een NACA-profiel is niet heel gemakkelijk te maken door de gemiddelde amateur bootbouwer. Er is een alternatief, het profiel ontwikkeld door Neil Pollock.
5. Iets over als je het nog simpeler aan wilt pakken met minimale profilering van het zwaard/roer.
6. Er is veel te doen over wat nu beter is: een kantelzwaard of een steekzwaard. De voordelen en nadelen van beide komen aan bod.
7. Materiaal voor een zwaard/roer voor een (relatief) lichte zwaardboot: multiplex of massief hout.

Zoals gezegd hangt veel af van het de boot zelf en derhalve kunnen alleen richtlijnen gegeven worden. Je moet dus door een ontwerpproces heen als je een zwaard/roer maakt voor een nieuwe boot of mogelijk het een en ander wilt aanpassen omdat je niet zo tevreden bent over je huidige zwaard/roer (waarom vaart de rest van de vloot zo veel hoger en sneller!?!).

De eigenlijke bouwmethode van een zwaard/roer wordt niet (in detail) beschreven in dit document maar kun je elders vinden (bouwhandleidingen, bootbouwboeken, etc.).

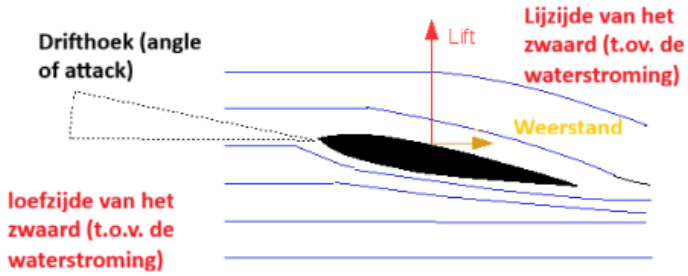
Waar dit stuk ook niet op ingaat zijn zijzwaarden hoewel veel van dit artikel ook van toepassing is voor boten met een enkel symmetrisch zijzwaard, zoals de meeste moderne zeilkano's.

1. Hoe werkt een zwaard/roer?

Het zwaard en het roer van een zeilboot zijn er om zijwaartse krachten op te vangen (wanneer de boot niet voor de wind vaart) en om de boot te sturen. Zwaard en roer doen dit door lift te genereren door zich als een vliegtuigvleugel in het water te gedragen waarbij een drukverschil aan beide zijden van het zwaard ontstaat. De zijwaartse kracht van het water dat over het zwaard stroomt en de vorm van het zwaard zorgen ervoor dat het water sneller over de ene kant stroomt dan over de andere kant. Dit verschil in snelheid creëert een drukverschil, met een hogere druk aan de kant waar het water langzamer stroomt (lijzijde van de boot) en een lagere druk aan de kant waar het sneller stroomt (loefzijde van de boot). Het drukverschil resulteert in een kracht (lift) loodrecht op de waterstroom, die de boot naar loef trekt en helpt om aan de wind te varen door de lijwaartse druk van de zeilen te compenseren.

Het water stroomt op een hoek aan op het zwaard, de drifthoek ("angle of attack" in het Engels). De drifthoek staat gelijk aan de hoek tussen de voorwaartse afstand die de boot aflegt en de afstand die de boot verlijert.

Anders gezegd: het gaat om hoe het zwaard door het water beweegt, de windrichting is niet van belang voor de lift gecreëerd door het zwaard. Door de snelheid van de boot ontstaat er dus feitelijk waterstroming ten opzichte van het zwaard.



Doordat de boot verlijert is er dus sprake van een drifthoek ("angle of attack"). Door de drifthoek snijdt het zwaard onder een hoek het water aan:

- Aan de lijzijde van de boot (de loefzijde van het zwaard als je naar de aanstroomhoek van het water kijkt), stroomt het water dan beter aan omdat de loefzijde van het zwaard een vrije aanstroming geeft en het water niet eerst “de hoek” (voorkant van het zwaard) om moet gaan.
- Aan de loefzijde van de boot (de lijzijde van het zwaard als je naar de aanstroomhoek van het water kijkt) moet het water een langere weg afleggen en dus sneller stromen omdat het eerst nog voorbij de voorkant van het zwaard moet, waardoor er onderdruk ontstaat.

