

NAVIGAȚIA – O NECESITATE

*Ion Cristea, prof., restaurator,
CMN „Moldova” Iași*

Lorin Cantemir, prof. univ. dr., D.H.C., membru ASTN

Rezumat: *Lucrarea reprezintă un demers, o preocupare de reconstituire dimensională precum și a calităților de navigație a acestora pe baza a două manuscris valoroase. Unul a fost elaborat în anii 1430 și se află în Biblioteca regală din München și al doilea, Codex latinus parisinus.*

1. Introducere

Omul s-a născut liber, iar ulterior face toate eforturile posibile pentru a-și păstra această stare, considerată ca drept natural și ancestral. În baza acestui drept, stare, pe care mult timp nu l-a conștientizat a practicat migrațiunea, iar ca formă agresivă năvălirile. În aceste stări dinamice, omul a trebuit să găsească soluții pentru a-și exercita starea de libertate a mișcării. În consecință a venit în contact cu cele trei stări ale naturii: pământ, apă și aer. Istoria a confirmat că Homo Sapiens a reușit să găsească soluții pentru a nu fi îngrădit în exercitarea stării de libertate. Născut pe Pământ, omul s-a adaptat cel mai bine și repede în acest mediu, nu întotdeauna prielnic și ospitalier. Mai dificil a fost cu apa, mai ales când aceasta exista în cantități și volume importante și care curgea gravitațional. Ca și în majoritatea cazurilor, mama natura i-a furnizat soluția-plutirea trunchiurilor de arbori. Omul primitiv nu și-a explicat-o, dar a folosit-o.

Astăzi știința și măsurătorile ne explică că greutatea specifică a majorității speciilor de arbori este mai mică decât a apei. Din această diferență, rezultă capacitatea de plutire a lemnului. Dar și aici avem cazuri și cazuri. Vom da unele exemple pentru orientare, indicând mai jos greutatea specifică a unor specii în g/cm³: bradul-0,45; teiul - 0,46; molidul - 0,48; pinul - 0,52. Toate aceste specii sunt considerate ca specii ușoare. Dintre speciile grele menționăm: frasinul - 0,76; salcâmul - 0,75; stejarul - 0,84; ulmul - 0,88. Toate greutatele specifice indicate sunt determinate pentru speciile de lemn în stare uscată. La același volum de apă deslocuit coniferele au o forță portantă de plutire cu circa 77% mai mare decât lemnul greu.

În cele ce urmează vom estima capacitatea de plutire a unui singur buștean din lemn de brad cu un diametru de 30 cm și cu o lungime de 5 m. Pentru calcul vom lua în considerare și starea umedă a bușteanului. Apreciind creșterea greutatei specifice cu 70%, rezultă o greutate specifică de 0,765 g/cm³. Ținând seama de Legea lui Arhimede, rezultă o forță ascensională, de plutire în apă de 353,57 kg din care scădem greutatea bușteanului de 270,236 kg, rezultă că la limita de plutire bușteanul considerat poate prelua un om de 83 kg. Desigur forma cilindrică a bușteanului nu-i conferă stabilitate pozițională și ca atare ar mai trebuie asociati de ambele părți cel puțin încă un buștean. În acest mod s-a realizat o plută care poate transporta peste 200 kg. În mod normal plutele au în alcătuirea lor până la 10-15 bușteni. Ele nu au rolul de a transporta ceva, ci reprezintă autotransportul buștenilor, care folosesc ca forță de propulsie o componentă gravitațională paralelă cu albia cursului de apă. Așadar, o forță de natură externă corpului mobil.

Într-o primă etapă a civilizației timpurii, plutele erau folosite nu numai pentru transportul lemnului ci și a altor produse. Consemnări pentru acest tip de transport există pentru spațiul mesopotamian și egiptean, unde Eufratul și Nilul au permis folosirea plutei propulsate gravitațional. Era etapa dependenței totale a lui Homo Sapiens de posibilitățile naturii, navigația fiind doar la începutul întemeierii ei. Față de forța eoliană, cea gravitațională se manifestă permanent și constant. Evident, nu putea fi folosită decât în condiții particulare, iar mai mult, nu putea fi reglată, moderată, controlată decât indirect.

