Vrste jedara i materijali od kojih se izrađuju

Slatki, Dino

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:440823

Rights / Prava: Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje akademskog naziva:

magistar kineziologije)

Dino Slatki

VRSTE JEDARA I MATERIJALI OD KOJIH SE IZRAĐUJU

diplomski rad

Mentor:

dr.sc. Nikola Prlenda

Zagreb, rujan, 2019.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

_____

upisati titulu, ime i prezime

Student:

_____

VRSTE JEDARA I MATERIJALI OD KOJIH SE IZRAĐUJU

Sažetak

Cilj rada je bio razrada podjele jedara i njihova uloga, odnosno uvjeta u kojima se koriste. Da bi se došlo do cilja postavilo se pitanje o samoj ulozi jedra odnosno, koje jedro koristiti u kojim uvjetima. Glavni problem je, neinformiranost ljudi o korištenju različitih jedra, zbog nedostatka dovoljne količine informacija i pristupačnost istih. Danas postoje jedra koja pokrivaju određeni upadni kut vjetra odnosno, za određeni raspon kuta ulaska vjetra u jedro ćemo koristiti posebno jedro. Osim navedenog, navedene su vrste materijala od kojih se jedra izrađuju. Njihove razlike s obzirom na cijenu, izdržljivost te snagu da se odupru odnosno prilagode trenutnim vremenskim uvjetima na vodi. Navedeni podaci u radu dobiveni su istraživanjem literature te verbalnim kontaktom sa osobama iz jedrenja.

Ključne riječi: jedro, kut, uvjeti, materijali

TYPES OF SAILS AND MATERIALS OF WHICH ARE MADE OF

Abstract

The aim of this paper is to define the division of sails and their roles and conditions in which they are used. To be able to reach this aim, the main topic was the purpose of the sail itself, as different sails are used in different conditions. The main issue is lack of information of the ways in which different sails are used and it is due to insufficient information and inaccessibility. Nowadays there are sails that cover a certain degree wind angles, which means that for a certain angle range of the wind that blows into the sail a specific sail needs to be used. In addition, different materials types are listed. They can differ according to price, durability and strength, in order to withstand or adapt itself to current weather conditions on the sea. The aforementioned data in this paper is obtained through literature research and verbal contact with sailing professionals.

Key words: sail, angle, conditions, materials

SADRŽAJ

1. Uvod 5
2. Jedro 6
2.1. Povijesni razvoj jedara 7
2.1.1. Povijesni razvoj jedara u Hrvatskoj 8
2.2. Vrste jedara 8
2.2.1. Podjela jedara prema položaju 9
2.2.2. Podjela jedara prema funkcionalnosti 16
2.2.3. Kut vjetra i brzina vjetra 22
2.3. Vrste materijala 24
2.3.1. Tkani poliester ili Dacron 25
2.3.2. Laminatni materijal 27
2.3.3. Materijali za izradu spinakera 31
2.3.4. Ostala vlakna i materijali 33
2.4. Dizajn jedara 34
3. Zaključak 39
4. Literatura 40

1. Uvod

Iako je Hrvatska, zemlja sa preko tisuću otoka, te se nalazi u samom središtu Europe nautički turizam ozbiljnije se počinje razvijati sredinom osamdesetih godina sa izgradnjom marina duž obale pod vodstvom tvrtke ACY (danas ACI), koja je osnovana 1983.g. upravo sa tim ciljem. Razvoj nautičkog turizma ponovno se zaustavlja početkom Domovinskog rata. Istovremeno u svijetu pojeftinjenjem letova sve se više razvija trend dalekih putovanja što u konačnici ima i direktan utjecaj i na razvoj turizma u Hrvatskoj. Tako početkom ovog stoljeća Hrvatska doživljava nagli razvoj općenito u turizmu, a posebno u nautičkom turizmu gdje je Hrvatska danas jedna od top destinacija za jedrenje u svijetu. Osim razvoja klasičnog chartera gdje Hrvatska danas drži preko 40 % svjetske charter flote (Koretić 2018.), sve je češći interes za organizacijom sportskih natjecanja u sklopu sportskih klubova, ali i tvrtki koje žele kroz takva natjecanja povezati svoje partnere te same djelatnike. Sve većim interesom rekreativaca pojavljuje se sve veći interes i za obrazovanjem istih u navedenom području. Upravo u tom djelu dolaze do izražaja školovani ljudi koji kroz razne edukacije i škole jedrenja žele njihovo jedrenje podići na višu razinu. Kako svoju vještinu upravljanja brodom, brzinu broda i taktiku dovesti na višu razinu?

Jedno od temeljnih područja kako bi mogli biti bolji je poznavanje strukture jedara kao i prostor njihove primjene. Cilj ovog rada je približiti informacije o vrstama jedra te materijalima od kojih su izrađena.

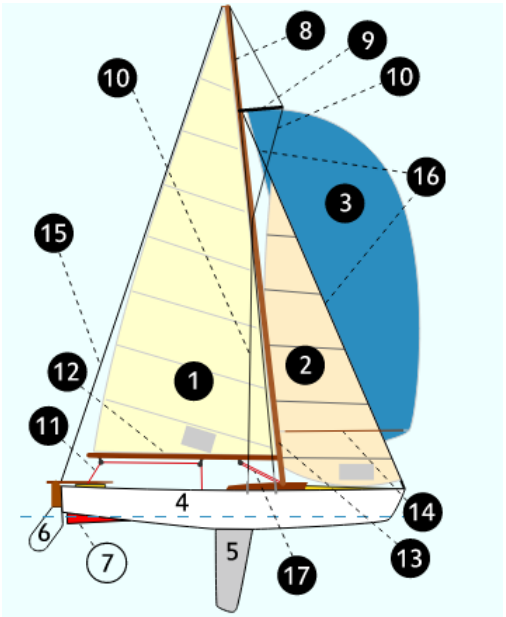
2. Jedro

Postoje razne definicije jedara, a jednu od njih je naglasila Hrvatska enciklopedija definirajući jedro (eng. sail) kao „tkaninu ili foliju posebnog oblika razapetu uz jarbol posredstvom koje se zbog djelovanja vjetra stvara porivna sila za pokretanje plovila“.

Vitaljić (2005) u svojoj knjizi „Biti brži“ jedro opisuje kao „aerodinamičku površinu preko koje struje čestice zraka. Strujanjem se stvara aerodinamička sila koja omogućuje gibanje prema naprijed.“

Prije opisa vrste jedara nužno je definirati gdje su na jedrilici smještena jedra, što prikazuje slika 1.

Slika 1. Dijelovi jedrilice



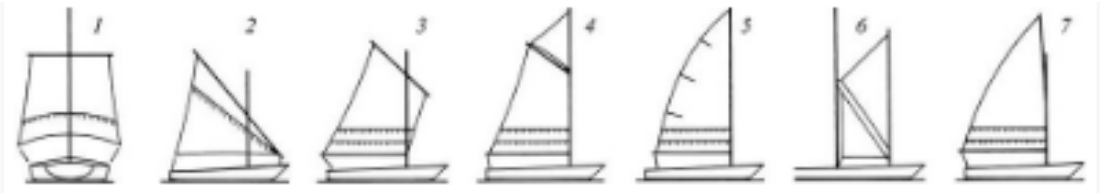
1 glavno jedro
2 prednje jedro
3 spinaker
4 trup
5 kobilica
6 kormilo
7 skeg
8 jarobl
9 jarbolni križ
10 sartija
11 škota glavnog jedra
12 deblenjak
13 jarbol
14 tangun
15 krmeno leto
16 pramčano leto
17 vang

Izvor: Aventin. http://www.aventin.hr/index.php?m=jedrilica

2.1. Povijesni razvoj jedara

U davnoj prošlosti nisu postojali moderni brodovi ili jedrenjaci kojima bi si ljudi olakšali prijevoz s jednog mjesta na drugo. Tadašnja glavna vodena prijevozna sredstva bila su debla od kojih su se radile splavi. One su bile najprikladnije za plovidbu rijekama i jezerima, dok su se za plovidbu morem počeli graditi drveni brodovi s koritastim trupom koji su se pokretali veslima, a zatim i jedrima. Jedra su se najprije izrađivala od kože, pletera, a kasnije od lanene, pamučne ili druge tkanine. Opremu jedra činili su užad i kolutarnici čija je uloga bila podizanje, smanjivanje ili kraćenje jedara i upravljanje njima. Najstariji poznati oblik jedra je četverokutno križno jedro koje visi na vodoravnoj gredi, tzv. križu, učvršćenoj pri vrhu jarbola poprijeko na uzdužnu os plovila zbog čega je prikladno za vjetar iz krmenog smjera. Od 13. stoljeća na Sredozemlju se počelo rabiti trokutno latinsko jedro ovješeno o kosi križ. Uklanjanjem trokutnog dijela pred jarbolom, latinsko jedro je postalo četverokutno oglavno jedro, a zatim i sočno jedro kojem je prednja stranica bila razapeta uz jarbol. Početkom 20. stoljeća glavno jedro postalo je trokutno bermudsko jedro kojemu se povećao učinak tako što su mu se s pramčane strane dodala trokutna jedra: prečka i letno jedro, maleno olujno jedro za jak vjetar i genova za umjereni bočni vjetar (Kozličić, 2017).

