

MALOMSZERKEZET MOZGATTA HAJÓK

A mechanikus meghajtású hajók történetének rövid áttekintése

A folyami és tengeri hajózás története újabb és újabb hajótípusok, és az azokat mozgásba hozó találmányok sora. Ezeknek a találmányoknak jelentős része a külső környezeti tényezőtől való függés kiküszöbölésére irányult: a tervezők optimalizálni kívánták a hajó mozgatására, irányítására fordított energiabefektetést úgy, hogy ne kelljen kiszámíthatatlan természeti erőforrásokra – főként a szélenergiára – támaszkodni, és hogy minél kevesebb emberi erőforrást kelljen felhasználni a hajó mozgatása során. Egyes korai hajóépítő mesterek sajátos megoldásként malomszerkezetek hajóra telepítésével igyekeztek ezt megoldani.

A gőzgép megjelenése előtt a szél- és a vízenergia felhasználása mellett az emberi és az állati izomerő jelentette a legfontosabb energiaforrást. Az igavonó állatok húzóerejének alkalmazása és egyszerű gépekkel történő forgómozgássá, majd mechanikai munkává történő átalakítása már az ókorban kimutatható, mely a taposómalmokban, csörlők mozgatása és szárazmalom-típusú szerkezetek meghajtása során történt. I.e. 300 körülről ismeretesek az ókori görög területekről gabonaőrlésre alkalmas, szamárral működtetett malmok, de korábban, i.e. 4-5. században, Laureion ezüstbányáiban is alkalmaztak ércaprításra hasonló szerkezeteket [1]. Az elgondolás, hogy az állati izomerőt hajók lapátkerékkel történő meghajtására lehetne használni a rómaiaktól ered, és az ilyen típusú hajózás története egészen a XIX. századi Észak-Amerikáig nyúlik, ahol igazi hajós kultúra alapult erre a hajómeghajtási módszerre, és viszonylag elterjedt hajózási megoldássá vált, főleg kompok és átkelő hajózás esetén.

A korai mechanikus meghajtású hajókra irányuló kutatás sok szempontból kihívásos, mivel több egymástól különböző tudományterület szakirodalmát

kell számba venni a téma vizsgálatához. Elsősorban hajózástörténeti, molinológiai profilú szakkönyvek — a néprajz és a technikatörténet határterületén mozgó, malomszerkezetekkel kapcsolatos tudományterületre gondolunk itt — feldolgozása szükséges, de tágabb értelemben a gazdaság-, közlekedés- és technikatörténet adott korszakra és földrajzi területre vonatkozó ismerete is szükséges a téma kutatásakor. E tekintetben megkerülhetetlen feldolgozás, Crisman és Cohn *When Horses Walked on Water* című munkája, mely főként a XIX. századi Amerika lóhajtású kompjaival foglalkozik, de emellett rövid orientáló kitekintést ad a malomszerkezetszerű gépekkel működtetett hajók történetével kapcsolatban. Ha a magyar vonatkozású szakirodalmat vesszük számításba, Bíró József Batthyány Tódor (olykor Tivadar) XVIII. századi hajózási kísérleteivel foglalkozó közlekedéstörténeti tanulmányai kiemelendőek. Ezentúl a találmányok kiötlői számos esetben maguk is közlik tervrajzaikat, melyeket az adott korszakban napvilágot látott kiadványokban ismertetnek. A bennük megjelenő tervek egy része megépült, de akad olyan is, mely a megvalósulási fázisba nem jutott el, illetve egyértelműen nem dönthető el, hogy megépült-e maga a hajó, és ha megépült, milyen hatékonysággal működött.