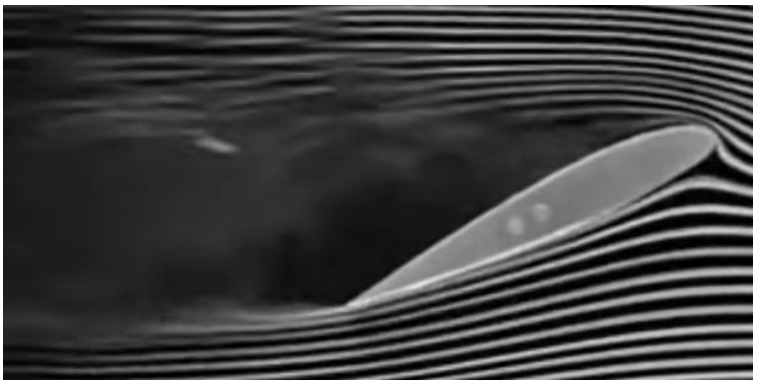
Door het verschil in druk aan beide zijden van het zwaard (bovendruk aan de lijzijde van de boot/loefzijde van het zwaard en onderdruk aan de loefzijde van de boot/lijzijde van het zwaard) ontstaat er een kracht (lift) richting de loefzijde van de boot die helpt om hoger aan de wind te varen en de kracht van de zeilen richting lij te compenseren.

Dit werkt alleen als het zwaard een goed profiel heeft zodat het gemakkelijk de voorkant van het zwaard om kan gaan en goed het zwaardoppervlak blijft volgen, anders ontstaat er een turbulente stroming aan lijzijde van het zwaard (dus ten opzichte van de waterstroming) en loefzijde van de boot waardoor het zwaard overtrokken wordt (“stallen” in het Engels) zoals verder hieronder uiteengezet.

Voor onze doeleinden zijn de volgende punten belangrijk wat betreft het zwaard/roer:

1. De hoeveelheid lift is evenredig met de drifthoek, echter tot op een bepaald punt. Als je de drifthoek verdubbelt, verdubbel je binnen redelijke grenzen ook de lift. Voor een zwaard staat echter de drifthoek over het algemeen redelijk vast, zie ook verder hieronder onder het kopje NACA-profiel.
2. Er is een limiet aan de hoeveelheid lift die je kunt genereren bij een bepaalde snelheid. Als je de drifthoek te groot maakt dan geraakt het zwaard/roer in een overtrokken (“stalled”) toestand (zie de beschrijving verder hieronder) en neemt de lift die het zwaard/roer genereert drastisch af.
3. De hoeveelheid lift is evenredig met het kwadraat van de snelheid. Dus als je de snelheid verdubbelt, krijg je vier keer zoveel lift. Dit betekent in de praktijk dat een snel varende zeilboot met een kleiner zwaard/roer toekan.
4. De weerstand neemt toe naarmate de drifthoek groter wordt (tot aan het “stall” punt). Dit komt bovenop de basisweerstand van het zwaard, roer en de romp door de voortgang door het water.
5. Wanneer een zwaard/roer “stalled”, dan produceert hij veel meer weerstand.

Zoals hierboven geschreven, neemt de lift van een zwaard of roer evenredig toe met de drifthoek, echter tot een bepaald punt. Dat punt is de “stall” hoek, waarbij de hoek van het aanstromende water zo groot is dat het water niet snel genoeg kan buigen om het bladoppervlak aan de lijzijde van het zwaard/roer te volgen waardoor het zwaard/roer in een turbulente stroming terechtkomt (“stallen” van het zwaard/roer).



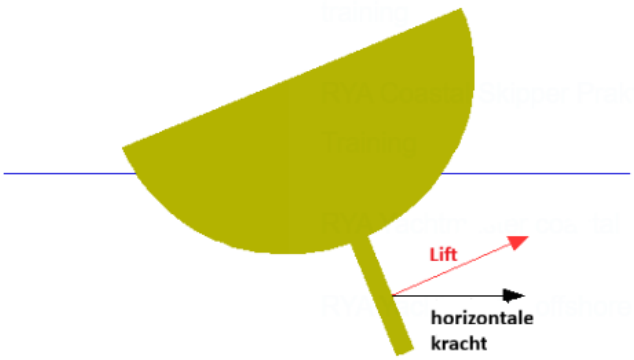
In bovenstaande afbeelding volgt de stroom niet langer het oppervlak van het profiel aan de bovenzijde. Het profiel is overtrokken/"stalled".