Slika 2. Razvoj jedara



JEDRO, 1. križno, 2. latinsko, 3. oglavno, 4. sošno s vršKom, 5. bermudsko, 6. uprto, 7. portugalsko

Izvor: Hrvatska enciklopedija. http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=28922

2.1.1. Povijesni razvoj jedara u Hrvatskoj

Hrvati su uz staru brodograđevnu tradiciju na Jadranu uveli i vlastite ideje oko razvoja brodova. Prihvatili su latinsko jedro kao jedno od trenutnih rješenja plovidbe. Tipični hrvatski brodovi od 9. do 11. stoljeća bili su kondure, sagene i strijele koje nisu bile prikladne za plovidbu izvan Jadrana. Prvi brod u te svrhe bio je trojarbolni trgovački jedrenjak koji se s godinama mijenjao pa je tako postao jedrenjak s dva jarbola. Naposljetku, od 11. do 15. stoljeća dobio je novu formu i ostao na jednom jarbolu i latinskom jedru. U 19. stoljeću hrvatsko brodarstvo poprima novi značaj. Iz malih brodogradilišta razvila su se velika brodograđevna i brodarska poduzeća. Kozličić (2017) je otkrio i da je stoljeće zapamćeno i po jedrenjacima (golete, brikovi, barkovi) kojima su domaći pomorci plovili i trgovali diljem svjetskih mora. Osim velikih, razvili su se i mali brodovi i brodice za potrebe obalne plovidbe, ribarstva i drugih vrsta pomorskog gospodarstva. U drugoj polovici 19. stoljeća jedra su postala sporedna, jer je parni stroj preuzeo ulogu glavnog brodskog pogona. Tada su se u Puli gradili veliki ratni brodovi s jedrima kao pomoćnim pogonom, primjerice linijski brod Keiser. Postupno se smanjivala gradnja jedrenjaka, a posljednji riječki jedrenjak duge plovidbe porinut je u Rijeci 1883. godine. Od početka 20. stoljeća jedrenjaci su se gradili i rabili uglavnom kao školski brodovi te brodovi za rekreaciju i turizam. 2016. godine u splitskom brodogradilištu je porinuta prva od pet čeličnih trojarbolnih škuna duljine 62 metra za vlastitu brodarsku tvrtku, a 2017. godine porinuta je replika jedrenjaka klipera France II iz 1911. godine, duljine 162 metra, širine 18,5 metara, s pet jarbola koji se trenutačno smatra najvećim jedrenjakom s križnim jedrima na svijetu (Kozličić, 2017).

2.2. Vrste jedara

Postoji više vrsta jedara koji se dijele prema namjeni, modelu, funkcionalnosti i slično. Mnogi od njih se više ne koriste budući da se zahvaljujući tehnologiji razvijaju moderna jedra s jačim i kvalitetnijim materijalima koja ih čine izdržljivijima i otpornijima na vlagu, sunčevu svjetlost i slično. U nastavku su definirani i objašnjeni tipovi jedara neovisno o tome da li se još koriste ili su ih zamijenila nova i modernija jedra.

2.2.1. Podjela jedara prema položaju

Podjela jedara prema položaju je ujedno i glavna podjela, a jedra dijelimo na:

- glavno jedro – veliko jedro iza jarbola koje je pričvršćeno za jarbol i bum,
- prednje jedro – malo jedro ispred jarbola pričvršćeno za jarbol i prednje leto (flok ili genova),
- specijalna jedra – jedra za posebne namjene, poput spinakera (Buckles, 2019).

Glavno jedro

Glavno jedro, kao što i sam naziv kaže, je najvažnije jedro koje pokreće svaku jedrilicu. Ono je pričvršeno uz jarbol svojim prednjim rubom, a za bum donjim rubom. Đuratović (2014) u svojoj kolumni „Jedra – motori jedrilice“ objašnjava svojstva glavnog jedra pa kaže da se glavno jedro uvijek koristi prilikom jedrenja i stoga se uvijek obraća pažnja na kvalitetu i izradu glavnih jedara. Tijekom jedrenja uz vjetar, glavno jedro se ponaša kao aerodinamička površina jer čestice zraka struje od njegovog prednjeg ruba prema njegovom zadnjem rubu. U tom trenutku je važna forma glavnog jedra kako bi se nastavilo s pravilnim strujanjem i brzinom jedrilice. Međutim, prilikom jedrenja niz vjetar njegova forma nije važna u jednakoj mjeri jer se tada ne ponaša kao aerodinamička površina, odnosno tada samo skuplja vjetar poput padobrana i zato projcirana površina glavnog jedra postaje značajnija (Vitaljić 2005).

Postoji više vrsta dizajna glavnog jedra, ali se oni međusobno mnogo ne razlikuju. Najpoznatija glavna jedra su:

- regatno glavno jedro s četvrtastim vrhom – vrh omogućava visoku performansu,
- regatno glavno jedro – napravljeno za velike brzine,
- glavno jedro za krstarenje – jednostavno je za održavanje i upotrebu,
- glavno jedro za krstarenje s letvicama – osiguravaju lako rukovanje jedrom, a letvice pružaju jaču izdržljivost,

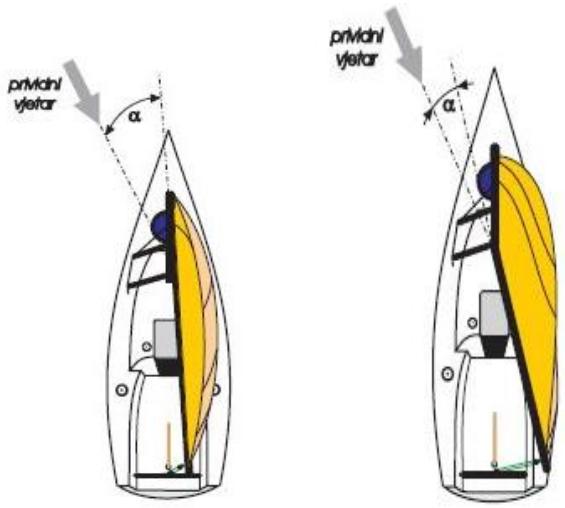
- glavno jedro sa savinutim jarbolom - jednostavni su, ali zahtijevaju složen dizajn i izvedbu („Mainsails“).

Prema Vitaljiću (2018) postoje tri osnovna faktora kojima se kontrolira aerodinamička sila glavnog jedra:

- upadni kut vjetra (α),
- oblik zadnjeg ruba,
- forma jedra.

Upadni kut vjetra – u stvaranju aerodinamičke sile glavnog jedra ovo je najvažnija komponenta. Upadni kut ovisi o kursu kojim se jedrilica kreće. Samom promjenom kursa mijenja se i upadni kut vjetra, a tako i veličina aerodinamičke sile glavnog jedra. Osim o kursu, upadni kut ovisi i o pritegnutosti škote glavnog jedra. Kada se škota priteže, poveća se kut glavnog jedra u odnosu na smjer prividnog vjetra što dovodi do povećanja aerodinamičke sile (slika 3.) Kada se škota popušta, upadni kut se smanji čime se smanjuje i aerodinamička sila glavnog jedra. Upadni kut i veličina aerodinamičke sile glavnog jedra se može regulirati i pomicanjem travelera, odnosno šine jedra.

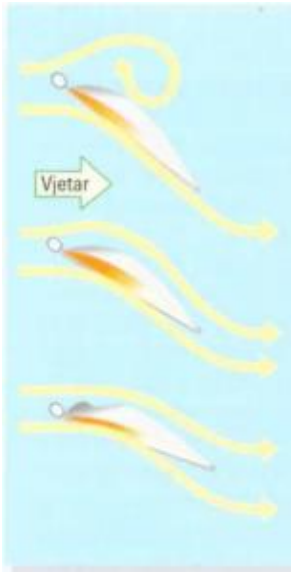
Slika 3. Utjecaj prividnog vjetra na aerodinamičku silu



Izvor: S. Vitaljić. https://gorgonija.com/2018/08/04/glavno-jedro/

Vjetar bi u jedro trebao ulaziti gotovo u liniji s rubom ulaza, pod vrlo malim upadnim kutem. Ako je kut ulaza prevelik, zrak se odvaja od jedra i stvara velike vrtloge, a ako vjetar dolazi suviše sprijeda, jedro gubi nosivost, prazni se i jedrilica gubi brzinu. Kada jedrilica skrene previše u vjetar (te se upadni kut smanjuje ili čak postane negativan), jedro teži punjenju sa suprotne strane i može se početi tresti blizu poruba i tada se kaže da je jedro prazno (slika 4.) (Dedekam, 2004).

Slika 4. Dobar upadni kut



Preširok upadni kut – zračna struja se iza prednjeg poruba odvaja od jedra i stvara se veliki vrtlog. Odvajanje zračne struje je neminovno, ali je poželjno da se pojavi što dalje.

Ispravan upadni kut – do odvajanja zračne struje na zavjetrinskoj strani jedra dolazi dalje od poruba.

Preuzak upadni kut – jedro se trese i dinamički uzgon je znatno smanjen

Izvor: Dedekam, I. http://www.mojaladja.com/upload/Trimovanje_Jedara_I_Jarbola.pdf

Idealne brzine vjetra su:

- najudobnija plovidba: 5-12 čvorova
- apsolutni početnici: ispod 10 čvorova
- za ozbiljnije treninge: 15-20 čvorova
- za teške brodove: 20-25 čvorova (Buckles, 2019).

Oblik zadnjeg ruba – oblik može biti otvoreni i zatvoreni, a razlika je u tome da zatvoreni rub jedra stvara veću aerodinamičku silu, a otvoreni rub i izvijeno glavno jedro stvaraju manju

aerodinamičku silu. Škota glavnog jedra je primarna kontrola koja djeluje na oblik zadnjeg ruba i izvijenosti jedra. Pritezanjem škote smanjuje se upadni kut prividnog vjetra u jedro, budući da se bum pomakne u privjetrinu. Svakim daljnjim pritezanjem škote, kako se bum približava svome krajnjem privjetrinskom položaju u središnjici jedrilice, smjer djelovanja škote je takav da privlači bum u privjetrinu i povećava se komponenta koja vuče bum prema dolje što znači da škota tada primarno djeluje na oblik zadnjeg ruba i izvijenost glavnog jedra (Vitaljić, 2005).

Forma jedra – odnosi se na promjenu dubine i položaja najveće dubine glavnog jedra. Dublja jedra stvaraju veću aerodinamičku silu, dok plića jedra stvaraju manju. Međutim, plića jedra pružaju manji opor strujanju zraka. Osnovne kontrole reguliranja forme jedra su škota, baza, podigač jedra, vang, krmeno leto, cuningham (Vitaljić, 2005).