Korai próbák a mechanikus hajók megalkotására

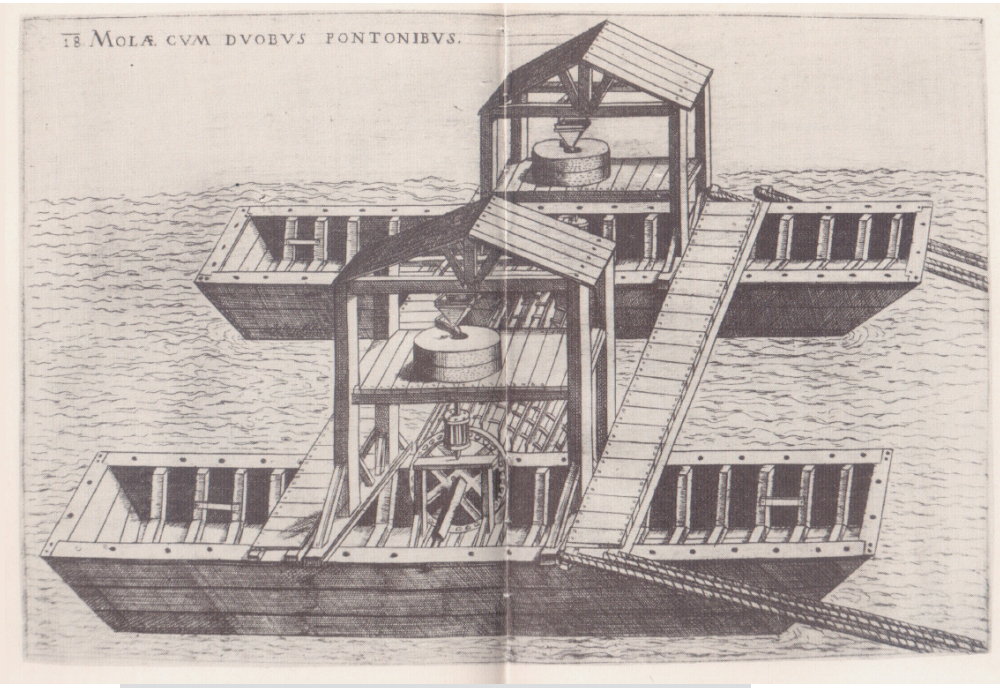
Nagy bizonyossággal állítható, hogy a lapátkerekek hajtotta hajók megalkotásának ötlete a vízkerekek felhasználásával kapott inspirációt, lévén, hogy itt voltaképp egy fordított vízkerékről van szó. A De rebus bellicis című, IV. századi munka szerzője, akinek műve megírásával a római hadsereg működésének anyagi optimalizálására irányuló javaslatok kidolgozása volt a célja, számos harci eszköz és találmány rajzával illusztrálta a hadi kiadások csökkentésére tett javaslatait. Az egyik ilyen terv az ökrök által hajtott hadihajó (lásd nyitóképet; Anonymus: De rebus bellicis című műből, 370), ahol a járgányt vagy más néven csörlőt ökrök körbejárásával hozták működésbe, mely áttételeken keresztül a hajó oldalára szerelt lapátkerekeket forgatott meg. Minden bizonnyal csupán elméletben, azonban tagadhatatlan, hogy több későbbi hasonló elven működő hajó, komp, vagy mederrendezési munkálatok során alkalmazott munkaeszköz archetípusaként tekinthetünk erre a kis rajzra.

Hasonló elven működött és történeti források alapján használatban is állt egy taposómalom-elven működő hajótípus a középkori Kínában a Szung-dinasztia idején. Joseph Needham kutatási kimutatták, hogy a kínaiban 千里船 néven ismertté vált hajót (magyarul talán „ezer mérföldes hajónak" lehetne fordítani) emberi erővel, taposómalom-lapátkerék áttéttel működtették, és számos vízi csatában jó szolgálatot teljesített, nem mellesleg szélcsendben is alkalmazható volt, és több száz *li* távolságot képes volt naponta megtenni [2] (1 li = kb. 450-500 méter a korszakban). Egészen a XIX. századig, az ópiumháború korai szakaszáig építettek hasonló elven működő hajókat (**1. ábra**).



1. ábra. Kínai taposómalom-lapátkerék áttételes hajó, középkori fametszet

Az írásbeliség terjedésével és a tudományos gondolkodás rendszeressé válásával egyre megszaporodtak azok a művek, melyek különféle találmányok leírásával foglalkoztak. Ilyen például Ismail al-Jazari leleményes gépekről írott könyve, a sienai művész és feltaláló, Mariano Taccola *De ingenis*, Georgius Agricola *De re metallica* munkái, de említhetnénk Leonardo da Vinci vagy Agostino Ramelli műveit is, melyek telis-tele



2.ábra. Verancsics Faustus úszómalom terve *Machina novae* című műből (1595)

vannak olyan gépezetek terveivel, melyek malomszerű gépezetekkel, vízpumpákat, emelőket működtettek. Agricola műve például tartalmazza már azt a tiprómalomtípust, melynek továbbfejlesztett változatát a XIX. században lóhajtású kompokon használtak Amerikában.