În efortul de a controla, cât de cât, propulsia plutei, sumerienii și egiptenii au fost avantajați de un traseu în mare măsură liniar și cu pante lente, caracteristice câmpiilor care coborau înspre mare. Dar, oricum, traseul albiei nu era perfect liniar și simetric. Mai mult, centrul de greutate al plutei sigur nu era în centrul ei de simetrie. În aceste condiții pluta trebuia să fie oarecum dirijată. Trebuie să considerăm că plutele au fost primele ambarcațiuni. Acestea, de fapt, au fost primele vehicule, ambarcațiuni, care mai ușor și aparent mai simplu au folosit plutirea și alunecarea hidraulică ce solicita cel mai mic efort de propulsie. În aceste condiții de ape liniștite (stătătoare-bălți, lacuri, iazuri, mări și oceane) primul element propulsor a fost palma, care permitea obținerea unei forțe de propulsie. Având o suprafață apreciată la o lățime de 9 cm și o lungime medie, cu degetele lipite, de 15 cm, rezultă o suprafață de propulsie de 0,0135 mp. În cazul când palma este mișcată în apă cu o viteză de 0,8 m/s rezultă o forță de propulsie de 0,00864 kg (0,0847 N). Aceste forțe pot asigura deplasarea în apă stătătoare atât a unui înotător, cât și a unui om aflat pe un buștean sau o plută mică.

Practic, propulsia hidraulică poate crește dacă crește viteza de deplasare a palmei în apă, precum și suprafața care împinge apa. Ca atare, mâna a rămas elementul motor, iar cu timpul între ea și apă au fost introduse elemente ajutătoare, amplificatoare a propulsiei. Astfel s-au imaginat lopețile, vâslele, ramele, pagaia, care au suprafețe mai mari de împingere a apei și reprezintă o prelungire a brațului, care la aceeași rotire înseamnă o viteză tangențială mai mare de împingere a apei. Rezultă că propulsia hidraulică folosește un element rigid; paleta, lopata, vâsla sau rama, și împingerea se realizează prin sprijinirea lor mobilă pe un mediu lichid care reacționează prin forța de coeziune mobilă.

Homo sapiens a căutat soluții pentru a îmbunătăți performanțele propulsiei. Astfel, acolo unde existau condiții, așa cum este în cazul apelor mai puțin adânci, a folosit prăjinile de 3-4 m. Măsurătorile efectuate pe mai mulți subiecți au arătat că un om poate dezvolta prin împingere sau tragere o forță de cca 30 kgf. Întrucât o prăjină folosită pentru propulsie are o poziție înclinată ea permite generarea unei componente orizontale a forței de împingere a prăjinii pe care autorii o estimează ca având o valoare de 21 kgf, aproximativ 21 daN. Ea poate produce pe apă o deplasare a unei plute mai mici cu 0,514 m/s, ceea ce se traduce prin cheltuirea unei puteri utile apreciată la 0,15 CP, valoare ce se încadrează în potențialul energetic uman disponibil de a fi utilizat. Precizăm că studiile efectuate și însoțite de experimente au arătat că organismul uman, alimentat normal și folosind oxigenul provenit din respirație, poate produce o putere echivalentă cu 0,4 CP, din care circa un sfert poate fi folosită în mod liber conform necesităților.

2. Demers de reconstituire dimensională a unor ambarcațiuni și a unor parametri de navigație

Demersul va fi aplicat în două cazuri consemnate în documente după cum urmează:

- Ambarcațiune cu zbatouri reprezentată într-un manuscris german din 1430;
- Barcă cu două zbatouri și dispozitiv de tragere autopropulsată menționată în Codex latinus parissianus.

Pentru a putea aprecia parametrii de navigație vom reconstitui dimensiunile constructive ale ambarcațiunii. Folosind reconstituirea cu unele modificări pentru ambele cazuri, descrise practic în perioada Evului Mediu într-un interval de circa 200 de ani, timp care este nesemnificativ pentru evoluția mijloacelor de navigație. Astfel vom aprecia, reconstitui următoarele dimensiuni:

- vom adopta o lungime de 7 metri ca o lungime medie-intermediară între lungimea unei monoxile obișnuite de 4-5 m și lungimea unei lotci de 6 metri sau a unei luntrii mari - denumită dubas. Astfel, dubasul găsit în albia Nistrului și expus la Muzeul din Tighina (oficial Bender), are o lungime de 9 metri.

