



SOUBOJ HLINÍKU A KARBONU

Kdo tady vede?

Lana bijící o les hliníkových stěžňů často vykouzlí po příjezdu do mariny fantastickou symfonii s příslibem větru a tím i cestovatelské svobody. Možná jste si všimli, že ne každý stěžněň vydává podobný zvonivý zvuk. Ty kompozitové, respektive karbonové prostě nezvoní. Možná je to z tohoto pohledu trochu škoda, ale z mnoha jiných důvodů má tato technologická disciplína svoje řádné opodstatnění.

Loď a jejich majitelé nesoucí takovou takeláž jsou na tuto hi-tech výbavu náležitě hrdí a často na ni upozorňují černou barvou, což je přirozená barva karbonové textilie. Ambiciózní „hliníci“ se snaží občas tomuto fenoménu vyrovnat také, ale pouze v podobě černého laku na povrchu stěžně a ráhna.

Musím zmínit i fakt, že černá barva na površích čehokoliv na lodi sice vypadá sebevědomě a sexy, ale je taky docela nepraktická z pohledu udržení rozumné povrchové teploty. Lézt totiž v marině na stěžně, který má v pravé poledne povrchovou teplotu i přes osmdesát stupňů vyžaduje trochu zručnosti a vhodné oblečení a boty, ale koho to zajímá, když pak

vyjedete z přístavu a jste rázem králem veškeré pozornosti a užíváte si patřičného respektu.

Jenže celá problematika není tak jednoduchá. Pokud se rozhodnete pro stěžně z karbonu, je třeba tomu přizpůsobit i zbytek takeláže. Žádné nerez vanty, ale vylehčený karbon nebo výkonnostní textil. To všechno dohromady



Veškerá hmotnost je umístěna ve středu lodě, pohyb katamaranu přes vlny je díky tomu lehký.

s sebou nese obrovský nárůst výkonu, zvýšenou bezpečnost, ale také vyšší pořizovací náklady.

Výkon a bezpečí? Všechno je možné

Vyplatí se tedy zároveň investovat do hi-tech odlehčených technologií? Při konstrukci IC36 jsme si lámali hlavu nad tím, jak zvýšit výkon a zároveň pocit dobrého ovládání a fakticky pozitivně ovlivnit bezpečnost při plavbě v rychlostech nad dvacet uzlů. Na „budíku“ se nám totiž občas objevuje rychlost přes pětadvacet uzlů a na první pohled se zdá být takové zadání neřešitelné. Jenže v Independent catamaranu jsme to nakonec vyřešili. Jednoduchým návratem ke konstruktérským kořenům, navzdory konstrukční moderně s přehnaným množstvím komfortních a těžkých vymožeností umístěných tam, kde to nejlépe pasuje z pohledu prostoru, ale bez ohledu na dynamiku plavidla, což má fatální následky na plynulost jízdy i bezpečnost. Výrobci to vyřešili prostým zvýšením výtlačku a s ním i prudkým snížením dynamiky a rychlosti lodě. S tím jsme se nechtěli smířit a podívali jsme se na tuto problematiku úplně od základů fyziky. A jsou to právě tato tři pravidla, kterých jsme se ortodoxně drželi.

Těžiště jsme posunuli nízko, otočný a výkonný karbon „wing“ stěžeň je kratší, tlačný moment a moment vzlaku plachet šel níže k vodoryse.

Udrželi jsme celkovou suchou váhu lodě nízko (katamaran s rozměry 11 x 6,2 m váží necelé tři tuny) a vše, co je těžké, jsme umístili do těžiště (48V baterie k elektromotorům i provozní 12V baterie leží osově v trupech pod stěžněm a vodní nádrže jsou v hlavním nosníku). Takže přídě i záď netrpí nevhodným zatížením a loď tak netrpí „kyvadlem“, tedy kymáčením. Jediné těžší předměty jsou na zádi. Jde o elektromotory, které spolu se saildrive váží každý pouhých 58 kilogramů.

Hydrodynamiku a hydrostatiku, tedy obory, které určují chování lodě ve vodě a specifikují její výtlačk, jsme dostali na hranici současných vědomostí v oboru, inspirovali se světem ultimátních závodů a na svět přišel pohodlný racer/cruiser pro rodiny i jachtaře se sportovními ambicemi. Například přídě jsou designovány tak, aby s vlnami nebojovaly, ale prošly jimi jako nůž a nebrzdily dynamickou rychlost lodě zbytečným odporem. Možná si vzpomenete na Vendée Globe 2020, kde Alex Thompson opravoval s čelovkou na hlavě prasklou výztuhu přídě po několikanásobném zatížení jeho foilovací lmcocy při nárazech přídě do vln a po extrémním dynamickém zpomalení jeho lodě Hugo Boss. Tak tomu jsme se chtěli vyhnout obloukem pomocí ostrých náběhů přídě na IC36.