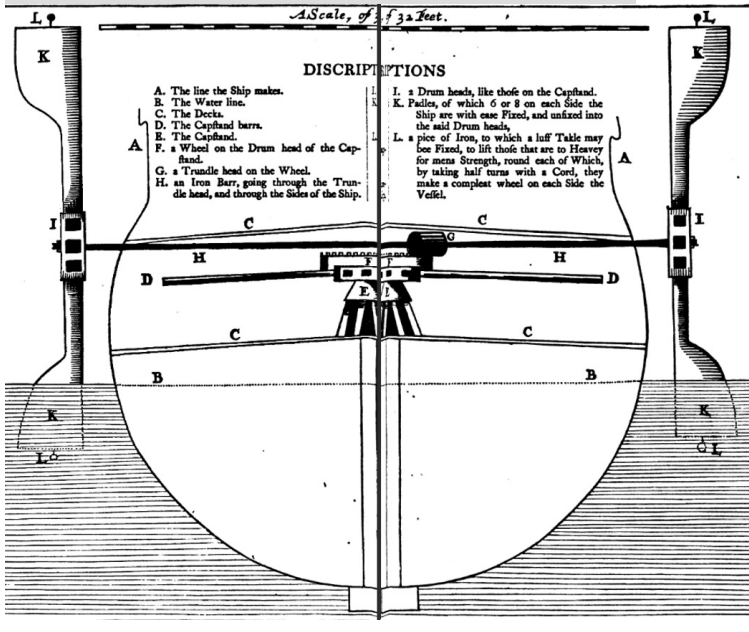
Maradva a mechanikus gépekkel foglalkozó humanista szerzőknél, kiemelendő a XVII. századi, Magyarországon magas egyházi és politikai karriert befutó délvidéki származású Verancsics Faustus *Machinae novae* című műve. Ez elsők között közölt leírást ár-apály jelenség működtette úszómalmokról, de ugyanez a műve ismertetett egy folyásiránnyal szemben haladni képes hajót is [3]. A találmányok eredete, kiötlőjük valódi személye mai napig vitatott, mindenesetre ez a két említett tervrajz azért érdekes témánk szempontjából, mivel e két gondolat ötvözete a voltaképpeni malomszerkezet által hajtott mechanikus hajó terve, melynek a két fő vonása, hogy malomszerkezet hozza működésbe, és hogy függetlenítve magát vontatástól, evezősöktől és a széltől képes a víz sodrával szemben közlekedni.

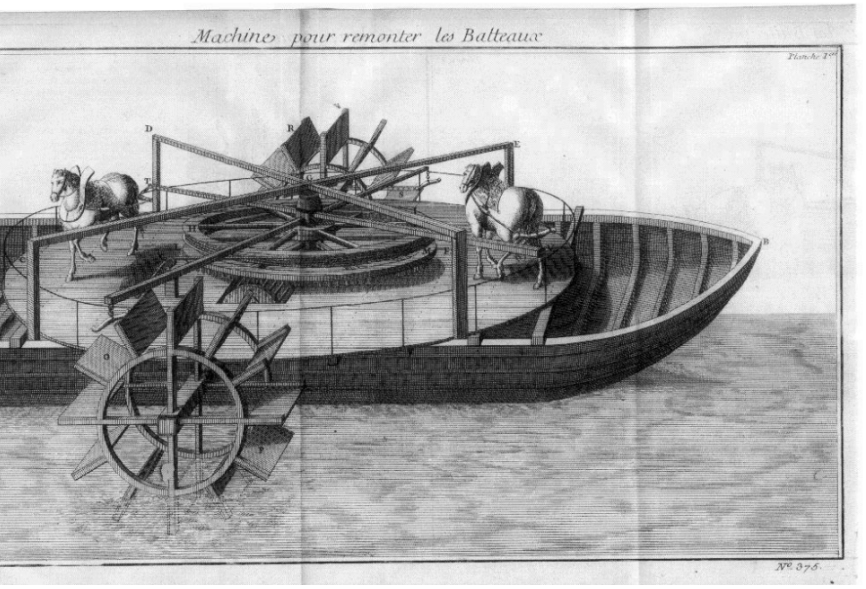
Angol és francia kísérletek a hajózás modernizálására

