

Miha Seručnik

IZRABA VODE KOT ENERGIJSKEGA VIRA NA SLOVENSKEM

VODNO KOLO – IZUM STAREGA VEKA

V času pred izumom parnega pogona je bila voda poleg vetra edini vir energije, ki je nadomeščal človeško in živalsko silo za pogon strojev. Pred nekaj desetletji je veljalo, da je bil prvi pogon na vodno kolo v rabi v drugem stoletju pr. Kr. v Mali Aziji, od tam pa naj bi ga prevzeli Rimljani.⁹⁷ V starem veku naj bi vodna kolesa uporabljali tako rekoč izključno za mletje žita in šele v srednjem veku naj bi prišlo do diverzifikacije njihove rabe, kot je bila znana v srednjem novem veku.⁹⁸

Raziskave s področja zgodovine tehnologije so v zadnjih desetletjih pritegnile znatno število dodatnih virov in danes slikajo precej drugačno podobo o razvoju vodnega pogona. Kot verjetni kraj izuma vodnega pogona se kaže ptolemajski Egipt, kjer so v zadnji četrtini 3. stoletja pr. Kr. uvedli vodni pogon za namakanje polj. Raziskave kažejo, da je ključno vlogo pri vpeljavi inovacije odigral aleksandrijski Museion.⁹⁹

⁹⁷ Struna, *Vodni pogoni*, str. 34–35.

⁹⁸ Starec, *Speljati vodo*, str. 9; Braudel, *Strukture vsakdanjega življenja 1*.

⁹⁹ Wilson, *Machines*, str. 8.

Spremembe so se pojavile tudi v pogledih glede razvoja mlinov. Do začetka sedemdesetih let 20. stoletja je veljalo, da je bilo v starem veku širjenje mlinov na vodni pogon počasno, ker so prevladovali nazori, zaradi katerih so ljudje zviška gledali na uporabna oziroma tehnična znanja.¹⁰⁰ Raziskave v zadnjih treh desetletjih, ki so pritegnile številne nove papirusne spise in arheološke najdbe, so pokazale precej večjo razpršenost tako namakalnih naprav kot mlinov na vodni pogon, kot se je nekdanj domnevalo. Redkost omemb v pisnih virih antičnega sveta v primerjavi s srednjim in novim vekom kaže zato pripisovati bolj slabši ohranjenosti virov kot pa tehnični stagnaciji starega veka.¹⁰¹

Toda spremembe v zgodovinskih razlagah se ne končajo tu. Novejše raziskave so pokazale, da je že v antičnem obdobju prišlo tudi do t. i. diverzifikacije vodnih pogonov, pojava, ki so ga pred tem umeščali v srednji vek. V času Rimskega cesarstva so se razvili vsi tipi rabe vodnega pogona, ki jih pozneje ponovno srečamo šele v novem veku. V viru iz četrtega stoletja po Kr. se na primer v okolici nemškega Trierja omenjajo žage za marmor.¹⁰² Pisno omembo je nato potrdila še najdba kamnitega reliefa na sarkofagu iz Hierapolis, mesta na zahodu današnje Turčije. Na upodobitvi je mogoče videti vodno kolo, ki je prek ekscentra in ojnice poganjalo dve žagi.¹⁰³ To je način pogona, ki so ga lesne žage pri nas uporabljale od renesanse do sredine 20. stoletja.

Iz rimskega obdobja so se ohranili tudi dokazi o težkih kladivih, ki so jih uporabljali za drobljenje rude in morda tudi v železarstvu. Prenos kinetične energije z vodnega kolesa na kladivo je bil urejen s pomočjo odmične gredi.¹⁰⁴

Rimljani so torej poznali vse tehnične rešitve, ki so poganjale protoindustrijske oziroma zgodnjeindustrijske obrate vse do 19., marsikje pa še globoko v 20. stoletje. Načini rabe so se v določenih pogledih sicer razlikovali od tistih v poznejših obdobjih. To je najbolj opazno ravno pri težkih kladivih, za katera se je ohranilo največ nedvoumnih dokazov o njihovi uporabi v rudnikih zlata in srebra, o uporabi v železarstvu pa so na voljo le domneve na podlagi posrednih dokazov z britanskega otočja.¹⁰⁵ Enako velja tudi za žage, kjer so na voljo nedvoumni dokazi o njihovi intenzivni uporabi v kamnolomih marmorja, ni pa na voljo nobenih omemb glede njihove uporabe v lesni industriji.

Po koncu Zahodnega rimskega cesarstva so v Evropi, po vseh dokazih sodeč, vodni pogoni prišli iz rabe. V svetu Bližnjega vzhoda je bilo drugače. Tu je tehnološka tradicija preživela v Bizantinskem cesarstvu, za njim pa je, tako kot

100 Prav tam, str. 4–6.

101 Prav tam, str. 10.

102 Prav tam, str. 16.

103 Primerjaj interpretacijo reliefa v: Ritti, Grewe in Kessener, A Relief, str. 148.

104 Wilson, Machines, str. 16–17.

105 Prav tam, str. 16, 21–23.

številna druga dognanja, vodne pogone prevzel tudi arabski svet. Srednjeveški muslimanski svet je precej verjetno igral vlogo posrednika, prek katerega se je tehnologija izrabe vodne sile vrnila v krščansko Evropo. Študije islamskih dežel kažejo, da so bili vodni pogoni v času križarskih vojn splošno v rabi od osrednje Azije prek severne Afrike do muslimanskega juga Španije. Poganjali so namakalne naprave, mline, naprave za valjkanje sukna, luščenje žita, lesne žage, drobilce rude, papirne mline in mline za sladkorni trs.¹⁰⁶