Wanneer een zwaard/roer "stalled", dan is de lift die zwaard/roer produceert veel minder dan vlak voor de "stall" hoek en de turbulente stroming over het bladoppervlak aan de lijzijde van het zwaard of roerblad veroorzaakt veel weerstand.

De "stall" hoek is afhankelijk van het profiel van het zwaard/roer. Sommige profielen "stallen" vrij plotseling waarbij andere profielen dat geleidelijker doen. Zodra een zwaard/roer "stalled" is het noodzakelijk om de drifthoek te verkleinen om weer goed lift te genereren.

Wat verder relevant is, is de helling van de boot onder zeil. Als de boot helemaal vlak gezeild wordt, dan staat de lift die het zwaard genereert loodrecht op het oppervlak van het zwaard en heb je de maximale lift richting loef.

Nu is het tijdens het zeilen natuurlijk zo dat de boot begint te hellen zodra het harder begint te waaien. De horizontale kracht verandert met de hellingshoek. Hieronder een tabel die laat zien hoe de horizontale kracht van een zwaard/roer afhangt van de hellingshoek. De tabel toont de horizontale kracht als percentage van de lift.



Hellingshoek van de boot	Horizontale kracht
0	100%
5	100%
10	98%
15	97%
20	94%
25	91%
30	87%
35	82%
40	77%
45	71%
50	64%
55	57%
60	50%

We zien dat bij hellingshoeken tot ongeveer 20 graden de horizontale kracht vrijwel gelijk is aan de lift. Als de boot meer dan 25 graden helt dan neemt de horizontale component van de lift sneller af. Kortom, het loont om de boot zo vlak mogelijk te zeilen.

Hetzelfde is uiteraard van toepassing op het roer. Bij veel boten komt bij een grotere hellingshoek het roerblad een stuk uit het water en dat geeft vaak stuurproblemen omdat er nog weinig roerblad in het water zit. Ook wordt het onderwaterschip bij een grotere hellingshoek over het algemeen behoorlijk asymmetrisch wat de boot vaak loefgierig maakt. Er is dan meer roeruitslag nodig om de boot op koers te houden. Meer roeruitslag betekent meer weerstand en dat de boot langzamer vaart. Meer roeruitslag kan ook betekenen dat het roer zal "stallen".

2. Afmetingen zwaard

Een zwaard moet voldoende oppervlak hebben, in een bepaalde verhouding tot het zeiloppervlak, om goed te kunnen werken. Voor kleine boten (denk bijvoorbeeld een Optimist), is het oppervlak van het zwaard relatief veel groter dan bij een grotere boot. Verder geldt hoe sneller de boot, des te effectiever het zwaard/roer wordt en des te kleiner het zwaard/roer kan het worden.

Hoe groter het zwaardoppervlak wordt, hoe meer weerstand. Dus als het zwaard groter is dan nodig, dan zeil je langzamer. Het beste is dus een zwaard met een zo'n klein mogelijk oppervlak dat echter wel, ook in licht weer, nog (net) hoog en snel aan de wind vaart. Maar het zwaard moet dus niet groter zijn dan noodzakelijk. Is het zwaard te klein, dan zal de boot bij een lage bootsnelheid moeite hebben "grip" te krijgen op het water na overstag te zijn gegaan.

Het onderwateroppervlak van het zwaard voor een zwaardboot, afhankelijk van de diepte van de romp, zal voor een gemiddelde raidboat (4-6 meter lengte en 8-12m2 zeiloppervlak), circa 3-4% van het zeiloppervlak bedragen. Dus voor een gemiddelde romp met een zeiloppervlak van 10m2 heb je toch wel een zwaard met een onderwateroppervlak van 0,3 – 0,4m2 nodig.

Het roer moet groot genoeg zijn om snel van koers te kunnen veranderen. Reken op 1-2% van het zeiloppervlak. Het roer heeft doorgaans minder diepgang zodat je met het zwaard in de hoogste stand niet aan de grond loopt.

Verder zal een dikker zwaard meer weerstand hebben dan een dunner zwaard. Dus vanuit het oogpunt van snelheid is een zo klein mogelijke dikte van het zwaard het beste. Uiteraard moet het constructief wel heel blijven (er is een bepaalde minimum dikte nodig om dat te bewerkstelligen) en heeft het profiel van het zwaard ook een bepaalde dikte nodig (profilering van het zwaard wordt verder hieronder besproken).