- în ceea ce privește lățimea, ea este ca și impusă de modul de acționare al manivelei. Pentru rotația butucului cu zbatouri (pale) documentul spune foarte clar că manevranții manivelor de la prova și pipa nu puteau sta decât unul lângă altul, umăr la umăr, ceea ce impune lărgirea bărcii, apreciată de autori la 2 ori 70 cm la care trebuie adăugate spațiile de gardă. În consecință, distanța dintre zbatouri, lățimea bărcii, a fost apreciată la 1,80 m. Corpul navei s-a apreciat ca un semicilindru cu raza de 90 cm.

Conform tradiției, navele antice erau construite din scândură de stejar care îmbrăcau un schelet. Același lucru l-am considerat și noi. S-a apreciat că cele două ambarcațiuni au fost realizate din scândură de stejar cu o grosime de 2 cm. A rezultat o ambarcațiune având o greutate de 650-700 kgf, o provă și pipă de 0,45 m cu un corp de formă semicirculară cu o rază de 0,90 m și lungime de 6,1 m.

La prima ambarcațiune prevăzută cu o manivelă dispusă transversal față de bordaj și prevăzută la ambele capete cu un corp-butuc cilindric pentru susținerea a câte 4 palete (vâsle, lopeți) pentru propulsie, având în vedere dimensiunile ambarcațiunii și diverse tipuri de palete și vâsle, autorii au adoptat pentru calcule orientative o vâslă (paletă) cu următoarele dimensiuni:

- lungimea totală de 85 cm;
- o coadă scurtă de 15 cm introdusă în butuc și cu o pală de formă trapezoidală de 70 cm lungime și cu două laturi paralele de 5 și 10 cm.

A rezultat o pală având o suprafață de 0,0595 mp care va asigura propulsia prin rotația manivelei. Conform diverselor studii și surse, manivela poate fi rotită normal cu 22 rot/min prin dezvoltarea unei forțe de 10 kgf la brațul manivelei. S-a considerat raza manivelei de 30 cm și o rază medie a paletei motoare de 0,5 m la viteza de rotație de 22 rot/min și la suprafața considerată de 0,0595 mp.

La aceste valori constructiv funcționale, propulsia umană prin manivelă permite ca o singură paletă să poată dezvolta o forță de propulsie de 0,772 N. Pentru a propulsa

nava trebuie dezvoltată o forță mai mare decât forța de frecare dintre corpul navei și lichidul în care plutește. Forța de frecare reprezintă rezistența care se opune deplasării ambarcațiunii pe care o vom nota cu R . Folosind legile hidrodinamicii, autorii au calculat această rezistență cu relația:

$$R(\text{kgf}) = 37,92 V^2 \quad (1)$$

Rezistența la înaintare rezultă 376,92 kgf, dacă viteza V de deplasare a navei se consideră în noduri. Se știe că $1 \text{ Nd} = 0,514 \text{ m/s}$. Coeficientul 37,92 este determinat pe baza dimensiunilor și formei navei. Din relația (1) rezultă că în cazul navigației cu un nod, nava ar trebui să învingă o rezistență de circa 38 kgf sau $38 \times 9,81 = 372 \text{ N}$.

Această rezistență este mult prea mare pentru forța de propulsie a unei palete apreciată la 0,772 Newtoni. Calculele arată că ne-ar trebui circa 480 de palete acționate de 120 de vâslași. Desigur, se poate micșora numărul de palete măbind suprafața lor. Ceea ce nu este însă un factor limitativ este puterea pe care o poate dezvolta un vâslaș. Ea este de circa 74 wați în condiții normale. Rezultă că pentru a naviga cu un nod ar trebui să folosim 50 de vâslași.

Autorul textului *Codex latinus parissianus* fără să știe legile hidrodinamicii a făcut pe bună dreptate specificația: „pe ape liniștite”, adică stătătoare, lacuri, iazuri, unde rezistența la înaintare este minimă. Dar nu numai atât, pe ape stătătoare liniștite, chiar și folosirea unei singure vâsle are un efect foarte mic, dar are, totuși chiar și la barca considerată de 7 m lungime și 2 lățime și greutatea de 650 kgf, care se va deplasa foarte lent, dar se va deplasa.