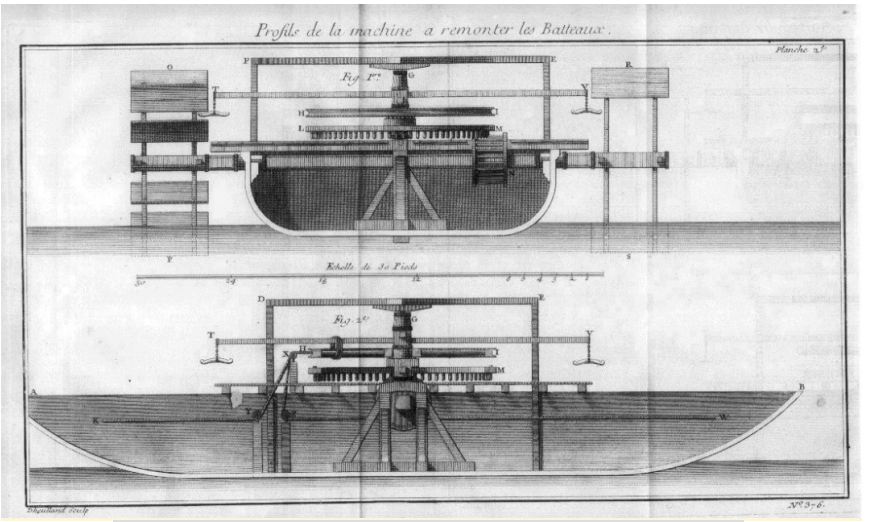
Az első olyan hajót, melyet a történeti források alapján igavonó állatok ereje működtetett Prince Rupert, Duke of Cumberland, II. Károly angol király unokatestvére, hadvezér és feltaláló alkotta meg 1680 körül a polgárháború dúlta Angliában. Sajnos keveset lehet tudni a hajó műszaki paramétereiről, de az angol haditengerészet kötelékében szolgálatot teljesítő hajót négy, olykor nyolc ló hajtotta, és leírták róla, hogy egy alkalommal egy Chatham melletti próbaút során gyorsabban haladt, mint egy 16 evezősből álló evezőshajó. 1682-ben a Medway-torkolat közelében szolgált vontatóhajóként, és leírások szerint képes volt a Brit Királyi Haditengerészet, a *Royal Navy* legnagyobb hadihajóit is mozgatni, a Temze-torkolatba ki- és bevontatni.

Egy másik angol feltaláló, Thomas Savery leírásából megtudjuk, hogy a Rupert-féle vontatóhajó anyagilag nem bizonyult megtérülő befektetésnek, ezért Savery egy új, továbbfejlesztett változattal állt elő. 1698-as könyvében egy mechanikus meghajtó szerkezetet ajánl a *Royal Navy* adminisztrációjának és magának az uralkodónak a figyelmébe, mely alkalmas szélcsendes időben is meglehetősen nagy méretű hajókat is mozgatni [4]. Az 1680-as példából kiindulva, ahol maximálisan 8 lovat

3.ábra. Thomas Savery hajóterve a *Navigation Improv'd* című műből (1698)







4-5.ábra. Maurice de Saxe hajótervei a *Machines et invention* című műből (1732)