Prednje jedro

Prednje jedro je jedro smješteno ispred glavnog jedra. Drugi naziv za ovo jedro je pramčano jedro. Kao što je prikazano u Tablici 1, na glavno jedro i prednje jedro različito djeluju pojedine kontrole kao što su konopi i klizač.

Tablica 1. Prikaz djelovanja pojedine kontrole na jedro

	Glavno jedro	Prednje jedro (flok)
Upadni kut vjetra		
Škota	+	+
Promjena kursa	+	+
Klizači	+	
Stražnji porub		
Škota	+	+
Vang	+	
Klizači		+
Zaputka (stražnji štraj)	+	
Zatezač po bumu	+	
Dubina jedra i položaj jedra		
Vang	+	
Podigač	+	+
Cunningham	+	
Zaputka	+	+
Zatezač po bumu	+	
Škota	+	+

Flok

Flok je prednje jedro koje je najprije bilo malih dimenzija i jedina svrha mu je bila stvaranje uravnoteženosti jedara. Današnji flokovi čine većinu jedrilja na jedrilici. Flok se koristi u svrhu stvaranja porivne sile i polja ubrzanog strujanja zraka na zavjetrinskoj strani jedra i pri tome ne smije skretati struju zraka u jedro. Upravo zbog tog flok bi trebao biti plosnat (Đuratović, 2014).

Flokovi se mijenjaju, a ne skraćuju iako postoji sistem za namatanje, skraćivanje i spremanje floka. Taj sistem se najčešće koristi kod charter jedrilica. Flok pruža bolju kontrolu nad pramcem broda, što ga čini lakšim za upravljanje. Veličina floka se najčešće prepoznaje po brojevima F1, 2, 3 i tako dalje. Brojevi predstavljaju točku vezivanja, odnosno redoslijed tih brojeva razlikuje se na svakoj jedrilici, pa tako F1 može biti i najveći i najmanji. (Buckles, 2019).

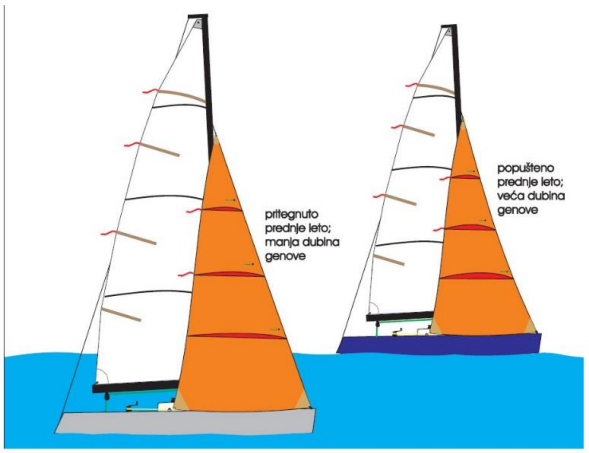
Genova

Genova je jedro koje prvo dolazi u kontakt sa strujanjem vjetra. Oblik genove određuje način upravljanja jedrilicom i upravo zbog toga ona mora omogućavati značajnije promjene dubine i položaja najveće dubine u odnosu na glavno jedro. Postoje tri osnovna faktora kojima se kontrolira aerodinamička sila genove, a to su upadni kut vjetra, oblik zadnjeg ruba i forma genove. Faktori su slični kao i kod glavnog jedra, uz razlike u utjecaju sile. Upadni kut je najvažnija komponenta i on ovisi o smjeru kojim se jedrilica kreće i o tome koliko je pritegnuta škota genove. Upadni kut se može mijenjati pomicanjem klizača genove naprijed ili natrag.

Idući faktor je oblik zadnjeg ruba, pa tako zatvoreni zadnji rub genove stvara veću aerodinamičku silu dok otvoreni zadnji rub i izvijena genova stvaraju manju silu. Na aerodinamičku silu genove utječe se popuštanjem ili pritezanjem škote genove. Popuštanjem škote ona je manja, dok je pritezanjem škole sila veća.

Treći faktor je forma genove pri tom misleći na promjenu dubine i položaja najveće dubine genove. Dubina i položaj se mijenjaju osnovnim kontrolama za promjenu forme genove, a to su škota, podigač genove, krmeno leto, prednje leto i klizač genove (Vitaljić 2005).

Slika 5. Dubina i forma genove



Izvor: Kolovrat, L. https://gorgonija.com/2018/11/01/genova/

Ukupna površina genove izražava se u u četvornim metrima ili četvornim stopama. Nazivi genova 1, genova 2 i genova 3 odnose se na preklapanje, odnosno na to koliki dio površine genove prelazi iza jarbola ili za koliko je posto njena ukupna površina veća ako dio površine ispred jarbola uzmemo kao 100%. Tablica 2 daje prikaz genova koje su primjerene pojedinim snagama vjetra. Prikazane su opće naznake, dok se za određene jedrilice stvarni odnosi provjeravaju sa jedrarom.

Tablica 2. Opće naznake genova koje su primjerene pojedinim snagama vjetra

Jedro	Preklapanje (100%) (m/s)	Prividni vjetar (čvorova)	
Lagana genova 1	150	1-6	2-12
Genova 1	150	3-10	6-20
Genova 2	130	10-13	20-26
Genova 3	100	12-16	24-32

Izvor: Dedekam, I. http://www.mojaladja.com/upload/Trimovanje_Jedara_I_Jarbola.pdf

Razlika između floka i genove je u veličini i obliku jedra – donji stražnji rogalj potpuno odmotanog floka za razliku od genove ne prelazi iza jarbola.

2.2.2. Podjela jedara prema funkcionalnosti

Druga važna podjela je podjela jedara prema funkcionalnosti. Specijalna jedra su namijenjena za razne funkcije i koriste se u specifičnim uvjetima, što znači da nisu uvijek potrebna, ali mnoge posade nose jedno ili više njih. Najčešće su pričvšćena ispred glavnog jedra. Specijalna jedra mogu se podijeliti u dvije različite kategorije:

- jedra za plovidbu niz vjetar,
- olujna jedra.

Jedra za plovidbu niz vjetar – kada se prividni vjetar dobiva po boku ili po krmi, genovu pokriva glavno jedro zbog čega se ne može puniti ako se tangunom ne prebaci na privjetrinsku stranu. U tim prilikama, a pogotovo po laganom vjetru djelotvornost preuzimaju jedra za plovidbu niz vjetar, a to su spinaker i genaker.

Spinaker je najzahtjevnije jedro na jedrilici koje se u prošlosti najviše upotrebljavalo.

Osnovne razlike između spinakera i ostalih jedara su:

- izrađen je od drugačijeg materijala,
- drugačijeg je oblika,
- ima više kvadrata površine od bilo kojeg drugog jedra na jedrilici,
- ima puno manji radijus
- za jedriti njime treba koristiti tangun [1] („Anasail“).

Vrste spinakera:

CROSS – CUT – ujedno i prvi model modernog simetričnog spinakera. Pogodan je za plovidbu s vjetrom ravno u krmu, ali ne za plovidbu s vjetrom po krmi više s boka.

[1] Tangun se koristi za odmicanje donjeg roglja spinakera od jedrilice i njegovo postavljanje u ispravan položaj.

RADIJALNI SPINAKER – u gornjem dijelu ima okomito položene krojke, što po jakom vjetru uzrokuje deformiranje platna. Također, ne odgovara u potpunosti plovidbi s vjetrom po krmi s boka.

TRORADIJALNI SPINAKER – ima krojke položene na način da su suprostavljene trima glavnim linijama najvećih opterećenja. Oblik jedra je stabilniji zbog čega odgovara zahtjevima plovidbe gotovo na svim jedrilicama (Dedekam, 2004).

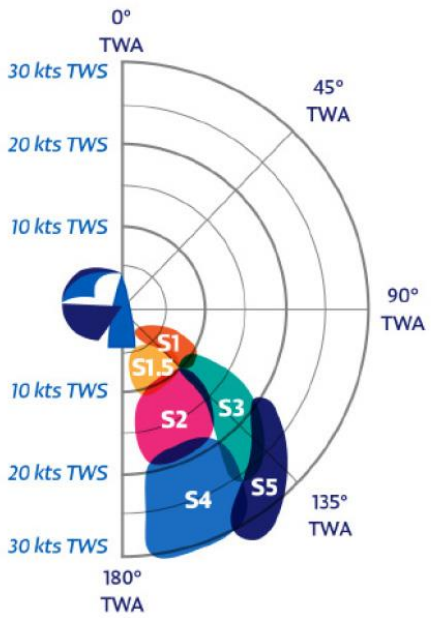
Slika 6. Vrste spinakera



Izvor: Dedekam, I. http://www.mojaladja.com/upload/Trimovanje_Jedara_I_Jarbola.pdf

Regatni spinakeri za plovidbu niz vjetar – ovo su takozvani spinakeri za regate koji su razvijeni kako bi osigurali snagu jedrenja niz vjetar za bilo koju vrstu regata. Ovi spinakeri su dizajnirani za specifične prividne kutove vjetra. Karta u nastavku prikazuje plovidbu niz vjetar od krme do pramca jedrilice pomoću simetričnih i asimetričnih spinakera.

Slika 7. Simetrična polarna karta plovidbe niz vjetar



Izvor: North sails. https://www.northsails.com/sailing/en/products/racing-symmetric-spinnakers

S1 – spinaker za plovidbu kroz lagani vjetar je jedro namijenjeno onima koji trebaju jedra manje težine kako bi poboljšali plovidbu niz vjetar.

Prava brzina vjetra (u čvorovima): 0-10

Pravi kut vjetra (u stupnjevima): 115-140

S1,5 – prava brzina vjetra (u čvorovima): 5-10

Pravi kut vjetra (u stupnjevima): 135-170

S2 – spinaker za regate je višenamjensko jedro koje pokriva veliki domet vjetra.

Prava brzina vjetra (u čvorovima): 10-18

Pravi kut vjetra (u stupnjevima): 130-170

S3 – spinaker s velikim dohvatom je jedro koje pokriva male domete i kutove vjetra. Dizajniran je da plovi što bliže vjetru.