Autorii doresc să precizeze că valorile rezultate din calcul sunt de același ordin de mărime ca și realitatea. Astfel, vom menționa la navele romane denumite liburne, având o lungime de circa 24 metri și o lățime de 6 metri aveau 42 de vâslași și o velă pătrată. Ținem să precizăm că suprafața vâslei considerată de autori echivalează cu suprafața a 5 palme. Chiar și în aceste condiții se poate obține o deplasare de 23,4 cm/s sau 14,04 m/min. În cazul folosirii celor patru zbatouri viteza crește la 47 cm/s sau 28,04 m/min. În final vom prezenta succint ambarcațiunea menționată în *Codex latinus parissianus*. Ambarcațiunea este dotată cu un dispozitiv foarte ingenios și capabil de multiplicare a efortului de propulsie. Sistemul de propulsie contra curentului este constituit dintr-o funie sau două. Unul din capetele acestora este ancorat de mal sau chiar în albia apei. Celălalt capăt este prins de corpul cilindric al unei osii montate transversal pe axul longitudinal al ambarcațiunii, care la ambele capete este prevăzut cu zbatouri ce sunt antrenate de curgerea apei. În acest mod se realizează înfășurarea funiei de osie, dar și exercitarea unui efort de tragere a ambarcațiunii față de punctul fix al capătului funiei.

4. Cum se realizează propulsia și multiplicarea efortului de tracțiune

Zbatul montat pe ambarcațiune lucrează similar ca o roată de moară. Forța motoare produsă de curgerea apei se aplică la o anumită distanță de axa de rotație. Astfel ia naștere un cuplu motor M_M egal cu produsul dintre forța generată de apă F_M și brațul, distanța acesteia față de axa R_M .

Rezultă cuplul motor $M_M = F_M \times R_M$

Acest cuplu se regăsește la osia celor două zbatouri montate pe o osie, care în același timp reprezintă un tambur pe care se înfășoară funia ancorată. În lungul acesteia se va manifesta forța de propulsie, tragere F_P care are ca braț raza osiei R_O . Rezultă că la nivelul osiei există cuplul M_P , calculabil cu relația:

$$M_P = F_P \times R_O$$

Neglijând pierderile în transmisie, cele două cupluri care se manifestă la axul zbatului și la osie vor fi egale, ceea ce se poate scrie:

$$F_M \times R_M = F_P \times R_O.$$

Rezultă relația între cele două forte:

$$F_M \times R_M / R_O = F_P.$$

Cu alte cuvinte, forța de propulsie a ambarcațiunii F_P va fi egală cu forța motoare dată de roata cu zbatouri multiplicată cu raportul razelor.

Considerând valorile numerice deja stabilite în care $R_M = 50/2 \text{ cm} = 25$, iar pentru diametrul osiei îl vom considera 20 cm, rezultă $R_O = 10$.

În aceste condiții forța de propulsie se va multiplica cu raportul 25/10 deci mai mare cu 2,5 ori.

Față de forța de propulsie a unei palete de 0,772 N va ajunge la $0,772 \times 2,5 = 1,930$ N. La acest efort propulsor astfel obținut se poate adăuga și unul suplimentar. Astfel se poate prevedea o funie suplimentară care înconjoară osia și care poate fi acționată suplimentar de către navigator prin tragere, întrucât osia reprezintă în fond o manivelă cilindrică.

3. Despre primele ambarcațiuni

Evoluția umanoizilor, dezvoltarea și creșterea necesităților de supraviețuire au dus la apariția indispensabilă a transportului obiectelor care depășeau posibilitățile obișnuite de folosire a corpului uman. În consecință oamenii au căutat tot felul de soluții de transport. Dintre cele mai evidente și aparent simple soluții adoptate, a fost cea a transportului nautic. Plutirea arborilor a reprezentat o primă soluție. Arborii scorburoși au dezvăluit omului modelul și priceperea despre cum poate crește capacitatea de transport.

Mai simplu a fost realizarea de plute, dar forța lor portantă nu era prea mare. Preluând ideea trunchiurilor scorburoase, oamenii au scobit trunchiuri de copaci pe care le-au prelucrat rudimentar cu unelte de piatră și chiar prin ardere locală. Așa a apărut prima ambarcațiune creată de mintea și mâna omului, monoxila.

Prima monoxilă, care s-a păstrat până în prezent, a fost găsită la Pesse în Olanda. Construită în mezoliticul timpuriu (cca. 7500 î.Hr.) și realizată prin cioplirea unui singur trunchi de pin, ambarcațiunea are o lungime de 298 cm, o semicircumferință de

44 cm și un diametru de 28 cm. Piesa se află în prezent la Muzeul Drents din Monoxila de la Pesse Assen, Olanda.