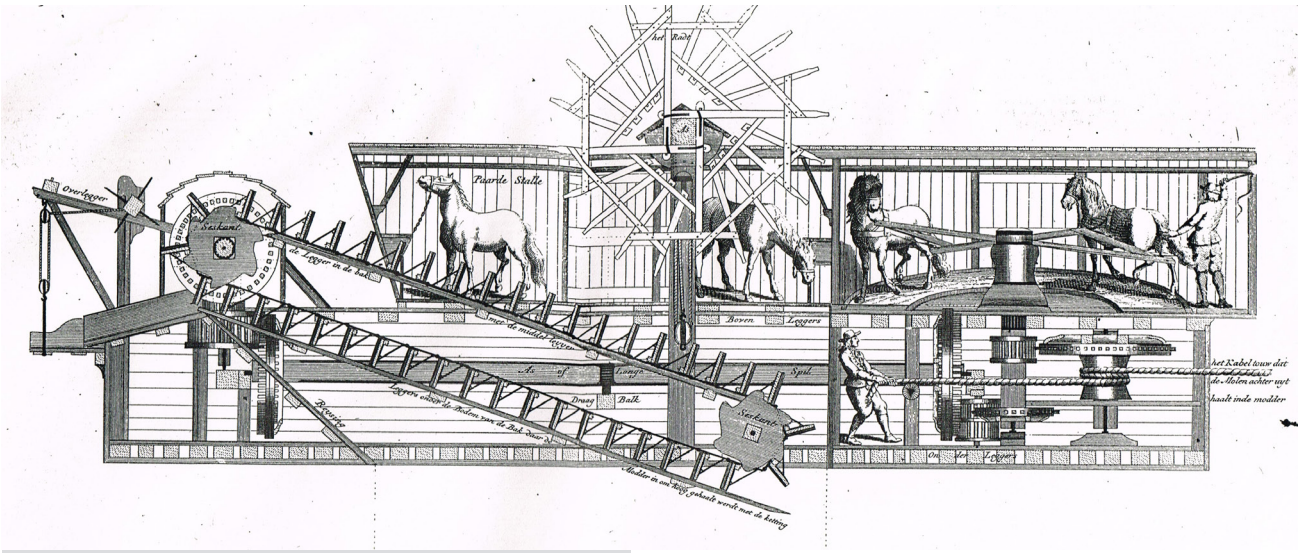
fogtak egy hasonló szerkezetbe Savery könyvében azt állítja, hogy 8 ló erejét felülmúlva képes 40 jó matróz működtetni az általa javasolt szerkezetet, de maximálisan 140 emberrel is lehetőség van meghajtani egy nagyobbra méretezett járgányáttételt. A gépezet megalkotásának költségeit 70 fontra taksálja, ami olvasatában elenyésző befektetés, ahhoz a haszonhoz képest, ami a gépezet használatából várhatóan származhat.

A terv szerint a csörlőkarok mozgatta nagy fogaskerékről a forgómozgást egy pálcásdob (*trundle head*) veszi le, hogy a hajót keresztbe átszúró vastengelyt megforgassa (**3. ábra**). Erre a tengelyre a hajó két oldalán egy dobot illesztenek, melybe 6-8 speciálisan kialakított nagy méretű evezőlapátot lehet ékelni. A lapátok végén egy vasdarab van, amikhez csigasor erősíthető, hogy könnyebb legyen az egyes lapátok eltávolítása a vitorlázat használata esetén. A leírásból úgy tűnik, hogy a tervező a szerkezetet több méretben is elő kívánta állítani, hogy minden nemű vitorlával felszerelt hajóra — a kisebb méretű vitorlásoktól (*packet boat*) a nagyobb hadihajókig (*bomb vessel*) — lehessen alkalmazni. Maga a gépezet szélcsend idején tett volna jó szolgálatot, és kiválthatta volna a vontatóhajókat, mivel a szerkezetet megfelelő irányba lehetett állítani, és így a hajót előre-hátra képes volt mozgatni kikötéskor vagy szűk folyón való navigálás esetén.

Savery ötlete a terv szintjéig jutott, mint minden bizonnyal a hasonló elvet felhasználó Maurice de Saxe, francia marsall hajóterve 1732-ből, melyet egy, a Francia Tudományos Akadémia a *l'Academie royale des sciences* találmányokat bemutató gyűjteményes kötetben közöl. Annak ellenére, hogy aprólékos, valamint léptékkel ellátott tervrajzzal és leírással publikálta tervét a francia hadmérnök, nem lehet tudni valóban megépült-e a hajó [5]. Ezen a terven a két lapátkerék egy tengelyre van helyezve, mely egy pálcásdobbal veszi le a lovak keltette forgómozgást a nagy fogaskerékről (**4. és 5. ábra**). Kettő vagy négy lovat lehetett befogni a mérnök elképzelése szerint, és a Szajnán közlekedett volna: ereszkedésnél nagy sebességgel, de akár a folyásiránnyal szemben is képes lett volna haladni.