Prava brzina vjetra (u čvorovima): 10-22

Pravi kut vjetra (u stupnjevima): 120-145

S4 – heavy running spinaker koristi se u većem rasponu vjetra i plovi po dubljim kutovima.

Prava brzina vjetra (u čvorovima): 15-30

Pravi kut vjetra (u stupnjevima): 150-175

S5 – Prava brzina vjetra (u čvorovima): 20-35

Pravi kut vjetra (u stupnjevima): 120-150

Spinakeri za krstarenje dizajnirani su za specifične prividne kutove vjetra. Oni su 15% manji od spinakera za utrke.

Prava brzina vjetra (u čvorovima): 6-8

Pravi kut vjetra (u stupnjevima): 90-135

Genaker – genaker je alternativa spinakeru koja se postavlja na kljun, baštun pramca ili na kosnik. To je jedro koje ima visoki rogalj pogodno za plovidbu „laško u orcu“ i s bočnim vjetrom od orce do u krmu dok ne zatreba tangun. Genaker se podešava kao genova u slučaju plovidbe bočno dok je vjetar na pramcu. S vjetrom u krmu može služiti kao spinaker, s tangunom, bracem i škotom (Dedekam, 2004).

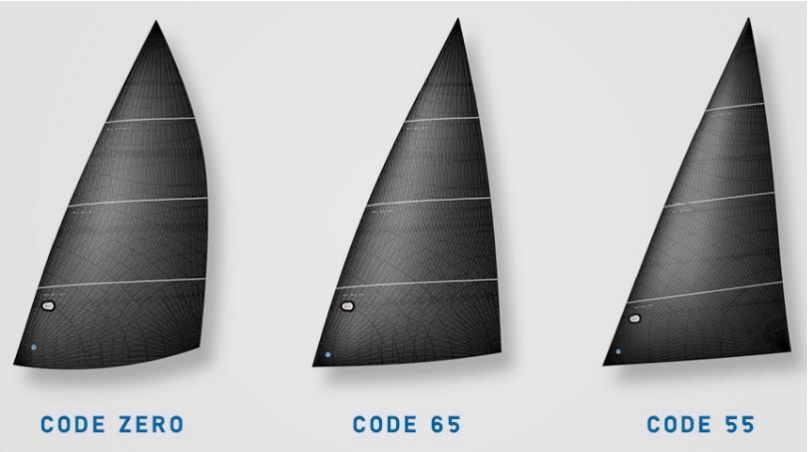
Genaker se koristi kod kuta vjetra od 60-175 stupnjeva. Genakerom se prevaljuje malo dulji put o odnosu na spinaker, ali se njime dobiva i puno veća brzina jedrenja (Đuratović, 2014). Za razliku od spinakera koji se simetričan, genaker je asimetričan, no moderne jedrilice koriste kombinaciju asimetričnih spinakera i genakera. Postoje veliki i mali genakeri, koji su otprilike 75% i 50% veličine pravog spinakera.

Prava brzina vjetra (u čvorovima): 4-24

Drifter reacher – jedro veće kvadrature i napravljeno od relativno tankog materijala kao što je poliester ili najlon. Primjenjuje se od 0-10 čvorova i kutu prividnog vjetra između 40-75 stupnjeva. Mnogi ga uspoređuju sa genovom, ali se njime ostvaruju veće i zavidne brzine. Pri pojačanju vjetra jedro treba spremiti jer u protivnom na njemu ostaju trajne deformacije, odnosno pokvari im se oblik čime postane neupotrebljivo. Drifter obično ima i sistem za namotavanje (Đuratović, 2014).

Code Zero reacher – jedro nastalo kao križanac između genove i asimetričnog spinakera koji se koristi za jedrenje uz vjetar. Pojedina Code jedra mogu izgledati i koristiti se na različite načine, ali sva su brza, plitka. Izvorna Code Zero jedra su dizajnirana kao spinakeri, a Volvo Ocean jedriličari su skovali pojam Code Zero.

Slika 8. Vrste Code Zero jedra

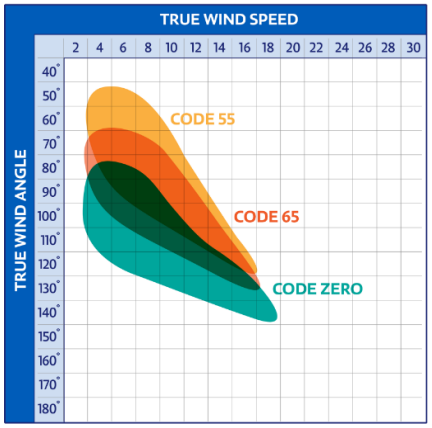


Izvor: North Sails. https://www.regate.com.hr/index.php/north-sails-baza-znanja/778-definicija-code-jedara

Code Zero ima problem što jedro nije dovoljno aerodinamički učinkovito za „orcavanje“ na laganom vjetru. Kao što je rečeno, oni su dizajnirani da se definiraju kao spinakeri koji zahtijevaju da širina na sredini (SMG) bude 75% duljine baze. Ova jedra popularna su među natjecateljima koji jedre po sustavima kao što su IRC, ORR i PHRF. Međutim, kasnije je počela i njihova upotreba za krstarenje. Code 55 ima SMG od 55%, a Code 65 SMG od 65%. To su jedra koja pružaju učinkovitost za offshore regate, višetrupce i krstarenja sa željom za boljim performansama. Manji SMG postotak podrazumijeva ravnije jedro za oštrije kutove jedrenja, a

veći postotak SMG-a podrazumijeva malo dublje jedro za „laškije“ kutove jedrenja. Ako je SMG manji od 51% jedro se tada smatra genovom, a ako je SMG veći od 74& jedro se smatra spinakerom („*Definicija Code jedara*“).

Slika 9. Pravi kut vjetra i prava snaga vjetra Code jedara



Izvor: North sails. https://www.northsails.com/sailing/en/products/code-sails

Specijalna jedra su i olujna jedra koja su jača od običnih jedara, a dizajnirana su tako da mogu podnijeti vjetrove veće od 45 čvorova. Najpoznatija olujna jedra su olujni flok i pomoćno jedro.

Olujni flok - koristi se pri jakim vjetrovima.

Pomoćno/pokusno jedro – predstavlja zamjenu za glavno jedro. To je kratko i trokutasto jedro pričvršćeno na stražnjem dijelu jarbola. Najčešće je izrađen od jakog tkanog poliestera i preporučuje se da bude dobro vidljive boje („Storm Trysail“). Slika prikazuje primjer tog jedra jarke boje koji se primijeti i na velikim udaljenostima.

Slika 10. Pomoćno/pokusno jedro



Izvor: UK Sailsmakers. https://www.uksailmakers.com/storm-trysail

2.2.3. Kut vjetra i brzina vjetra

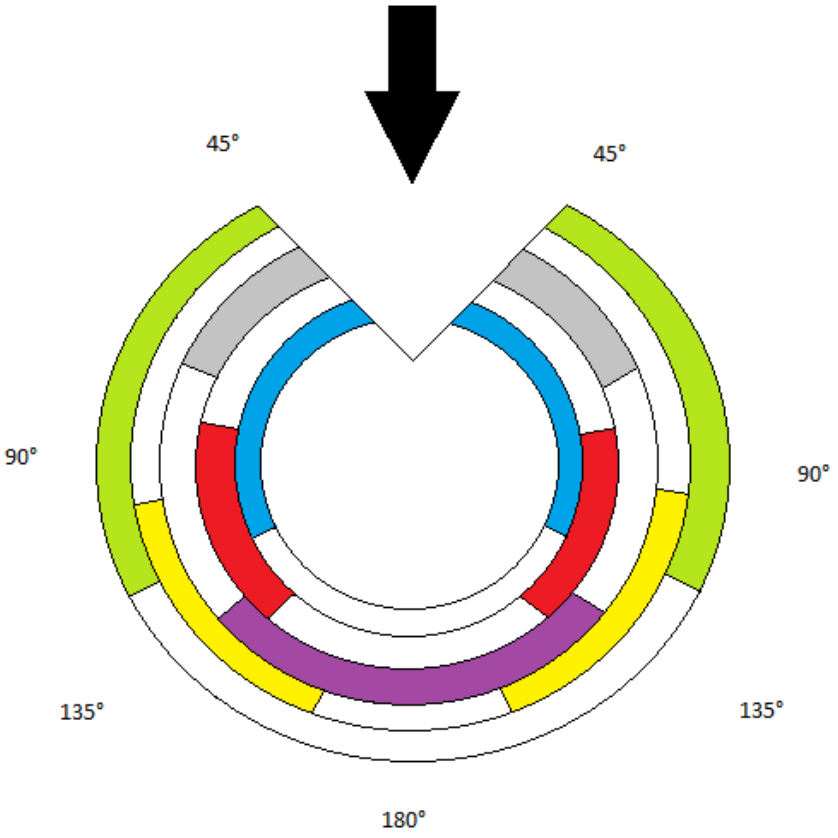
Upadni kut vjetra je kut između simetrale buma i smjera prividnog vjetra. On govori o kutu pod kojim prividni vjetar dolazi u kontakt s površinom jedra. Prividni smjer vjetra i prividna brzina vjetra su smjer i brzina prema kojima se jedrilica kreće određenom brzinom i određenim smjerom. Stvarni smjer vjetra i stvarna brzina vjetra se mjere u odnosu na kopno, odnosno u odnosu na neku točku koja miruje. Također se mogu mjeriti i u odnosu na vodenu površinu, ali se tada ne smije kretati niti na toj vodenoj površini smiju postojati značajnije struje (Vitaljić, 2005). Tablica daje prikaz brzine vjetra za nekoliko vrsta jedara, odnosno za glavne vrste jedara. Razlog zašto se koriste različite vrsta jedara leži u učinkovitosti jer osim jakih vjetrova postoje i lagani vjetrovi i svako jedro se zbog svojih posebnih karakteristika drugačije ponaša u naletu tog vjetra. Primjerice, teška jedra pri laganom vjetru samo lepršaju naokolo i zbog toga se takva jedra najčešće izrađuju od laganih tkanina.