Naast voldoende oppervlak speelt de lengte van het zwaard onder water een rol. Lengte is beter dan simpelweg de breedte van het zwaard te vergroten: lengte is efficiënter om lift te genereren dan meer breedte, ook omdat er een bepaalde ideale verhouding bestaat tussen dikte en breedte van het zwaard, zoals verder hieronder uiteengezet onder het kopje "NACA-profiel", waardoor je niet onbeperkt de breedte groter kan maken.

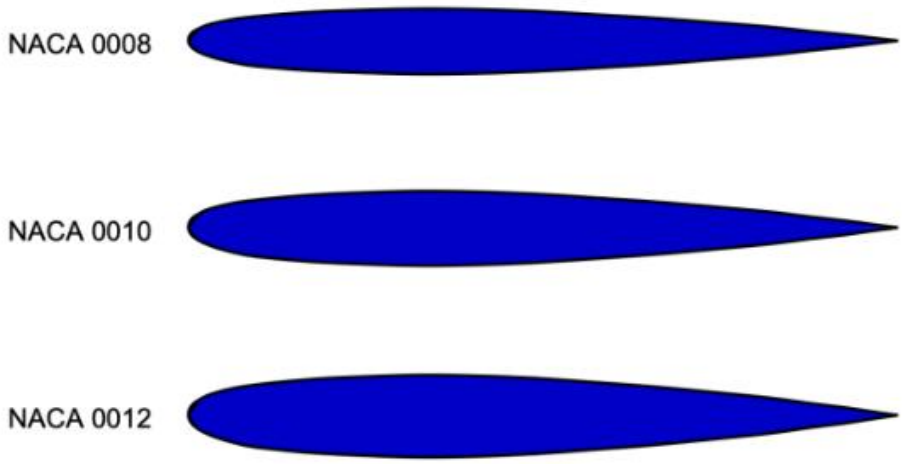
Wat verder belangrijk is, is de contour van het zwaard. Een zwaard waarbij richting de onderkant van het zwaard de breedte afneemt (het zwaard dus taps toeloopt) is gunstig wat betreft weerstand omdat een elliptische vorm wervelingen beperkt die weerstand veroorzaken (zie verder hieronder de foto's van roer en zwaard van de Viola zeilkano en de Goat Island Skiff die een elliptische vorm benaderen).

De dikte van het zwaard moet in ieder geval een normale belasting van het zwaard toelaten, waaronder het rechtzetten van de boot als je aan het zwaard hangt of erop staat.

3. NACA-Profiel

Een NACA-profiel is een gestandaardiseerd vleugel- of roerprofiel, oorspronkelijk ontwikkeld door het National Advisory Committee for Aeronautics (NACA). Deze profielen worden gekenmerkt door hun specifieke geometrie, die aerodynamische en hydrodynamische eigenschappen bepaalt. Ze worden gebruikt voor vliegtuigvleugels, propellers, roeren en andere aerodynamische of hydrodynamische toepassingen.

De meest gebruikte van deze profielen voor open zwaardboten zijn NACA0008, NACA0010 en NACA0012. Dit zijn allround symmetrische profielen binnen de NACA00XX serie die heel goed voldoen voor lichte open zwaardboten als de onze.



De meest gebruikte NACA00XX profielen voor open zwaardboten. Voor NACA00XX profielen bevindt zich de maximum dikte altijd op 30% van de lengte van het profiel, gemeten vanaf de voorkant.

Het laatste getal (08, 10 en 12 m.b.t. de bovengenoemde profielen) staat voor de dikte-breedte ratio van het profiel uitgedrukt in een percentage. Dat houdt dus in dat hoe breder het profiel (zwaar of roer) wordt, hoe dikker het zal zijn omdat de verhouding tussen breedte en dikte van het zwaard een vastgestelde waarde is.

Laten we het NACA0010 profiel als voorbeeld nemen. Een zwaard van 25cm breed heeft dan een dikte van 25mm (10% van 250mm). Bij een NACA0012 profiel, bij dezelfde breedte van 25cm, heeft het zwaard dan een dikte van 30mm (12% van 250mm). Een NACA0008 profiel,

wederom bij een breedte van het zwaard van 25cm, heeft dan een dikte van 20mm (8% van 250mm).