Je toho hodně, co se k lodím dá říct a napsat, jak se podívat na konstrukci. V průběhu času jsem zjistil, že každá sebemenší maličkost má v konstrukci význam a vliv na výkon. A jasné zadání při vývoji lodě má fatální vliv na výsledek. Je to perfekcionismus, který musíte ovládnout a nikdy neuhnout ze svých cílů.

Jedním ze samostatných témat je takeláž. V následujícím textu si tak vysvětlíme problematiku takeláže v širším detailu se zaměřením na technologie z karbonu. To proto, že si myslím, že se toho i po těch letech ví o karbonu celkem málo a o hliníku a nerezů vlastně není co psát, neboť tyto materiály ukázaly svoje schopnosti v čase. Ostatním disciplínám výbavy se budeme věnovat v dalších článcích.



Autor článku Jaromír Popěk během testů ve Španělsku letos na jaře



Nízká hmotnost je nakonec klíč ke všemu.

Karbon versus aluminium

Z pohledu technických vlastností má karbonový stěžeň oproti hliníkovému v několika ohledech navrch. Je totiž minimálně o 35 až 45 procent lehčí, má nižší těžiště, což je z pohledu dynamiky, klopného efektu a bezpečnosti velmi významná vlastnost. Bývá výrazně tužší, ale zároveň si zachovává určitou flexi pro zvládnání přetížení. Jen tak se nerozštípe, ale když už se to stane a dojde ke škodám, lépe se opravují než hliník.

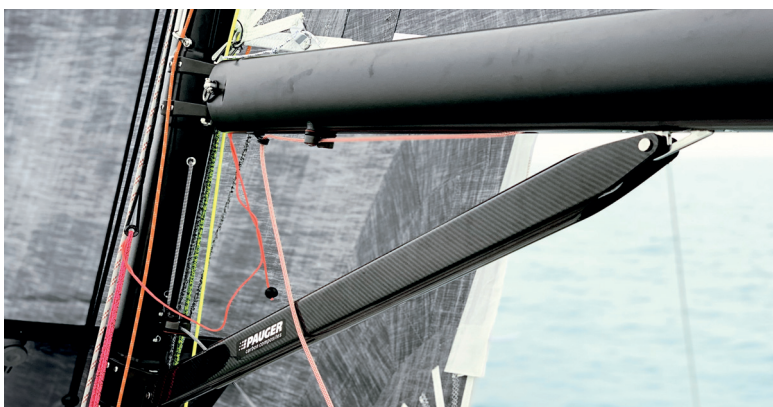
Lehčí, tužší, více dynamiky

Hliníkový stěžeň je tedy těžší, ale to není to jediné, oč tu běží. Tloušťka hliníkového profilu

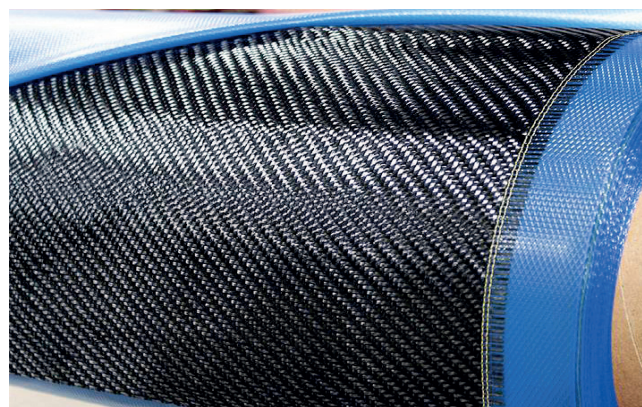
stěžeň je jednotná po celé jeho délce. V okamžiku stanovení velikosti stěžeň vybírá loděnice z předdefinovaných profilů dostupných na trhu s ohledem na „righting moment“ neboli klopný efekt plachetnice s přesným určením zatížení namáhaných částí lodě a samotného stěžeň. Karbonový stěžeň podléhá mnoha výpočtům a jedním z nich je i identifikace strukturálních oblastí, které se opatřují dalšími vrstvami látek s patřičným směrem vláken přesně tam, kde je takové zesílení třeba. Na druhou stranu je stěna profilu tenčí tam, kde to je možné, a tak celková váhová bilance dosáhne vyšších úspor a těžiště se posouvá výrazně dolů k vodoryse.