Tablica 3. Korištenje jedra prema brzini vjetra

Jedro	Brzina vjetra
Flok	< 45 čvorova
Genova	< 30 čvorova

Spinaker	1-15 čvorova
Genaker	1-20 čvorova
Code Zero	1-16 čvorova
Drifter reacher	1-15 čvorova
Olujni flok	> 45 čvorova

Izvor: Improvesailing. https://improvesailing.com/guides/sail-types



Slika 11. Upotreba jedara s obzirom na upadni kut vjetra

2.3.Vrste materijala

U prošlosti jedra su se izrađivala od raznih materijala, kao što su koža, pleter, pamučna i lanena tkanina. Današnja suvremena jedra izrađuju se od kemijskih vlakana velike čvrstoće koji su otporni na atmosferske utjecaje. Najčešće su to poliesterska vlakna, poliamidna ili poliakrilonitrilna vlakna, ali i kompozitni materijali, primjerice aramidna vlakna („Hrvatska enciklopedija“).

U prošlom stoljeću Dacron je bio jedini materijal koji se koristio za izradu jedara. Tablica 4 daje prikaz materijala koji se koriste za izradu jedara, a u nastavku rada definiraju se glavne karakteristike svakog materijala.

Tablica 4. Svojstva materijala koji se koriste za izradu jedara

Naziv vlakna	**Početna čvrstoća gram/denler**	**Žilavost gram/ denler**	**Gubitak čvrstoće nakon 60 ciklusa prelamanja (%)**	**UV-otpornost 50% gubitka čvrstoće (mjesec)**	**Produljenje pri pucanju (postoci)**
PBO Zylon	1830	44	27%	2-3 mjeseca	2,5%
Visoko elastično karbonsko vlakno	1350	60	22%	Bez učinka	1,2-1,5%
Spectra/Dyneema	1250	33,5	bez učinka	6-7 mjeseci	5,0%
Kevlar Edge	956	29,4	22%	2-3 mjeseca	3,0%
Kevlar 49	945	23,9	25%	2-3 mjeseca	1,5%
Twaron	810	23,5	25%	2-3 mjeseca	1,5%
Cetran	650	15	bez učinka	6-7 mjeseci	4,0%
Technora Black	540	28,3	7%	3-4 mjeseca	4,2%
Vectran	510	23	15%	1-2 mjeseca	2,0%
Pentex	250	10,2	bez učinka	6 mjeseci	6,0%
Visoko elastični poliester	135	7,9	bez učinka	6 mjeseci	8,0%
Nylon	45	9,5	bez učinka	3-4 mjeseca	13%

Izvor: Vitaljić. S. https://www.regate.com.hr/index.php/biti-brzi/66-3-jedra/864-3-3-materijali-za-izradu-jedara

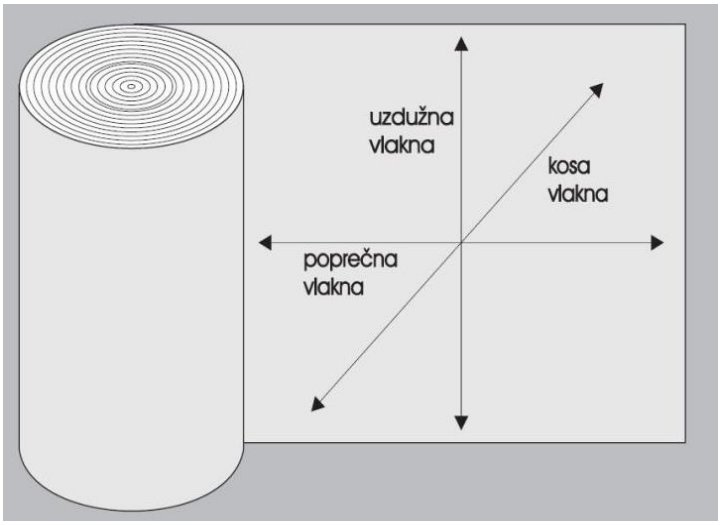
Početna čvrstoća izražena u gramima/denlerima je sposobnost vlakna da se odupre rastezanju. Veći brojevi pokazuju manju rastezljivost, odnosno veću otpornost. Najveću otpornost ima PBO Zylon, dok Nylon ima najmanju otpornost na rastezanje. Žilavost ili otpornost na kidanje pokazuje početnu čvrstoću vlakna. Veći brojevi pokazuju da je potrebna veća sila da se vlakno prekine, odnosno kao i kod rastezanja, veći broj daje i veću otpornost kidanju. Carbon ima najveću otpornost kidanju, a iza njega je odmah i PBO Zylan. Gubitak čvrstoće prelamanjem pokazuje otpornost vlakna na prelamanja i savijanja. U postocima je izražen gubitak čvrstoće nakon ciklusa od 60 prelamanja. Pet vlakana iz tablice ne gubi učinak, dok PBO Zylon gubi 27% čvrstoće. UV-otpornost pokazuje koliko vremena (izraženo u mjesecima) je ostalo da vlakno izgubi 50% od svoje početne čvrstoće. Carbon je jedino vlakno koje ne gubi čvrstoću nakon izloženosti UV-zrakama. Produljenje pri pucanju izraženo je u postocima i pokazuje izdržljivost vlakna na dinamička i nepravilna opterećenja (Vitaljić, 2005).

2.3.1. Tkani poliester ili Dacron

Tkani poliester je izuzetno trajan i relativno jeftin materijal koji se koristi još od sredine 50-ih godina 20. stoljeća. Dacron je proizvela tvrtka DuPont, a prvi Dacron proizveden je u gradu Acron (Ohio). Dacron se proizvodi tkanjem poliesterskih niti te njihovim sužavanjem termičkom obradom radi postizanja što užeg i finijeg tkanja. Jedro izrađeno od kvalitetnog Dacrona otporno je na UV zračenje, presavijanjem ne dolazi do deformiranja, otporno je na većinu mehaničkih trošenja i ekonomične je cijene (Righi, 2017). Različita Dacronska tkanja nazivaju se prema svojoj težini (6.1oz Dacron ili 8.3oz. Dacron). U Americi se koristi mjera ounce/yard, u Europi mjera g/m.

Poliester se može tkati na način da niti jednako osiguravaju i uzdužnu i poprečnu čvrstoću, a može se tkati i tako da osiguravaju samo uzdužnu ili samo poprečnu čvrstoću. Niti koje osiguravaju uzdužnu čvrstoću nazivaju se osnova, a niti koje osiguravaju poprečnu čvrstoću nazivaju se potka. Dodatna čvrstoća se dobiva dodavanjem određenog broja niti u poprečnom ili uzdužnom smjeru. Dodatna čvrstoća dacronskog tkanja se može dobiti i dodavanjem kosih niti, ali i kombiniranjem osnova tako da Dacron može imati jednaku čvrstoću u uzdužnom i poprečnom, a i u kosom smjeru (slika 8.)

Slika 12. Dacron vlakna



Izvor: Vitaljić, S. https://www.regate.com.hr/index.php/biti-brzi/66-3-jedra/864-3-3-materijali-za-izradu-jedara

Za jednostavna poprečno ili koso krojena jedra koriste se uzdužno tkane role Dacrona jer se odrezani dijelovi spajaju okomito na zadnji rub jedra čime se osigurava čvrstoća jedra u uzdužnom smjeru gdje je ujedno i opterećenje najveće (Vitaljić, 2005).

Jedra s godinama slabe, odnosno s funkcionalne strane dolazi do deformacije dizajnirane idealne forme, do koje dolazi zbog slabljenja svojstva materijala korištenog pri izradi. Poliesterska nit Dacrona se deformira pri manjem opterećenju nego Carbonska ili Kevlarska nit. Deformacija se očituje kao nepovratno istezanje niti koje dovodi do narušavanja idealne forme jedra. Trajanje funkcionalnog života ponajviše ovisi o vrsti kroja i kvaliteti Dacrona. Kroj može biti horizontalan ili radijalan te među njima postoje razlike u dužini funkcionalnog vijeka. Jedro izrađeno u horizontalnom kroju ima kraći vijek, dok jedro radijalnog kroja ima duži vijek. Osim toga, jedro horizontalnog kroja je zbog visoke iskoristivosti materijala pri izradi ekonomičnije, za razliku od jedra radijalnog kroja koji ima manju isplativost materijala i duže vrijeme proizvodnje (Righi, 2017).

2.3.2. Laminatni materijal

Laminatni materijali čine jedro lakšim uz jednaku čvrstoću u odnosu na Dacron. Osim toga, laminatna vlakna bolje održavaju zadanu formu jedra. U izradi laminatnih jedara, vlakna od određenih materijala lijepe se zajedno uz jedan ili više slojeva Mylara. Mylar ili Meliney je tip plastične folije koji se mnogo koristi u proizvodnji plastičnih boca (PET) i folija za izradu jedara. Prednosti Mylara:

- velika prozirnost,
- velika otpornost na koroziju,
- dobra kemijska i termička otpornost
- velika otpornost na klizanje

Nedostaci Mylara:

- mora se oprezno slagati,
- nepravilno slaganje uzrokuje gužvanje ostavljajući trajne tragove na jedrima (Đuratović, 2014).

2.3.2.1 Aramidna vlakna

Aramidna vlakna postala su važno ojačavalo za zahtjevne konstrukcije, među kojima je i izrada jedara. Ona su prvi put komercijalizirana 1972. Godine od strane tvrtke DuPont pod nazivom Kevlar. Aramidna vlakna se vrlo često miješaju sa ugljičnim vlaknima nižeg naprezanja i veće čvrstoće u istim regatnim jedrima. Ova vlakna imaju izvrsnu postojanost na oksidaciju. Magdalenić Bujanić M. i Bujanić B. (2011) naglašavaju da aramidna vlakna posjeduju svojstvo samozaštite, što znači da gornji slojevi štite donje slojeve od utjecaja zračenja.