Als de breedte van het zwaard anders wordt, bijvoorbeeld 35cm (een breder zwaard is misschien noodzakelijk om voldoende oppervlak te bereiken bij een min of meer vaststaande lengte van het zwaard vanwege (i) diepgang beperking van vaarwater; en/of (ii) afmetingen zwaardkast) dan wordt duidelijk dan met hogere ratio's het zwaard vrij dik wordt: respectievelijk 28mm dik bij een NACA0008 profiel, 35mm dik bij een NACA0010 profiel en 42mm dik bij een NACA0012 profiel.

Wat vaak een rol zal spelen is de breedte van de zwaardkast. Als de boot een bestaande boot is, is dit niet zomaar iets wat je gemakkelijk kan veranderen. Als je een boot hebt met een zwaardkast van bijvoorbeeld 25mm breed, dan past daar realistisch een zwaard in van max 23mm (voor de laklagen op het zwaard aangebracht worden). Dus een NACA0012 is in dat geval onmogelijk omdat de maximale breedte van het zwaard te klein zal zijn i.v.m. het benodigde totale oppervlak onder de boot van het zwaard (bij een maximale dikte van 23mm van het zwaard is het zwaard 192mm breed bij een NACA0012 profiel).

Welke ratio is nu het beste? Dat hangt af van de drifthoek waaronder het water aanstroomt. Voor een zwaard is die hoek gelijk aan de hoek waaronder de boot verlijert. Dat is rond de 3-5 graden voor een boot met een goed zwaard (voldoende oppervlak, voldoende lengte, geen wervelingen aan de tip, goed profiel). Bij een dergelijke hoek past een NACA0010 profiel goed.

Als de drifthoek groter is, dan heb je een profiel nodig dat daar beter mee om kan gaan en dat is een profiel met een grotere ratio tussen de breedte en de dikte. Een roer kan, in tegenstelling tot een kantelzwaard of steekzwaard, bewegen en, afhankelijk van de balans (is de boot fiks loefgierig of lijgierig) zal het een grotere drifthoek hebben dan het zwaard omdat de loefgierigheid of lijgierigheid gecompenseerd moet worden door een klein beetje roeruitslag. Een NACA0012 profiel is daarom vaak beter voor het roer en zal minder snel grip verliezen op het water door het "stallen" van het roer.

Een kleinere ratio (bijvoorbeeld NACA0006) werkt niet goed voor een roer/zwaard omdat het slechts een hele kleine drifthoek kan hebben voordat het zwaard/roer "stalled". Dus als je niet heel goed zeilt, dan wordt je boot snel stuurloos en zal je meer verlijeren.

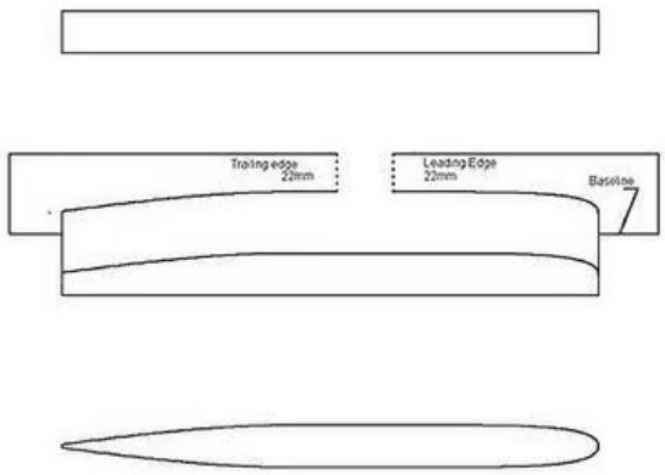
4. Pollock-profiel

Er zijn uiteraard andere alternatieven onderzocht met een allemaal een andere focus (minder kritische drifthoek, betere "laminar flow" van het water over de breedte van het zwaard om weerstand te verminderen, etc.). Voor ons soort boten gaan zulke alternatieven waarschijnlijk te ver. Meestal als het zwaard efficiënter wordt, dan zal het ook moelijker worden om zeilend binnen de parameters te blijven waaronder het zwaard/roer optimaal presteert (en de boot dus zo min mogelijk verlijert). Een meer vergevingsgezind profiel is voor sail & oar boten, en voor de meeste zeilers, een beter idee.