Tuhost a flexibilita způsobují větší dynamiku, a to se projevuje například i tak, že při poryvech větru nebo pohybu lodě ve vlnách se stěžeň na různých místech deformuje a následně narovnává do původního tvaru. A tady jde o schopnost udržet tvar plachet co nejdéle v nastaveném tvaru (trimu) a při deformaci, jež má být co nejmenší, se dynamicky co nejrychleji napravit. Tím se vygeneruje extra síla, která žene loď kupředu rychleji.

A nejde tady jen o výkon, ale také o bezpečnost. Loď, kterou zbytečně ovlivňuje neefektivní plocha v nastavení hardwaru a vysoké



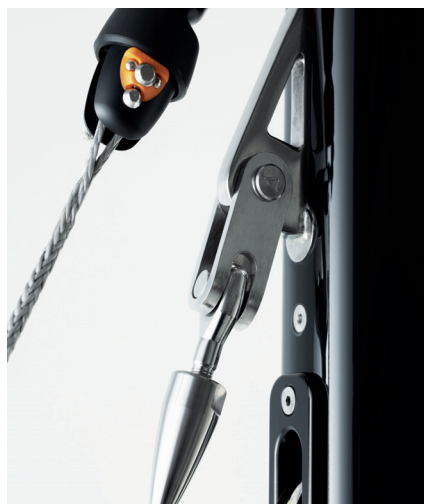
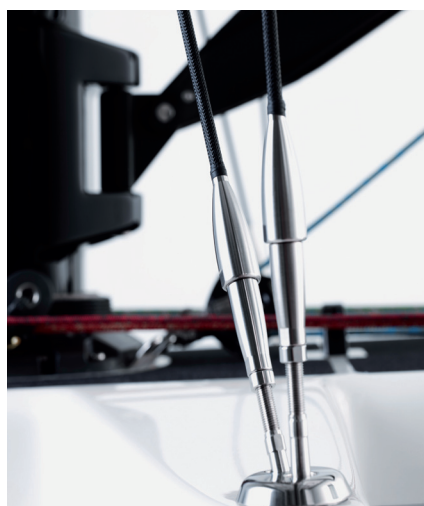
Karbonový kiking od firmy Pauger



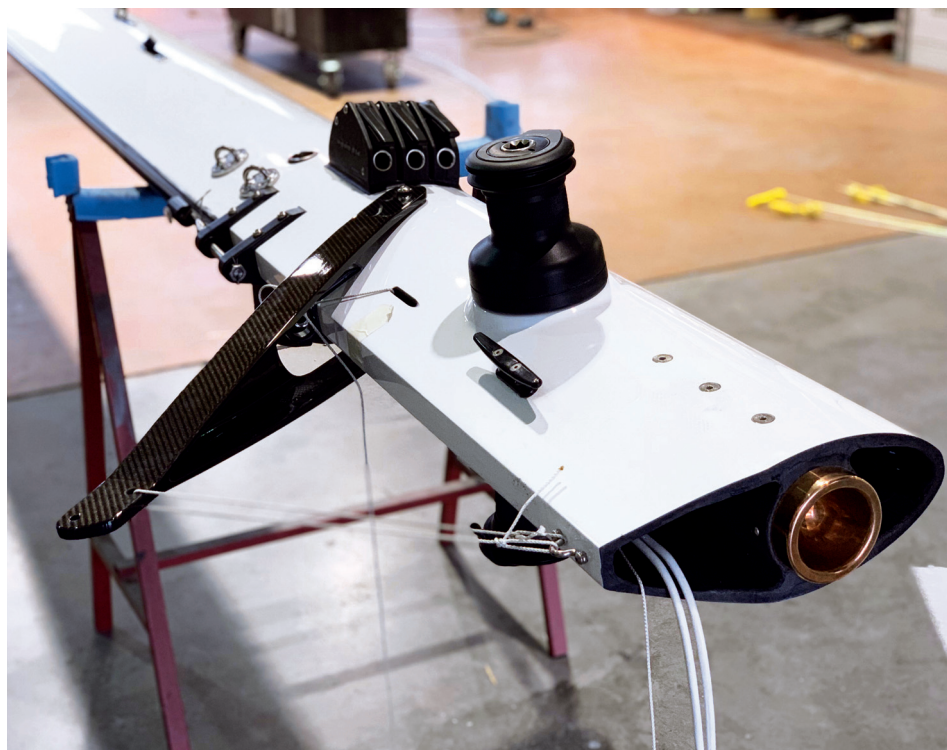
Karbonový prepreg, strojově přednasycená tkanina