O monoxilă de 4-5 m lungime și cu un diametru de 70-100 cm nu puteau transporta prea mult, dar în lipsă de altceva se spune că au fost folosite chiar și de faimosul Alexandru cel mare care a vrut să-i pedepsească pe traco-geți. După cum scriu istoricii la anul 355 î.Hr.,

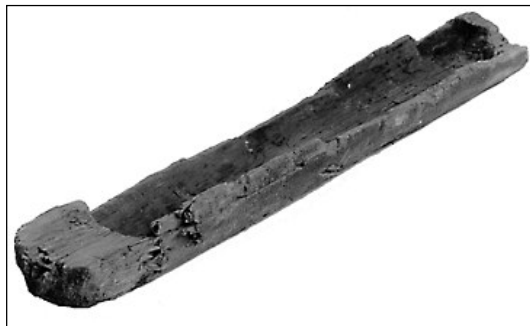


Fig. 1.

Alexandru cel mare a trecut Dunărea cu armata în Dacia folosind monoxilele localnicilor. Este de crezut că istoricii au cam pierdut simțul măsurii și al realității. Ca să treci un fluviu cu o armată îmbarcată pe monoxile este o absurditate monumentală! Nu contestăm și folosirea monoxilelor pentru că erau și se mai găsesc și astăzi în multe muzee din România. Dar nu numai monoxilele erau folosite, credem că esențiale au fost plutele construite din trunchiuri de copaci sau din burdufuri din piele de animale, iar pielea de capră s-a dovedit ca fiind cea mai bună. Tradiția păstrează folosirea plutăritului pe Bistrița, Siret, Olt sau Mureș din cele mai vechi timpuri.

Desigur plutele nu aveau o capacitate mare de transport. Trebuia găsită o soluție. Ea exista în monoxila scorburoasă, dar acest lucru nu se putea realiza la mari dimensiuni.

Izvoarele istorice de încredere susțin ca prima consemnare găsită de folosire a plutei din bușteni este un basoreliev de piatră din Mesopotamia și datat din sec. al VII^{-lea} î.Hr.

În Europa Iulius Cezar Octavianus menționează că celții, care locuiau în Galia, foloseau pentru trecerea râurilor plute din trunchiuri de copaci. Ulterior în arealul Rinului s-au descoperit artefactele a două plute date ca fiind din sec. al. II^{-lea} d.Hr. La aceste circumstanțe vom mai adăuga că populația celtică sosită în Europa în perioada anilor 1200-1000 î.Hr. începe din sec al IV^{-lea} î.Hr. o nouă migrațiune spre toate zonele europene. În sec al III^{-lea} î.Hr. ajung în Câmpia Panonică și, ulterior, în zona dacică, în special în Maramureș. În aceste circumstanțe, autorii sunt îndreptățiți să considere că celții sunt cei care au introdus procedeul de plutărit pe teritoriul dacic.

De ce au fost celții inventatorii plutăritului? Aducem următorul raționament și argument: pentru a realiza o plută din trunchiuri de arbori trebuie cel puțin 10-15 bușteni. Obținerea acestora prin tăierea cu topoarele de piatră și lamele de silex era o operație lungă și anevoioasă. Celții au produs și folosit fierul pentru arme și unelte realizate din fier și foarte eficiente, ei având posibilitatea relativ ușoară de a tăia copacii și de a realiza plute. Ținând seama de zona unde s-au stabilit și au trăit celții cel puțin 200 de ani în coabitare cu dacii, considerăm că zona Maramureș a fost locul de realizare a primelor plute, iar Mureșul, Bistrița și Siretul probabil că sunt primele ape din România folosite pentru plutărit. La o anumită etapă transportul nautic a cunoscut mari realizări și performante. Capacitatea de transport a ambarcațiunilor a marcat o

creștere spectaculoasă. A început o nouă etapă atunci când s-a reușit realizarea primelor scânduri. Prima navă găsită și cunoscută, care a folosit pentru construcția ei scândurile, a fost găsită într-o groapă de lângă Marea Piramidă a lui Keops. Subliniem faptul că pământul și marea ascund încă foarte multe artefacte care așteaptă descoperirea lor.