Tablica 5 daje prikaz vrijednosti toplinske rastezljivosti za neke vrste aramidnih vlakana. Vrijednosti su negativnog predznaka te vlakna posjeduju visok stupanj dimenzijske stabilnosti.

Tablica 5. Toplinska rastezljivost

Vlakno	Toplinska rastezljivost, 10^{-6}/°C
Kevlar 29	-3,76
Kevlar 49	-4,25
Kevlar 149	-1,96
E-staklo	+5,0

Izvor: Magdalenić Bujanić, M., Bujanić, B. Aramidna vlakna, str. 131

Kevlar je materijal koji je prvi put sintetiziran 1965. godine od američko-poljskog kemičara Stephanie Kwoleka. Pojavljuje se u tri vrste Kevlar 29, Kevlar 49, Kevlar 149. Po svojoj kemijskoj strukturi vrlo je sličan još jednom materijalu – Nomex. Oni su ujedno i primjeri kemikalija koji se nazivaju sintetički aromatični poliamidi ili aramidi. Naziv je najjednostavnije razumjeti ako se definiraju zasebno:

- sintetički materijali izrađeni su u kemijskom laboratoriju (za razliku od prirodnog tekstila poput pamuka koji se dobije od biljaka),
- pod aromatičnim svojstvom misli se na Kevlarove molekule koje imaju snažnu, prstenastu strukturu poput benzena,
- poliamid znači da se aromatične molekule nalik prstenu međusobno povezuju stvarajući duge lance (one teku u unutrašnjosti i paralelno s Kevlarovim vlaknima pomalo nalik na čelične šipke u armiranom betonu,
- polimer znači da je Kevlar napravljen od mnogo identičnih molekula spojenih u cjelinu (od kojih se svaka naziva monomer). Plastika je najpoznatiji polimer (Woodford, 2019).

Kevlar ima mnoge prednosti i nedostatke, kao i ostala vlakna, a jedna od prednosti je da je on snažan, ali relativno lagan. Specifična čvrstoća istezanja ili vučenja Kevlar 29 i Kevlar 49 je preko osam puta veća od snage čelične žice. Također, materijal se ne topi i može se zapaliti, ali izgaranje obično prestaje kada se ukloni izvor topline. Niske temperature ne utječu na Kevlar te se nakon izlaganja vrućoj vodi ne promijeni. Međutim, i ovaj materijal ima mane, kao što je slaba otpornost na pucanje. Osim toga, dugotrajno izlaganje UV zrakama uzrokuje promjene

boje i propadanje vlakana u Kevlaru. Rastezna čvrstoća Kevlarovih aramidnih vlakana danas je 50% viša u odnosu na vlakna od prije 31 godinu.

Technora je vlakno visoke učinkovitosti koju proizvodi Teijin iz Japana. To je vlakno koje ima veliku otpornost na toplinu i kemikalije. U usporedbi s Kevlarom, Technora pokazuje nešto niži početni modul, ali veću otpornost na savijanje. Technora Black je aramidno vlakno i materijal koji se koristi često u izradi jedara zbog odlične izdržljivosti koja je duža u odnosu na obični Kevlar.

Twaron je vlakno visoke čvrstoće koje ne treba biti izloženo dugotrajnom izlaganju UV zrakama jer ima negativan učinak na mehanička svojstva vlakna. Twaron se koristi za zaštitnu odjeću i izradu tkanine za jedra. On se ne smanjuje ako je izložen vrućem zraku.

PBO je vlakno napravljeno u Japanu koje je vrlo osjetljivo na sunčevu svjetlost i oštećenja od savijanja. Također, malo se rasteže, skup je i troši se brže od Kevlara kada je pod utjecajem UV zraka. Da bi se zaštitio od lošeg utjecaja sunca, PBO se prekriva posebnim filmom Mylara. Tvrtka Dymension/Polyant u proizvodnji upotrebljava film koji se naziva Magna Shield u boji bakra zbog čega jedra od PBO-a imaju karakterističnu narančasto crvenkastu boju (Vitaljić, 2005).

Postoje dvije vrste PBO Zylon vlakana - AS (redovan) i HM (visoki modul), a razlike među njima vidljive su u tablici 5 („Toyobo“).

Tablica 6. Razlike između PBO Zylon vlakana

Tip	AS	HM
Niti u decitexima	1.7	1.7
Gustoća (g/cm³)	1.54	1.56
Čvrstoća (cN/dtex) (GPa) (kg/mm²)	37 5.8 590	37 5.8 590
Zatezanje (cN/dtex) (GPa) (kg/mm²)	1150 180 18000	1720 270 28000

Istezanje pri lomu (%)	3.5	2.5
Povrat vlage (%)	2.0	0.6
Temperatura raspadanja (°C)	650	650
Koeficijent toplinskog širenja	-	-6x10-6

Izvor: Toyobo. https://www.toyobo-global.com/seihin/kc/pbo/zylon-p/bussei-p/technical.pdf

2.3.2.2 Sintetička vlakna

Ultra PE (UHMWPE) – smatra se konkurentom Kevlaru te se zbog toga često uspoređuje s njim. Trgovačke marke Dyneema® i Spectra® poznate su mnogim jedriličarima.

Dyneema/Spectra – ovo vlakno prvi put je primijenjeno 1979. godine u DSM (Duch State Mines), a 1990. godine je ušla u masovnu proizvodnju u Nizozemskoj. Spectra je sintetičko vlakno velike molekularne težine na bazi polietilena. Također, 15 puta je jači od čelika i 40% jači od Kevlara. Vlakna su lakša i fleksibilnija u odnosu na Kevlar i Technoru. Spectra je specifična po tome što se ne lomi pri savijanju i otporna je na UV zračenje. Najčešće se upotrebljava u izradi opreme za planinarenje, konope, materijale za jedra i pancirke. Koristi se najviše na većim jedrilicama za krstarenje gdje predstavljaju razumni omjer težine, snage i trajnosti. Međutim, i ona ima neke nedostatke, primjerice produžuje se nakon što je bila pod velikim opterećenjima. Također, skuplja je od Kevlara (Đuratović, 2014).

Carbon je sintetičko vlakno sastavljeno od sitnih karbonskih niti debljine 5-10 microba. Oni sadrže najmanje 90% ugljika i crne su boje. Karbonska vlakna se dobivaju iz već oblikovanih drugih organskih vlakana, pretežno poliakrilonitrilnih vlakana velike čvrstoće, a u manjoj mjeri i od celuloznih viskoznih vlakana, te iz smolastog ostatka pirolize nafte. Proces dobivanja ovih vlakana provodi se termičkom obradom u nekoliko stupnjeva. Svojstva karbonskih vlakana su sljedeća:

- velika čvrstoća,
- velik modul elastičnosti,
- velika krutost,

- razmjerno mala gustoća u odnosu na metalne niti,
- izvrsna otpornost na toplinu uz istodobnu stabilnost dimenzija,
- veoma slaba gorivost,
- kemijska inertnost,
- neokorozivnost,
- otpornost na kiseline, lužine i organska otapala,
- dobra toplinska i električna vodljivost,
- nemagnetičnost,
- vrlo mala apsorpcija rendgenskih zraka,
- neupijanje vlage,
- izvrsna biokompatibilnost („Kompozit-kemija“).

Karbonsko vlakno u jedrima prvi put se pojavilo tijekom America's cupa 1992. godine i od tada su ga mnogi prihvatili u području jedrenja i krstarenja. Prilikom slaganja jedara posada mora biti vrlo oprezna kako ne bi došlo do njihovog oštećenja budući da su vrlo osjetljiva na savijanje. Značajan napredak u korištenju karbona je miješanje s Ultra PE vlaknima što dovodi do sinergijskog poboljšanja karakteristika oba materijala („Vodič kroz vlakna“, 2019).

2.3.3. Materijali za izradu spinakera

Spinakeri se izrađuju od najlonskih i poliesterskih materijala iz razloga što su opterećenja u spinakeru nejednolika, a najlonski materijali su dovoljno elastični da ta opterećenja izdrže bez trajne deformacije. Najlon se također koristi za asimetrične spinakere jer je jeftin, ima dobar omjer mase i čvrstoće. Vrlo je rastezljiv i ima dobru UV stabilnost. Zbog vrlo dobre čvrstoće jedrenje niz vjetar ne predstavlja nikakav problem u jedrima što je u takvim situacijama jedrenja poželjno. Najlon je robustan materijal, osjetljiv na oštećenja od izlaganja kloru te se stoga uvijek preporuča izbjegavanje izbjeljivača prilikom pranja ili ispiranja najlonskih jedara, kao i kontakt

jedara s bazenom za plivanje. Postoji nekoliko najlonskih materijala koji se danas koriste u izradi spinakera.

Višenamjenska vlakna (Multi-purpose spinnaker fiber) – MP-70, MP-75 i MP-90 su višenamjenska vlakna dizajnirana posebno za krstarenje i klupske utrke. Karakteristike ovih vlakana su razne, kao što su izdržljiv impregnirani sloj, vlakna su prikladna za radijalne i kose krojeve, dizajnirana su za idealnu ravnotežu izdržljivosti, performanse i ekonomičnosti te su dovoljno široka za maksimalnu proizvodnu učinkovitost („Sailcloth update“).

Airx je jedan od novijih materijala kojeg je razvila tvrtka North Sails tijekom America's Cupa 2003. godine. Postoji više različitih težina Airxa koje se kreću od 0.4oz (17 g/m) pa sve do 1,5oz (64 g/m). Neke od vrsta su:

AIRX – 600N: 37 g/m – visoka performansa i čvrstoća čine vrlo jak proizvod za širok raspon jačine vjetra

AIRX – 900N: 67 g/m - izuzetna čvrstoća i izdržljivost za performanse na moru i općenito za krstarenja ili utrke („Sailcloth update“).

Ovom materijalu se dodaje silikonska masa kako bi spinaker upijao što manje vode te kako bi se olakšalo manevriranje i dizanje jedra (Vitaljić, 2005).

Superlite je lagani materijal težine 0.5oz (21 g/m) koji se koristi za sve spinakere.