těžiště, čelí nadbytečnému odporu, jenž negativně ovlivňuje její rychlost a stabilitu. Naopak, pokud uhnete tomuto tření pomocí správného vybavení, přetavíme jej ve výkon a dostaneme těžiště co nejnižší, cítí se pak loď i její posádka pohodlně i ve dvouciferových rychlostech.

Nyní se budeme věnovat samotnému těžišti. Specifikum lehkých stěžňů je jejich nízké těžiště, které výrazně upravuje stabilitu jachty. Loď



Příklady spojení nerezového kování ke karbonové takeláži



Dolní část stěžně se stopery a vinšnými a pouzdrem pro otáčení

tak absorbuje méně zátěže a pozor! U kýlových plachetnic může dojít ke snížení hmotnosti kýlu nebo lze minimálně snížit ponor lodě. Další snížení váhy pak můžeme dosáhnout pomocí karbonového ráhna, kde dochází opět k úsporám váhy až o 35 procent v porovnání s duralovým ráhnem. A pokud k tomu dodáme takeláž z karbonu nebo textilu (IC36 používá Dyneemu DMX 20 pro zadní stěhy a přední stěh s antitorzní vložkou pro navíjení kosatky a odolným černým obalem), dojde k neuvěřitelnému rozdílu ve váze v této oblasti, a to 70 až 75 procent oproti použití nerezových Nitronic tyčí či pletenému drátu. IC36 mimochodem používá textilní lana i pro vyztužení všech strukturálních napínáků na nosníku či bowspritu. U bowspritu nám přináší významnou úsporu váhy a breaking load 30 tun (moment zlomení), což je asi devětkrát víc, než je třeba. Ale tady to má svůj důvod, a tím je spolehlivost v extrémních zátěžích.

Další možnosti snížení váhy

Není karbon jako karbon. Standardní stěžně a ráhna jsou vyráběny dnes už z běžně dostupných karbonových textilií. Je ale možné dodat ještě další trim z high modulus karbonového prepregu a ušetřit dalších 10 až 15 procent váhy. Jedná se o nejlepší karbonové textilie přednasycené pryskyřicí, která se musí chladit na minus 18 stupňů Celsia před aplikací do forem a následným tlakovým formováním v autoklávu a vypékáním (vytvrzením). Další vý-

hodou je možnost použití menšího profilu, čímž se sníží nejen hmotnost, ale již zmíněný odpor vzduchu při obtékání a náběhu vzduchu do plachet. A je to tu zase. Zvyšuje se tak stabilita i bezpečnost. Takový stěžně lze navrhnout na každou loď.

S firmou Pauger jsme v Maďarsku spustili vývoj naší takeláže. A musím za Independent catamaran prohlásit, že to byla jedna z nejlepších spoluprací za dobu vývoje našeho modelu. IC36 tak „nosi“ high modulus otočný stěžně nejvyšší kvality a pevnosti, který s námi už vydržel i vítr kolem 45 uzlů v obrovských vlnách Lvího zálivu a doručil nám tolik hledaný výkon, pevnost a bezpečí. Pauger nám taky věnoval spoustu času při vývoji a trpělivě hledal řešení pro umístění všeho, co jsme potřebovali na IC36 osadit. Abychom snížili napětí v převozech, ráhnu i samotném stěžni, můžeme osadit na stěžně stopery, vinšny, zámky na výtahy plachet a podobně. S Paugery je to jako v boxu závodní stáje. Projekce, měření, zátěžové testy. A najednou je stěžně na světě a tyčí se na IC36 jako výraz respektované kvality a výkonu. A vůbec nemusí být „na černo“, lidé se zastavují a čile u naší lodě diskutují nad různými věcmi, bílý křídlový stěžně nevyjímaje. Každý (nejen závodníci nebo velké loděnice), kdo zvažuje výměnu stávající takeláže, u Paugery najde svoje řešení, a to mi přijde unikátní a přitom dostupné. Vyvinou vám totiž stěžně na za-





Stěžeň, ráhno a plachty při pohledu z kokpitu

kázku už od jednoho kusu pomocí jednorázové formy zhotovené na pětiosém CNC zařízení. Tento postup je obzvláště vhodný pro vícetrupé lodě s otočnými stěžni, jako je Independent catamaran IC36. A když se design osvědčí, dojde na výrobu formy hliníkové pro velké série, vyžaduje-li to zákazník.