A mechanikus meghajtású munkahajók - Két holland kotróhajó

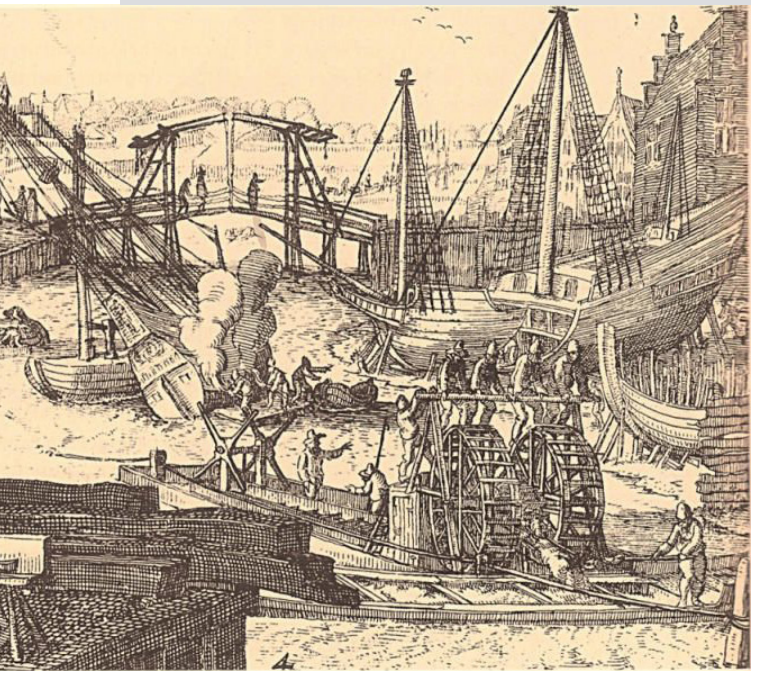
Csak pár évvel később, 1734-ben látott napvilágot az a háromszerzős holland malomgépészeti szakkönyv, mely többek között egy Amszterdamban használatos mederkotró hajó tervét is közli. A meghajtásról, és a mederkotró berendezések működtetéséről itt is a lovak izomereje gondoskodott [6]. Ezt a hajót kialakítása elsősorban nem nagy távolságok megtételére tette alkalmassá, hanem az amszterdami kikötő eliszaposodásának megelőzése volt megépítésének a célja. Itt a fogaskerék-pálcásdob áttételek száma több az előző tervekhez képest, és az áttételek nem a hajót voltak hivatva mozgatni elsősorban, hanem a hajón hosszant elhelyezkedő iszapkotró berendezést működtették (**6. ábra**).



6.ábra Egy holland kotróhajó terve a *Groot Volkomen Moolenboek* című műből (1734)

A lovak körbejárásából keletkező mozgást egy függőleges tengely az alsóbb szintre, a fedélközben elhelyezkedő hosszanti tengelyre vitte át fogaskerék-pálcásdob áttétellel. Ezt a hosszanti tengely másik végén elhelyezett, hasonló megoldású áttétellel a rekeszekkel ellátott iszapkotró berendezés forgatására lehetett használni. A futószalag-szerű, rekeszekre osztott kotrószerkezet a hajó közepén kapott helyet, és egy változtatható méretű nyíláson keresztül, le-fel lehetett mozgatni. A mozgatható szerkezet a rekeszsort az iszapos mederbe tolva termelte ki az iszapot, melyet a hajó felső szintjén található iszapelvezető garatba juttatott, hogy onnan egy, a kotróhajó mellett álló bárkába ömlessze. A hajó munkaterületen történő mozgatására is a lovak erejét használták, mégpedig úgy, hogy a kotróhajót egy vastag kötéllel rögzítették egy fix ponthoz, és a fedélközben munkát végző csörlő- és kötélkezelő a kábelkötelet meghúzva egy csörlőt közelített a lovak körmozgását a fedélközbe lehozó hosszanti tengely pálcásdobjához, így az át tudta adni a forgó mozgást a csörlőnek, ami a hajót a kötél húzóerejét használva a rögzített pont felé elmozdította. A tervező, Cornelis van Vuuren rajza olyan aprólékos, hogy nemcsak a léptéket adja meg, de egy horizontális keresztmetszeti rajzon (felülnézetből) a pálcásdob pálcaszámai is adottak. A hajó minden kétséget kizáróan működött, ehhez hasonló hajókkal gyakorta találkozhatott a korabeli amszterdami lakosság. Habár voltak korábbi 1575-től alkalmazott típusok, melyeken emberek hajtotta taposómalmokat alkalmaztak, ám a XVIII. századra az itt ismertetett változat vált elterjedtté, olyannyira, hogy amikor 1835-ben az első gőzgép-meghajtású kotróhajót bevezették még tizenhat működött a fent ismertetett változatból.