Superkote je materijal dizajniran da zadovoljava pravila klasa kao što je J-24. Vrlo je otporan na rastezanje i kidanje. Serije Superlite i Superkote zajedno predstavljaju jedinstven asortiman tkanina za spinakere. Tkanine su tretirane jedinstvenim premazom na bazi poliuretana što rezultira izvrsnim materijalom s malom težinom i velikom otpornošću na vodu. Kombiniraju se različiti stilovi kako bi se dobio dobar omjer snage i težine za jedro („Superlite/Superkote“).

Dynalite: materijal koji se najčešće koristi za spinakere „one-design“ klase, primjerice Megles 24. Karakteristično za ovaj materijal je da sadrži silikonsku masu.

Maxilite je vrlo čvrsti materijal težine 1,5oz (64g/m) koji se koristi za izradu teških spinakera.

Cuben Fibre je materijal razvijen 1992. godine. To je laminat koji sadrži trake plazme izrađene od vlakana Spectre 2000. Takav kompozit izvaljan je u film koji je puno tanji u usporedbi s

ostalim laminatima i zadržava čvrstoću tijekom dugotrajnog savijanja. Cuben Fiber nakon 250 presavijanja zadržava gotovo 100% prvobitne čvrstoće, za razliku od aramidnih vlakana. Osim za izradu spinakera, tanki laminati Cuben Fibera pokazali su se izvrsnim izborom u izradi velikih laganih genova (code zero genova) (Vitaljić, 2005).

Tvrtka OneSails prezentirala je novi IFS sustav, odnosno integrirani rolani sustav. To je novi stil konstrukcije glavnih jedara i jedara za plovidbu niz vjetar. IFS jedra dizajnirana su tako da uključuju mrežu kontinuiranih strukturnih vlakana. Prednosti korištenja ovih jedara i za krstarenje i utrke su sljedeće:

- poboljšana aerodinamička performansa,
- jedro je lakše,
- jednostavno za rukovanje („OneSails Racing“, 2015).

2.3.4. Ostala vlakna i materijali

North Sails tvrtka je svjetski lider u proizvodnji jedara i tvrtka koja ima zanimljiv pristup u otkrivanju novih vlakana za izradu istih. Njihov pristup leži u tome da se prvo pažljivo ispitaju podaci laboratorijskih ispitivanja, odredi vjerojatna primjerena vlakna, osmisli pravi dizajn tkanine i odabere odgovarajući raspon veličine jedara. Nakon svega toga nužan je i opsežan period testiranja kako bi se osiguralo da karakteristike i učinkovitost novih vlakana budu potkrijepljena dokazima i valjana.

PENTEX ili PEN je standardno poliestersko vlakno, ali se rastežu upola manje. Ima istu početnu čvrstoću kao Dacronsko vlakno, ali se isteže 2,5 puta manje od Dacrona. Ta neusklađenost između čvrstoće i rastezanja znači da platno koje se temelji na PEN-u ne može biti lagano u stvarnoj upotrebi. Ova vlakna se također mogu laminirati i puno su jeftinija od aramidnih i ostalih novih visoko tehnoloških vlakana. U usporedbi s njima PEN vlakna imaju puno manju čvrstoću i više se istežu. Prodaje se pod markom Pentex® i dostupan je u relativno ograničenom rasponu. PEN vlakna imaju nisko skupljanje kada se zagrijavaju tijekom završne obrade i ne mogu se čvrsto tkati kao poliester. Upravo zbog toga se ova vlakna mogu pronaći

samo u kombinaciji s PET-om (Mylar) filmom u laminiranoj tkanini za višeslojna jedra, jer PEN ne dolazi u obliku tkanja („Vodič kroz vlakna“, 2019).

LCP (liquid crystal polymer) je lagano vlakno, a uobičajeno ime za ova vlakna je Vectran. Začudo, tvrtka North Sails ne koristi LCP vlakna ni u jednom materijalu za jedra jer nije povoljan u smislu omjera troškovi/trajnost/performanse. Međutim, za mnoge je i dalje popularan materijal jer podnosi visoke temperature i otporan je na rastezanje i savijanje. Ima veliku otpornost na UV zračenja, ali je ipak više osjetljiv na njih u usporedbi sa aramidnim vlaknima. Svoja svojstva gubi na 220 stupnjeva Celzijevih, a tali, odnosno rastapa se na 330 stupnjeva. Najčešće se koristi za izradu kabela, konopa, opremu i odjeću za jedrenje.

PBO je vlakno visokih performansi koje nije uspjelo kao materijal za jedra. Napravljen je u Japanu i vrlo je osjetljiv na sunčevu svjetlost i oštećenja od savijanja, tako da su jedra na bazi PBO-a imala vrlo kratki životni vijek.

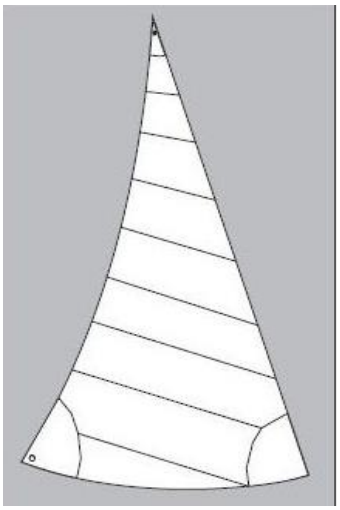
2.4. Dizajn jedara

Proces dizajniranja novih jedara odvija se kompjuterski, no nakon što ploteri odrežu potrebne dijelove ili panele započinje proces u kojem jedro dobiva svoju formu lijepljenjem i šivanjem. Postoje različite vrste krojeva, odnosno spajanja modernih jedara. Razlog tome leži u činjenici da je materijal najotporniji na rastezanje kada se nosiva vlakna nalaze u istom smjeru u kojem djeluje opterećenje na jedro. Paneli se smještaju tako da se snažnija vlakna uvijek stavljaju u smjeru gdje je najveće opterećenje, primjerice rubovi jedara. Manja jedra imaju manja opterećenja i zbog toga se biraju materijali koji su adekvatno čvrsti u svim smjerovima čime nije potrebna kompleksna i skuplja upotreba velikog broja panela.

KOSI KROJ – ovaj kroj se koristi za izradu tradicionalnih, charter genova i glavnih jedara. Vrlo je jednostavan i zbog malog broja panela koji su međusobno paralelni i okomiti na zadnji rub jedra, omogućava dobru kontrolu nad formom jedra. Također, ne ostavlja višak materijala. Kod ovakvih jedara koriste se materijali koji imaju najveću čvrstoću u uzdužnom smjeru kako bi jedro izdržalo zadana opterećenja. Budući da se najveća opterećenja u jedrima pojavljuju

uzduž zadnjeg ruba, čvrstoća tog ruba se postiže smještanjem nosivih vlakna paralelno sa zadnjim rubom jedra.

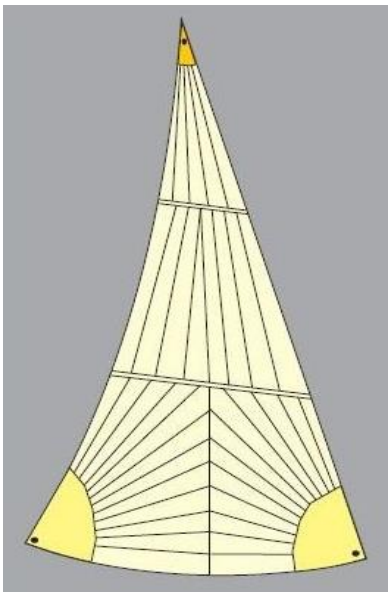
Slika 13. Paneli koji su paralelni jedan s drugim i okomiti na zadnji rub jedra



Izvor: Kolovrat, L. https://gorgonija.com/2018/04/04/dizajn-jedara/

RADIJALNI KROJ – za izradu radijalnih jedara koriste se materijali koji imaju čvrstoću u poprečnom smjeru, odnosno materijali koji imaju veću čvrstoću uzduž cijele role materijala. Dugački trokutasti paneli se smještaju tako da što bolje prate smjer opterećenja u jedru. Oni također trebaju biti vrlo tanki radi točnijeg prilagođavanja smjeru opterećenja. Široki paneli se koriste u donjim dijelovima jedra što omogućava ekonomičnije korištenje materijala. Veliki broj panela radijalnom kroju omogućava korištenje više laminatnih materijala u jednom jedru. Čvršći i deblji laminati koriste se u dijelovima jedra koja su pod većim opterećenjima, kao zadnji rub ili vrh jedra. Lakši i tanji laminati se koriste u manje opterećenom prednjem rubu. Posljednja i najsnažnija vrsta laminata može poslužiti za donji rub jedra koji se najviše troši, pri promjenama uzda i uslijed zapinjanja na ogradicu broda. Različite težine laminata i različite vrste materijala se kombiniraju da bi se proizvelo lakše jedro koje može izdržati sva predviđena opterećenja tijekom jedrenja. Početne točke panela u radijalnom kroju nalaze se u kutovima jedra iz razloga što sva opterećenja počinju u gornjem kutu te se radijalno šire do druga dva kuta jedra (Vitaljić, 2005).