Jak se takový stěžeň vyrábí?

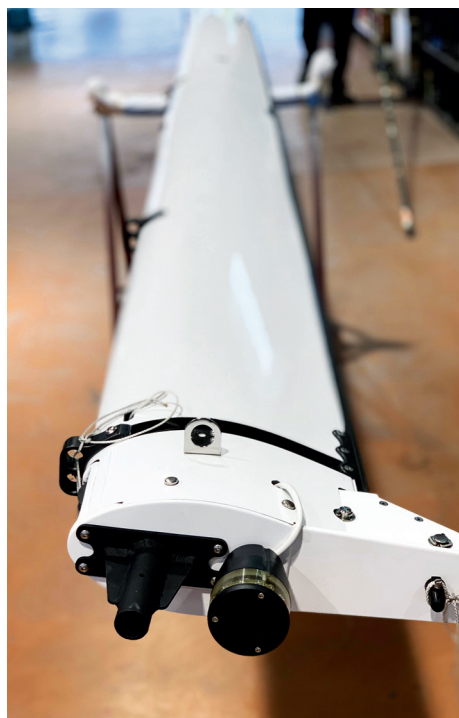
Použije se buď female, nebo male forma. Pauger použil hliníkovou female formu dělenou na dvě poloviny. Na plotru a částečně ručně se naformátují prepregové high modulus formáty látek, vložky a zesilující záplaty dle požadovaného designu a přesného schématu a zaměřené s pomocí laserových projektorů. Takto se docílí nejlepší symetrické přesnosti uložení jednotlivých vrstev. Jakmile jsou vrstvy uloženy, formy se složí k sobě. Celá soustava se ve své délce vloží do autoklávy, tedy do přetlakové komory a vrstvy jsou pak stlačeny zevnitř ještě pomocí nafukovacích bagů s tlakem pět barů. Nakonec se celá forma vloží do obří trouby a technologicky vytvrdí vypečením při 100–120 stupních Celsia. Po vyjmutí z formy se stěžeň opatří trvanlivou akrylovou barvou se slušnou UV odolností.

Karbon „standing rigging“

S Paugerem se člověk obecně nenudí. Když vyvíjíme výkonný katamaran, klademe nadstandardní nároky na výsledek, použité materiály

i výrobní technologie. U Paugerů je to podobné. Vyrábí stěžně z karbonu přes třicet let a nedávno uvedli na trh C-ROD, high modulus karbonové vanty, stěhy a napínání pro sálingy nebo strukturální upínání.

Věřte nebo ne, C-ROD je masivní lano z karbonu s pojivem z epoxidu zakončeným různými terminály pro různé typy uchycení.



Stěžeň téměř připravený k expedici

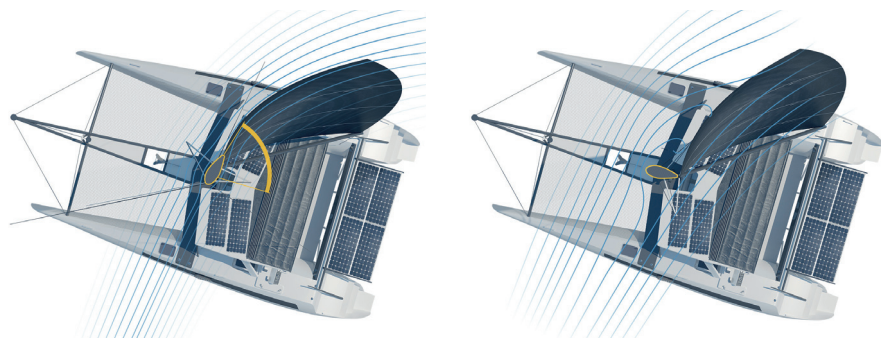
nyými terminály pro různé typy uchycení. Karbonová vlákna se impregnují pod specifickým průtažným napětím a jsou okamžitě stlačena a smrštnuta teplem. Celý proces probíhá v průběžné troubě k zajištění nekončící délky lan.