4. Goliatul monoxilelor a fost descoperit în România

În pofida tuturor presupunerilor și așteptărilor s-a găsit în județul Prahova o monoxilă goliat, cu o lungime de 12 m și un diametru de circa un metru. Aceasta este realizată dintr-un trunchi de stejar uriaș secular care probabil a avut dimensiuni impresionante. Goliatul nautic este expus la Muzeul Județean de Istorie și Arheologie din Ploiești, unde vă îndemnăm să mergeți pentru a-l vizita.

Deplasarea pe rauri mai mari sau mai mici se făcea în mai multe moduri. Primul era pluta și plutăritul. Un alt mod, și la îndemână, era atunci când aveai o masă mare de oameni și fiecare valora doar forța lui fizică, pe gratis, ocași, etc. și erau puși să tragă la edec. Aceasta era o deplasare în susul râului. Modul care ne interesează este



Fig. 2. Trasul la edec.

acela prin care chiar râul care curge ofera posibilitatea de deplasare în amonte, ambarcațiunea folosind energia apei care curge. Aceasta ambarcațiune este desenată în Codex latinus parisinus. Analizând cu atenție desenul reiese clar procedeul deosebit de ingenios de realizare a acestei modalități de deplasare în amonte și transportat grâne după cum se menționează în document. Ca urmare orice obiect care plutește pe un râu fără a avea un punct fix fie pe mal fie în albia râului este dus de ape. Folosirea unui punct fix o au morile plutitoare, care urmăresc fluctuațiile nivelului apei râului și podurilor umblătoare care se pot deplasa de-a lungul apei în aval, mergând ca o plută iar în amonte folosind procedeul de care vom vorbi.

Acest procedeu de deplasare în amonte a ambarcațiunilor încărcate este desenat corect în schița din documentul amintit. Metoda se materializează dintr-un ax–osie care folosește cuplajul cu ghiare a unor zbațuri cu forme plană după cum se vede în desen. Pe un ax instalat pe ambarcațiune sunt prinse pe lateralele ambarcațiunii două zbațuri. Pe ax sau osie sunt trei mosoare sau bobine prevazute cu ghiare care permit cuplarea sau decuplarea sistemului. Bobina din mijloc prevăzută cu ghiare pe ambele laturi este solidară cu axul, celelalte sunt mobile pe ax. Aceste două sunt prevăzute cu câte o funie lungă. Funiile erau făcute din material care nu se impregna cu apă, de ex. par de animale. Un important instrument este o tijă de manevrare de un om asemenea sistemului de schimbător de viteză. Prin deplasarea în ambele sensuri a acestei tije într-un sens sau altul se pot cupla sau decupla cele două bobine de bobina centrală care era solidară cu axul sau osia. Acest model de cuplaj cu ghiare nu este menționat în istoria tehnicii cuplajelor.



Fig. 3. Imaginea barcii din *Codex latinus parissinus*.

Pincipiul de deplasare este relativ simplu. Un mosor cu funia lui este antrenat de zbaturi prin curgerea apei și în acest mod se înfășoară funia, în care apare efortul de propulsie care trage barca în amonte pe lungimea funiei. Ca urmare, un om prin diferite feluri se deplasează în amonte cât permite aceasta funie în lungime. Funia are o ancoră la capăt și se prinde de un punct fix, copac, țărnuș sau fundul râului. În momentul când este cuplată bobina cu axul prin cuplajul cu ghiare începe bobinarea pe mosorul respectiv, bobinare determinată de zbațurile rotite de apă fac ca ambarcațiunea să se deplaseze în amonte. În momentul când deplasarea s-a executat până în apropiere de punctul fix se face decuplarea acestei bobine, moment în care se cuplează cealaltă bobină care are funia desfășurată și prinsă de un alt punct fix. În felul acesta deplasarea continuă când cu o funie când cu alta, omul din barca făcând cuplajele și decuplajele, iar ceilalți de pe uscat sau de pe apă reîntind funiile la alte puncte fixe. Barca mai are un om care manevrează carma. În acest mod cu zbațuri se asigură propulsia în amonte a ambarcațiunii și eliminarea tracțiunii prin tragere la edec. Într-un anumit fel se poate considera că este o propulsie antigravitațională. În fig. 4,5,6 se prezintă două modele de reconstituire a bărcii din fig. 3.



Fig. 4. Model de barcă cu făcaie contra curentului apei.