Slika 14. Paneli se radijalno šire od gornjeg prema donjim uglovima



Izvor: Kolovrat, L. https://gorgonija.com/2018/04/04/dizajn-jedara/

3DL JEDRA – radi se o trodimenzionalnom procesu upotrebe kalupa za izradu jedara. Jedra su se počela izrađivati na kalupu slično kao kada se nanose slojevi smole i poliestera za vrijeme izrade trupa jedrilice. Proces izrade 3DL jedara odvija se u nekoliko faza:

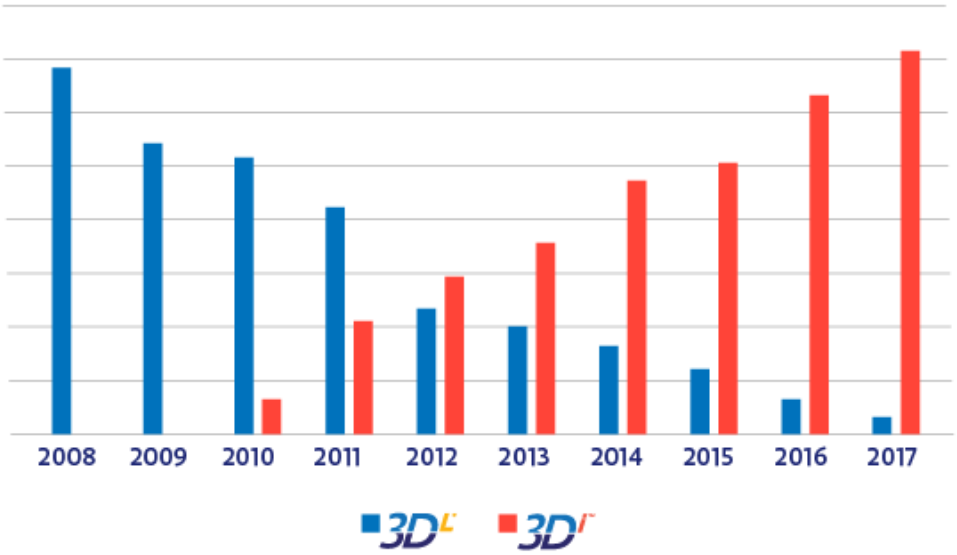
1. faza – započinje kompjuterskim programiranjem oblika kalupa koji može mijenjati oblik do određene mjere kako bi zauzeo odgovarajuću formu jedra. Proces je izrazito značajan jer se jedra rađena u ovoj vrsti tehnologije, vrlo malo rastežu.
2. faza – kompjuterski program čita upute i oblikuje kalup prema zadanim naredbama. Jednom nakon što se kalup formira, preko njega se stavlja i zateže film od određene vrste Mylara.
3. faza – pomoću robotiziranih strojeva na zategnuti Mylar film nanose se vlakna pod određenom tenzijom. Smještaj tih vlakna odgovara smjeru i količini opterećenja tog jedra.

4. faza – preko položenih vlakna stavlja se drugi sloj Mylar filma koji se zatim pokriva s velikom vakuum vrećom koja komprimira laminat i istiskuje čestice zraka između slojeva filma.
5. faza – nakon što je istisnut sav zrak, iznad jedra postavlja se posebni grijač koji zagrijava stlačeni laminat. Nakon zagrijavanja jedro se ostavlja na kalupu kako bi se ohladilo te dobilo potrebnu formu.
6. faza – kada se laminat ohladi i osuši, ručno se dodaju ojačanja na rubovima, džepovi za letvice i zaštitni dodaci. Završeno jedro je do 30% lakše od konvencionalnog jedra i proizvedeno je iz jednog komada. Smanjenje težine postiže se učinkovitijim nanošenjem materijala u odnosu na opterećenja u jedru.

3DL jedra najčešće se izrađuju od aramidnih vlakna, no sve se više koriste carbonska i vectranska vlakna (Vitaljić, 2005).

Proizvođač 3DL jedara je tvrtka North Sails koja je širila svoje proizvodne pogone u druge države. Međutim, linija 3DL jedara se prestala proizvoditi u rujnu 2017. godine kada se počela proizvoditi nova linija proizvoda, tzv. 3Di jedra. Prelaskom na 3Di jedra tvrtka je prestala s proizvodnjom laminatnih jedara oslanjajući se na Mylar i potpuno se zalaže za širenje 3D kompozitnih struktura. Današnja 3Di jedra bolje zadržavaju oblik, imaju jaču i poboljšanu izdržljivost. Slika 15 prikazuje kako se s godinama smanjivala proizvodnja 3DL jedara i povećavala proizvodnja 3Di jedara („North Sails News“, 2018).

Slika 15. Proizvodnja 3DL jedara i 3Di jedara



Izvor: North Sails. https://www.northsails.com/sailing/en/2018/02/north-sails-completes-shift-from-3dl-to-3di-product-lines

2008. godine proizvodnja 3DL jedara bila je na vrhuncu, međutim iz godine u godinu se smanjivala. 2010. godine i s pojavom 3Di jedara prodaja 3DL jedara se još više smanjila da bi u 2017. godini doživjela totalni pad proizvodnje. Nova jedra su se počela proizvoditi sve više i tako su potpuno zamijenila 3DL jedra.

3. Zaključak

Iz navedenog rada može se zaključiti da nije dovoljno poznavati samo osnovna jedra. Analiziran je veliki broj jedara, što zapravo govori o kompleksnosti samog sporta ali i rasponu mogućnosti za ubrzavanjem jedrilice. Iako je moguće prilikom jedrenja koristiti samo osnovna jedra (glavno jedro, flok), takva jedra neće moći omogućiti posadi iskorištavanje svog potencijala jedrilice, a samim time i ostvarenje dobrog rezultata. Prilikom odabira vrste jedara potrebno je uzeti u obzir cijenu jedara te njihovu primjenu. Dacronska jedra su najjeftinija čime su i najviše prihvaćena u rekreaciji dok se ostala jedra najviše koriste kod regatnog odnosno natjecateljskog jedrenja. Bitno je napomenuti kako se za korištenje bilo kojeg jedra, treba prije informirati o svojstvima istog. Kvalitetnija jedra su u pravilu i skuplja, ali nažalost kraćeg vijeka trajanja. Iz tog razloga vrlo je bitno procijeniti odnos između kvalitete, izdržljivosti, cijene, ali i područja primjene samih jedara. Osim navedenog, postoji veliki broj proizvođača jedara sa različitim tipovima jedara i različitim karakteristikama. Isto jedro (npr. Genova), kod različitih proizvođača ne mora biti istih karakteristika. Upravo zbog navedenog preporuča se korištenje jedara istog proizvođača čime se dobiva ravnomjeran raspon između jedara s obzirom na snagu vjetra, stupnjeve upadnog kuta kao i minimalno preklapanje između samih jedara. Ukoliko se kombiniraju različita jedra različitih proizvođača, postoji velika mogućnost da će se za određeni vjetar na raspolaganju naći nekoliko jedara, dok će za drugi nedostajati adekvatno jedro što će u konačnici rezultirati padom brzine same jedrilice.

4. Literatura

Buckles, S. (2019). The ultimate guide to sail types and rigs. *Improvesailing.com*. Dostupno na: https://improvesailing.com/guides/sail-types

Dedekam, I. (2004). Trimanje jedara i jarbola. *Fabra Press.* Dostupno na: http://www.mojaladja.com/upload/Trimovanje_Jedara_I_Jarbola.pdf

Đuratović, Z. (2014). Kolumna Zorana Đuratovića: Jedra – motori jedrilice. *Portaloko.hr*. Dostupno na: http://www.portaloko.hr/clanak/kolumna-zorana-duratovica-jedra--motori-jedrilice/0/68410/.

Jedro. (n.d.) U Hrvatska enciklopedija. Dostupno na: http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=28922

Karbon – karbonska vlakna (n.d.) *Kompozit – kemija*. Dostupno na: http://kompozit-kemija.hr/portfolio-posts/karbonska-vlakna

Kolovrat, L. (2018). Glavno jedro. *Gorgonija com.* Dostupno na: https://gorgonija.com/2018/08/04/glavno-jedro/

Koretić, D. (24.06.2018.). DRŽIMO 40% SVJETSKE ČARTER FLOTILE, A GDJE JE NOVAC? Imamo zlatnu koku od koje bismo trebali zarađivati basnoslovne cifre, a prihodi su prilično skromni. *Jutarnji list.* Dostupno na https://www.jutarnji.hr/vijesti/hrvatska/drzimo-40-svjetske-carter-flote-a-gdje-je-novac-imamo-zlatnu-koku-od-koje-bismo-trebali-zaradivati-basnoslovne-cifre-a-prihodi-su-prilicno-skromni/7513533/

Kozličić, M. (2017). Brodovi na vesla i jedra. *Leksikografski zavod Miroslav Krleža*. Dostupno na: http://tehnika.lzmk.hr/brodovi-na-vesla-i-jedra/

Magdalenić Bujanić, M. i Bujanić, B. (2011). Aramidna vlakna. UDK 677.4:678.01. 130-134

Mainsales. (n.d.) U North Sails. Dostupno na: https://www.northsails.com/sailing/en/sail-types/mainsails

North sails completes shift from 3DL to 3Di product lines. (2018, veljača). North sails news. Dostupno na: https://www.northsails.com/sailing/en/2018/02/north-sails-completes-shift-from-3dl-to-3di-product-lines

OneSails Racing Symmetric and Asymmetric Spinnakers (2015). Onesails.com. Dostupno na: https://www.onesails.com/international/sails/racing-downwind-1744/racing-downwind

Righi, V. (2017). Dacronska jedra. *Gorgonija.com.* Dostupno na: https://gorgonija.com/2017/07/14/dacronska-jedra

Sailcloth update (n.d.) U Bainbridge International. Dostupno na: https://bainbridgeintusa.com/wp-content/uploads/2015/10/Sailcloth-Update.pdf

Spinaker u teoriji i praksi (n.d.) Academia Navalis Adriatica (Anasail.com). Dostupno na: https://anasail.com/trgovina/spinaker/

Superlite/Superkote (n.d.) Contendersailcloth.com, Dostupno na: https://www.contendersailcloth.com/product/superlite-superkote/

Toyoba (n.d.) PBO Fiber Zylon®. Dostupno na: https://www.toyobo-global.com/seihin/kc/pbo/zylon-p/bussei-p/technical.pdf

Vitaljić, S. (2005). *Biti brži*, Zagreb: Vlastita naknada.

Vodič kroz vlakna i materijale. (2019, ožujak). North sails baza znanja. Dostupno na: https://www.regate.com.hr/index.php/north-sails-baza-znanja/811-vodic-kroz-vlakna-i-materijale

Woodford, C. (2019). Kevlar®. *Explainstuff.com.* Dostupno na: https://www.explainthatstuff.com/kevlar.html