A teď k vlastnostem. Oproti nerezovému drátu má ve stejném průměru C-ROD dvojnásobnou pevnost a stabilitu. (Nitronic má průtažnou pevnost 1 550 MPa nebo 158 kp/mm² a Pauger Carbon rod má pevnost 3 000 MPa.) Vydrží 100 000 cyklů při šokovém napětí směrem k limitu. Nerez drát vydrží pouze 80 000 cyklů při stejných podmínkách a degraduje v čase. Není pravdou, že je křehký, celý proces je zajištěn efektivním uložením lana v terminálu tak, aby nedocházelo k třepení a narušení vláken. Bezobalová technika zajišťuje, že vizuální kontrola pevnosti je naprosto jednoduchá. Pokud by mělo dojít k poškození, je to prostě vidět na první pohled. Což u textilních, ochranným pouzdrem opatřených lan nelze říci. Pauger tvrdí, že celý systém je zcela bezúdržbový a pyšní se vyšší pevností při breaking load, tedy momentu selhání o 170 až 190 procent.

A opět úspora váhy a nižší odpor vzduchu spolu se významným prodloužením životnosti oproti nerez profilu. Tuto technologii lze za vaši současnou vyměnit lusknutím prstu. Mají totiž k dispozici vlastní kompatibilní zakončení z nerez nebo titanu. Tento systém je také vhodný pro velmi zatěžované závodní lodě a my se těšíme, až jej nasadíme na další IC36 nebo nově připravovanou IC48.

Cena karbonové takeláže je vyšší, ale přesto je ekonomičtější, než si můžeme myslet

Úvodní investice je vyšší. Není to ale astronomická výše, kterou by si jachtař nemohl dovolit. To jsou spíš mýty než fakt. S prodlouženou životností na mnoho let, téměř bez servisu a s jednoduchou vizuální inspekcí stavu takeláže má karbon prostě navrch. Ještě jednou ANO, karbonový stěžeň a C-ROD jsou v úhrnu klidně 1,5x dražší než hliník. Jenže když snížíme hmotnost materiálu nutného na podřízení těžké takeláže z nerez a hliníku, přidáme tedy určitou karbonovou „lehkost“ při provozu a použijeme dlouhodobě udržitelnou povrchovou úpravu a snížíme tak celkové namáhání lodě, musím konstatovat, že se v dlouhodobém hledisku toto ucelené řešení vyplatí. Loď vám to vrátí neskutčným pocitem z plachtění, ne-



Rozdíl v obtékání pevného nebo otočného stěžně je patrný z této grafiky.

pláče a nestěná v silnějším větru, jede pohodlně. „Nepere“ se tolik s ostatními fyzikálními jevy, jako je například hydrodynamický odpor nebo klopný efekt a z něj plynoucí kymáčení. Jsem si vědom, že jsem trochu chycený honbou za technologiemi, ale jsem přesvědčen, že to, co tady píšu, dává smysl. Stačí nad tím uvažovat správně a efekt, který se vám dostaví téměř na každé lodi, vám vykouzlí na rtu blažený úsměv. My to tak v Independentu máme. Vždycky, když se nám něco podobného podaří a posuneme se zas o kousek dál, tak je satisfakce za tu dřinu a investice obrovská. V součtu vám to nakonec udělá taková čísla, jako je rychlost IC36 přes 25 uzlů bez větších rizik. Manželka jednoho německého klienta nevěřícně chodila po kokpitu IC36 a pořizovala snímky displeje. Když jsem se jí zeptal,

jestli si raději nechce sednout, že jedeme pře dvacet uzlů, odvětila, že to tak ani nevnímá. V ten okamžik se stalo to, na co jsme přes pět let čekali. Věděli jsme, že jsme tuto loď postavili správně. Že ji Jonáš (spolupřítel IC) ve spolupráci se mnou a ateliérem Vrtiška a Žák, který tomu věnoval neuvěřitelnou energii, navrhl správně. Není toho moc, co uděláme na dalším kusu jinak, spíš kosmetika. Ale sem nás dovedl vlastní perfekcionismus a touha postavit výjimečnou a pokrokovou loď. A pak že už je všechno vymyšlené.

***Ze zátoky na ostrově Palmižana
Jaromír Popěk, Independent catamaran,
www.independentcatamaran.com
Foto Libor Zhoř, Independent catamaran,
Paugner, Daniel Guryča***



Bowsprit je dimenzován na moment zlomení třicet tun, což je asi devětkrát víc, než je potřeba.

inzerce



Concorde
REISEMOBILE AUS LEIDENSCHAFT



LINER 990 GI

JACHTA NA KOLECH



PRODEJ ● SERVIS



BLUE RENT ●

www.bluerent.cz