7.ábra. Joost Janszoon Bilhammer mederkotró-hajója, rézmetszet (1575) *(Forrás: ZuiderZeeHoorn.nl)*



Amerikai lóval hajtott kompok

A fent felsorolt hajók utóéletét nézve úgy tűnik, hogy az európai közlekedési rendszerbe és gondolkozásba nem igazán illeszkedtek az effajta járművek: a meghajtási rendszer elterjedése nem történt meg. A XVIII. század végére viszonylag jól kiépült úthálózattal, és a folyókon



8. ábra. Szárazmalom elven működő lovas komp, White-Bluff, Hanford, (1909)



9. ábra. Taposómalom elven m űködő ló-komp Cassville, Wisconsin, 1900 körül

átívelő hidakkal — ezek hiányában révátkelésekben vitorlákkal, kötéllel, vagy más megszokott módon járatott kompokkal — biztosították a közlekedést. A szabványosított (*narrow-boat* típusú) hajókkal üzemelő hajóvontatáshoz jól csatornázott Anglia, a hasonló közlekedési adottságokkal rendelkező Franciaország és Hollandia kevéssé volt fogékony a lóhajtású hajók ötletére.

Az igavonó állatok erejét a vízi közlekedésben a legsokoldalúbb módon és a leghatékonyabban az „új világ" hajóépítő mesterei használták ki. A XVIII. század végén egyre másra történtek hajózási kísérletek, melyek gyümölcse az 1800-as évek közepére érett be, hogy egészen a XX. század elejéig ezt a sajátos hajózási technikát használhassák Amerika és Kanada folyóin és nagy tavain. A korai próbálkozások nem jártak sok sikerrel. Henry Voight 1791-ben kapott szabadalmi védelmet lábasjószág-hajtotta hajótervére, de megemlítendő John Borookhart 1807-es *Horse Boat* nevű hajója is, mely egyszerre hat lovat használt a hajó meghajtására. Voight egy jogi vita miatt elszegényedett, és a hajó sorsa ezzel megpecsételődött, azonban Brookhart hajója számos utat megtett a Mississippi folyón, ahol főként cukrot szállított hegymenetben New Orleansból. Az egyik ilyen dokumentált út extrém terhelést jelentett mind az állatoknak, mind a hajónak és legénységének. A *Horse Boat* 1807. július 23-án indult útnak, és mire a tél eljött csupán Natchez városáig jutott mintegy 250 kilométer távolságot megtéve. Ez idő alatt a tizenkét lóból, melyet magával vitt hét veszett oda a New Orleansba visszajutó hírek szerint. 1808 májusára az Ohio folyón Louisville-ig jutottak, de bármekkora haszonnal is kecsegtetett a cukor kereskedelem aligha volt jövedelmező a vállalkozás [7].

Azok a hajók és hajózási vállalkozások bizonyultak sokáig életképesnek, melyek belátták, hogy a találmány nem alkalmas hosszújáratú utakra, nagysodrású folyókon ár ellenében rossz teljesítménnyel használhatók, ezért átkelő hajózásra, kompként használták fel. Itt most csak pár példát van mód felvillantani azokból a leleményes mérnöki konstrukciókból, melyek megvalósultak, de alapvetően két típus vált elterjedté, a szárazmalom elven (**8. ábra**) és a taposómalom elven (**9. ábra**) működő változatok.

AMBRÓZY GÁBOR

IRODALOM

[1] Charles Singer et al. (szerk.): *History of Technology*, Vol. II., Oxford, 1956. 110-111.

[2] Joseph Needham: *Science and Civilization in China*, Vol. IV: Physics and Physical Technology, 1965. 413-435.

[3] Verancsics Faustus: *Machinae novae és más művei*, Magvető Kiadó, 1985.

[4] Thomas Savery: *Navigation Improv'd*, London, 1698.

[5] Maurice de Saxe: „Machine pour remonter les bateaux", Jean Gaffin Gallon: *Machines et inventions approuvées par l'Academie royale des sciences*, 6. kötet, Párizs, 1735, 41–45.

[6] Leendert van Natrus, Jacob Polly, Cornelis van Vuuren: *Groot Volkomen Moolenboek*... I. kötet, Amsterdam, 1734. XIV. tábla.

[7] Kevin J. Crisman, Arthur B. Cohn: *When Horses Walked on Water, Horse-powered Ferries in Nineteenth Century America*, Washington, London, Smithonian Institution Press, 1998. 21-25.