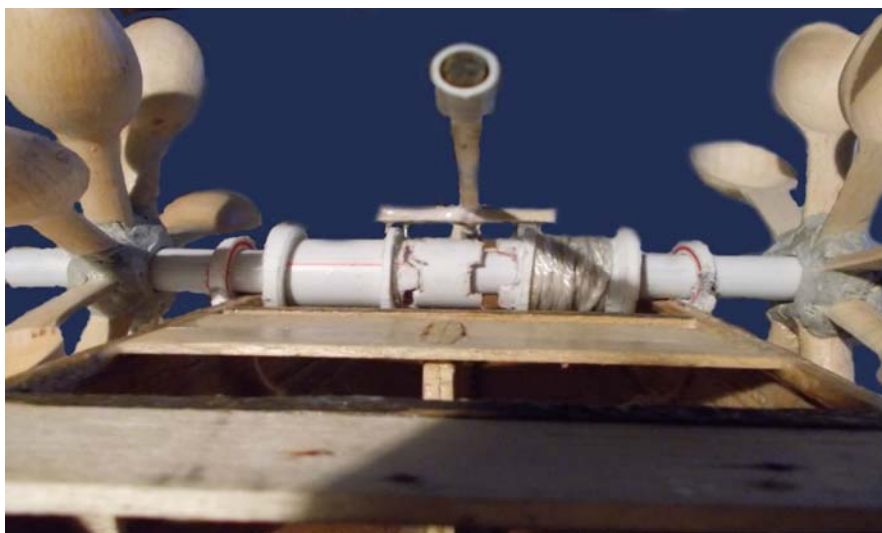


Fig. 5. Detaliul mosoarelor pentru funii si cuplajul cu ghiare.

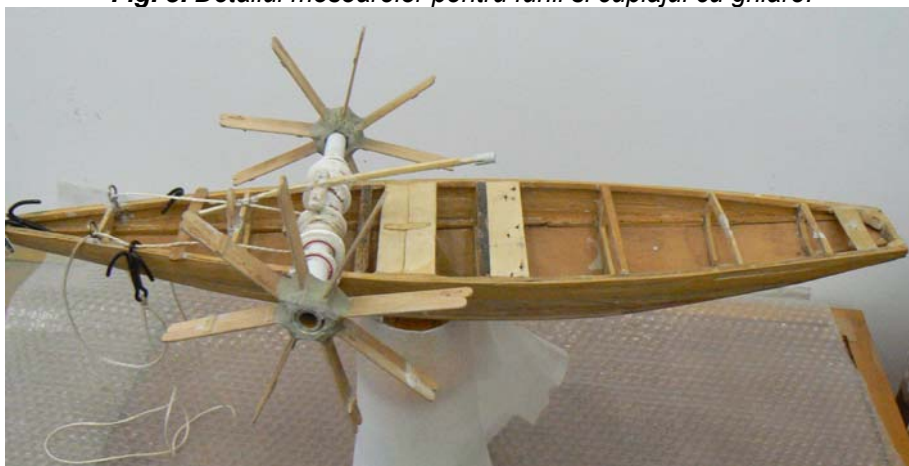


Fig. 6. Model de barcă cu zbațuri contra curentului apei.

5. Reconstituirea dimensiunilor bărcii cu zbațuri

Vom lua dimensiunile unei lotci:

- lățimea la umeri: 60-70 cm.

Se considera poziția a doi oameni stând unul lângă altul, circa 120 cm. Se adaugă două spații de gardă și distanțare a zbațului față de bordaj. $5 \times 2 \text{ cm} = 10 \text{ cm}$. Rezultă lățimea lotcii circa 1,5m.

Fiind o lotcă de transport s-a acceptat lățimea de 1,8m și lungimea de 8 m. Avându-se în vedere posibilitățile fizice umane s-a acceptat brațul manivelei de 30 cm, care poate fi învârtit cu o viteză de 25 rotații pe minut (fig.4,5,6) .

Bibliografie

1. **Hendrik van Loow**. *Istoria navigației*. Ed. Sport-Turism, București, 1990.
2. **Chris Oxlane**. *Ships*. Ed. Sunthwater, Susy, 1994.
3. **Octavian Crăciunoiu**. *Corăbii străbune*. Ed. Sport-Turism, București, 1983.
4. *Codex latinus parissinus*.
5. *Manuscris. Biblioteca Regală din München-1430*.