Waar je ook rekening mee moet houden is dat als je het zwaard in de breedte wat taps laat toelopen om het efficiënter te maken (denk aan de vorm van de gemiddelde vogelvleugel,

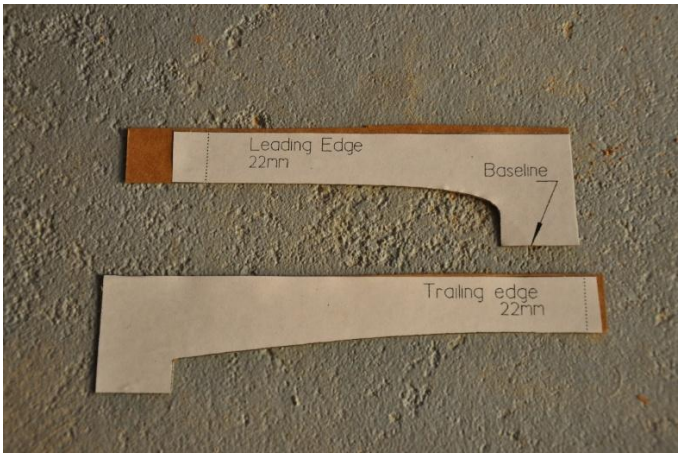
die is bij de romp gemiddeld een stuk breder dan bij de tip) om zogenaamde wervelingen te beperken, je de dikte van het zwaard bij een NACA-profiel ook moet aanpassen (kleiner moet maken) om binnen dezelfde ratio breedte zwaard-dikte zwaard te blijven. Dat is een lastig karwei om handmatig nauwkeurig uit te voeren.

De Australische onderzoeker Neil Pollock heeft gekeken hoe een efficiënt profiel te maken waarbij de zijden van het zwaard/roer zoveel mogelijk parallel lopen en alleen de voorkant en achterkant van het zwaard/roer geprofileerd worden. Een dergelijk profiel hoeft niet een hele grote dikte te hebben (wel genoeg uiteraard om structureel sterk genoeg te zijn).



Schematische schets hoe een het zwaard/roer vorm krijgt bij het toepassen van een Pollock-profiel van een rechte plank tot een volledig geprofileerd zwaard/roer.

Bij het Pollock-profiel worden voorkant en achterkant min of meer geprofileerd als bij een NACA-profiel maar is het midden van het roer/zwaard plat. Is het zwaard breder, dan is het platte gedeelte langer. Is het korter, dan is het platte gedeelte korter. Dit maakt het voor de amateur gemakkelijker om een zwaard te maken, ook als het zwaard naar de onderkant toe taps toeloopt (de dikte van het zwaard kan hetzelfde blijven, alleen wordt het platte stuk in het midden korter).



De malletjes voor het profileren van voor- en achterkant van het zwaard/roer. In dit geval is het blad van het zwaard/roer 22mm dik.

Het profiel kun je ook gemakkelijk aanpassen op de dikte van het zwaard (bijvoorbeeld omdat de zwaardkast een bepaalde dikte heeft). Wordt het zwaard dikker, dan wordt de lengte van de geprofileerde voorkant en achterkant van het zwaard/roer langer en het platte stuk in het midden korter bij dezelfde breedte. Het geeft dus meer flexibiliteit in het maken waarbij de prestaties dicht in de buurt komen van een NACA-profiel. Het is ook minder gevoelig wat betreft de drifthoek voordat het zwaard/roer "stalled" (met andere woorden, het profiel is vergevingsgezinder indien er niet optimaal gezeild wordt).

Een ander voordeel is dat, bij dezelfde dikte van het zwaard/roer, het Pollock-profiel sterker is (er zit meer materiaal in het midden van het zwaard/roer vanwege de platte zijkanten) dan bij een NACA00XX profiel, dus je kunt met een dunner profiel toe wat weer goed is wat betreft de weerstand van het zwaard/roer. Voor de gemiddelde zwaardboot zal een dikte van 22-24 mm voldoende zijn.

5. **Simpeler aanpak**

Het is uiteraard het meest eenvoudig om met een bovenfrees/schaaf de voorkant en onderkant van het zwaard/roer af te ronden en op het zicht een V-vorm in de achterkant van het zwaard/roer te schaven. Uiteraard werkt een dergelijk zwaard/roer ook gewoon. Dat is wat ze op de Optimist en Mirror Dinghy doen (vanwege klassenvoorschriften). Met een dergelijk aanpak verlies je uiteraard wat ten opzichte van een zwaard met een beter profiel: gevoeliger voor "stallen" en meer weerstand door het water.

Maakt dat veel uit? Het korte antwoord is ja. Een goed zwaard/roer is net zo belangrijk als een goed zeil. We begrijpen allemaal dat een verkeerd gesneden en/of uitgezeild zeil niet veel snelheid ontwikkelt. Hetzelfde geldt voor het zwaard/roer. Met een goed zwaard/roer heb je meer controle over de boot en zeil je hoger en sneller of is het gemakkelijker dat te doen. Op langere kruisrakken kan dat behoorlijk veel schelen.

6. **Kantelzwaard (midzwaard) of steekzwaard**

Veel zeilers hebben hier een sterke mening over. In de praktijk kunnen zowel een kantelzwaard als een steekzwaard prima werken mits de constructie goed doordacht en sterk genoeg is. Het hangt vooral van je vaargebied af wat de beste keuze is. Als je veel vaart in een gebied met onzichtbare rotsen onder water of een harde zandbodem met ondieptes, dan heeft een kantelzwaard het grote voordeel dat het omhoogkomt en je niet hard op iets botst met grotere kans op schade.

Vaar je vooral in Friesland waar over het algemeen de bodem heel zacht is (modder), dan moeten de voordelen van een steekzwaard zeker overwogen worden.

Voordelen steekzwaard:

- Het lateraal punt verschuift niet (of minder als het zwaard schuin in het water steekt) in vergelijking met een kantelzwaard wanneer je het een stuk ophoog trekt.
- Eenvoudiger constructie van de zwaardkast en het zwaard zelf (geen zwaardbout).
- Geen zwaardbout die kan gaan lekken (dat is met een goede constructie te voorkomen bij een kantelzwaard maar het is een bewerkelijker constructie).

- Hydrodynamisch is een steekzwaard efficiënter met een veel kleinere zwaardkastopening aan de onderkant. Geen afdichtingstrips nodig in de zwaardkast om geklots en extra weerstand te voorkomen.
- Profiel van het zwaard verandert niet als je het zwaard een stuk omhoog trekt. Bij een kantelzwaard verandert het profiel dan aanzienlijk (de feitelijke breedte van het zwaard wordt groter t.o.v. hoe het water over het zwaard stroomt en dan klopt er niet veel meer van een perfect NACA-profiel).
- Zwaardkast neemt minder plaats in de boot.
- Eenvoudiger bediening (geen blokjes, lijnen, gewicht onderin het zwaard/roer – een simpel elastiek volstaat).
- Er kan geen zand/kleine steentjes tussen zwaard en zwaardkast gaan zitten als de boot op een strand getrokken wordt omdat het zwaard er dan sowieso uitgehaald moet worden.
- Je kunt het zwaard eenvoudig uithalen (bijvoorbeeld voor onderhoud).

Voordelen kantelzwaard/midzwaard:

- Het komt omhoog als je aan de grond loopt of iets raakt met een kleinere kans op schade.
- Zwaard is mooi opgeborgen in de boot als je het zwaard inklapt.

7. Materiaal voor het zwaard/roer

Waar maak je nu eigenlijk een zwaard/roer voor een open lichte zwaardboot van? Over het algemeen bestaat de kern van een zwaard/roer uit multiplex of uit massief hout. Voor de sterkte wordt het meestal met glasweefsel (of carbon) omwikkeld om een sandwichconstructie te creëren. Uiteraard voorkom je op die manier ook inwatering van het zwaard/roer.

Het zwaard moet dik genoeg zijn om de krachten op het zwaard te kunnen weerstaan. Denk bijvoorbeeld aan de zijwaartse kracht op het zwaard, de kracht die je op het zwaard zet als je de boot rechtzet na het omslaan door aan het zwaard te hangen of er zelfs op te gaan staan, klappen van golven, aan de grond lopen, knikpunt van het zwaard t.o.v. de onderkant van de zwaardkast, etc. Afhankelijk van de materiaalkeuze en het gewicht en afmetingen van de boot, zal het zwaard een minimale dikte nodig hebben van 20mm (massief hout) tot 24mm (multiplex) voor een raidboat van gemiddelde lengte en gewicht.

Bij multiplex loopt ongeveer de helft van de houtvezels overdwars wat niet bijdraagt aan de sterkte in de lengterichting van het zwaard waar de meeste kracht op staat. Dus voor een sterk genoeg zwaard gemaakt van multiplex heb je een grotere dikte nodig in vergelijking met een zwaard gemaakt van massief hout waar alle houtvezels in de lengterichting lopen.

Het zwaard voor een Silmaril (ontwerp van François Vivier). Het zwaard bestaat uit 3 x 9mm watervast verlijmd okoume multiplex die op elkaar gelijmd zijn. Er is op het oog een profiel in het zwaard geschaafd/geschuurd en de buitenkant is verstevigd met glasdoek/epoxy. Met een totale dikte van iets meer dan 27mm is het zwaard sterk genoeg.

Een zwaard gemaakt van massief hout is voor dezelfde dikte een heel stuk sterker. Als je een zwaard maakt van massief hout, dan is het verstandig het op te bouwen uit verschillende delen en die dan met elkaar te verlijmen om te voorkomen dat het zwaard krom kan trekken. Voor multiplex geld eigenlijk hetzelfde, zeker als het zwaard niet al te dik is (dik multiplex is stabieler en zal niet snel kromtrekken – voor een dunner zwaard worden vaak 2-3 dunnere platen multiplex op elkaar gelijmd).

Een zwaard/roer kan natuurlijk wel eens een klap krijgen, bijvoorbeeld als je aan de grond loopt of een verborgen obstakel raakt. Uit dat oogpunt heeft het de voorkeur de voorkant en/of de achterkant het zwaard/roer (het laatste zeker bij een steekzwaard waarbij de achterkant van het zwaard tegen de hoek van de onderkant van de zwaardkast komt als de voorkant van het zwaar iets raakt) te verstevigen met een harde houtsoort zoals eiken of essen.

De rest van het zwaard/roer kan uit vrij licht materiaal gemaakt worden (bijvoorbeeld Western Red Ceder of Paulownia) als het zwaard maar bekleed wordt met 1-2 lagen glasvezel/epoxy om een sandwichconstructie te creëren en genoeg bescherming te geven aan de relatief zachte houten kern die grotendeels als vulmateriaal fungeert.

Wat de achterkant van het zwaard/roer betreft, het profiel eindigt daar uit hydrodynamisch opzicht het beste zo dun mogelijk. De hoeken van de achterkant van het zwaard/roer nooit afronden maar zo recht mogelijk laten, dan laat het water gemakkelijker los en krijg je dus minder wervelingen die extra weerstand kosten. Ongeveer 2mm dik is heel mooi voor de achterkant van het zwaard/roer. Als je een steekzwaard hebt, dan kun je de achterkant het

beste iets dikker laten (5-6mm) zodat het minder snel beschadigt als het zwaard iets onder water raakt en hard tegen de onderkant van de zwaardkast gedrukt wordt. Bij een kantelzwaard is dat uiteraard geen probleem omdat het zwaard in de zwaardkast klapt.

Links het roerblad en steekzwaard voor een Viola zeilkano. Rechts het steekzwaard (achtergrond) en roerblad (voorgrond) voor een Goat Island Skiff. In beide gevallen is gebruikt gemaakt van het Pollock-profiel en zijn zwaard en roer 22mm dik. Zwaard en roer zijn opgebouwd uit Western Red Ceder latten met een eiken voor en achterkant. Het zwaard en roer voor de Viola zeilkano moeten op de foto nog met glasdoek/epoxy bekleed worden. Het zwaard van de Goat Island skiff is verstevigd met 2 lagen 160grams glasweefsel/epoxy. Het roer, waar minder kracht op staat is verstevigd met 1 laag 160 grams glasweefsel/epoxy. Roer en zwaard van de Viola, waar veel minder kracht op gegenereerd wordt vanwege de smallere romp en kleiner zeiloppervlak, kunnen met minder glasweefsel toe: 1 laag 160 grams glasweefsel/epoxy.

Je kunt op verschillende manieren het profiel in het zwaard/roer krijgen: frezen met behulp van mallen waar de bovenfrees op rust. Of met de schaaf waarbij je regelmatig met een malletje de vorm van het blad controleert op de juiste vorm.

Uiteraard moet de zwaardkast sterk genoeg zijn. Wat betreft het roer, zowel het roerblad, de roerkop, de helmstok en de bevestiging aan de spiegel moeten tegen een stootje (en erger!) kunnen.

Conclusie

Het kan zeker lonen aandacht te besteden aan het zwaard, al zit dat ding meestal verborgen in de zwaardkast/onder water. Een goed zwaard draagt gewoon veel bij aan de snelheid en het optimaal sturen van de boot. Als je betere prestaties wilt, dan kan een nieuw zwaard/roer een mooi winterproject zijn!