Po eni od možnih razlag se je vnos tehnologij iz arabskega sveta v Evropo zgodil prek Katalonije, v kateri so se iz obdobja visokega srednjega veka ohranili arheološki dokazi o razširjeni uporabi vodnih pogonov v železarstvu, za lesne žage, valjkanje in papirne mline.¹⁰⁷ Kljub navedenemu pa bi bile za nesporno potrditev gornje teorije potrebne sistematične študije dogajanja na Iberskem polotoku. Slednje še vedno dopušča možnost, da je v srednjem veku v zahodni Evropi prišlo do neodvisnega »ponovnega izuma« tehnologij, vezanih na vodne pogone.¹⁰⁸

Ne glede na izvor ponovne oživitve vodnih pogonov na evropskih tleh so se do 13. stoletja kot vodilno območje z največ mlini vseh vrst uveljavile dežele na območju današnje Francije. Na drugem mestu je bila Italija, v ostale dežele pa se je tehnologija vodnih pogonov postoma širila. Opozoriti velja, da tu teče beseda v prvi vrsti o t. i. »industrijskih mlinih«, torej o napravah, ki niso bile povezane z mletjem žita in poljedelstvom. Žitni mlini so se v tem obdobju že zelo uspešno usidrali po vsem Evropi, medtem ko so se druge naprave morale šele uveljaviti. Intenzifikacija protoindustrijskih panog, ki so jo omogočali in zaznamovali vodni pogoni, je bila tesno povezana z rastjo prebivalstva ter dostopom posameznih dežel do lokalnih in širših trgov. V Angliji 13. in 14. stoletja je bilo na primer kar 90 odstotkov vseh vodnih pogonov žitnih mlinov, skoraj vsi preostali vodni pogoni pa so bili namenjeni valjkanju sukna. V istem obdobju je v Franciji izpričana zelo močna diverzifikacija vodnih pogonov, ki jih je uporabljala cela vrsta dejavnosti.¹⁰⁹

MLINI

Spojavom poljedelstva in gojenja žita se je začelo pridobivanje moke z mletjem. Zaradi te povezave s poljedelstvom mlinarstvo v predstavah ljudi ni sodilo med obrti, marveč so ga obravnavali kot sestavni del kmetijske dejavnosti.¹¹⁰

¹⁰⁶ Lucas, Industrial Milling, str. 10.

¹⁰⁷ Prav tam, str. 11.

¹⁰⁸ Prav tam, str. 22.

¹⁰⁹ Prav tam, str. 25–28.

¹¹⁰ Melik, Mlini na Slovenskem, str. 3.

V obdobju zgodnjega srednjega veka zgodovinski viri o mlinih na našem ozemlju molčijo. Prva omemba tako izvira iz 11. stoletja in se nanaša na Tržiško Bistrico. Sledijo tri omembe iz 12. stoletja, v 13. stoletju pa se je njihovo število povzpelo na 50.¹¹¹

Mlini na vodni pogon so bili odvisni od hidroloških značilnosti vodotokov, ob katerih so stali, predvsem od njihove vodnatosti – tako glede količine kot tudi glede stalnosti ter vodnega padca. Na njihovo delovanje so vplivale tudi zimske razmere – ob zamrznjenih vodotokih nekateri mlini v zimskih mesecih sploh niso mogli obratovati.

Zaradi naštetih dejavnikov je obstajala »gornja višinska meja«, nad katero mlinov ni bilo. Redki gorski mlini so bili na nadmorskih višinah 900 do 1000 metrov. To so bili tipično mlini »na gornjo vodo«, pri katerih je bila voda speljana po rakah na zgornjo stran pogonskega kolesa. Pri tem tipu mlina je moralo biti vodno kolo izdelano na korce, v katere se je lovila padajoča voda.¹¹²

Ponekod so izrazito močan vodni padec izkoriščali z majhnimi vodnimi kolesi z navpično osjo, ki so bila po delovanju podobna mnogo poznejšim turbinam. Ti horizontalni mlini so na slovenskem ozemlju izpričani v Martuljku v Zgornjesavski dolini ter na Pohorju, sicer pa so znani tudi na severnem Koroškem pod imenom *Flodermühle*.¹¹³

V dolinskih predelih so bili najbolj pogosti mlini na spodnjo in na srednjo vodo. Pri slednjih je bila voda speljana na kolo v višini njegove osi, glavni povod za takšno tehnično rešitev pa je bilo nihanje vodostaja ob premajhnem padcu, zaradi česar niso mogli vode speljati na gornjo stran.¹¹⁴ Na Gorenjskem so velika nihanja rečne gladine Save reševali z mlini »na vago« oziroma mlini vitlovci. Pri njih so vodna kolesa po potrebi dvigovali in spuščali s posebno dvigalno pripravo. Primer takšnega mlina se je v precej dobrem stanju ohranil še do srede 20. stoletja v Tacnu pod Šmarno goro.¹¹⁵

Zaradi nadzora nad dotokom vode na pogonsko kolo so bili mlini od nekdaj povezani z urejanjem vodotokov. Mlini praviloma niso stali na naravnih bregovih vodotokov, ampak so vodo do njih speljali po umetni poti. V »preprostejši izvedbi« je šlo za sistem žlebov ali rak, ki je dovajal vodo do vodnega kolesa. Drugje so se lotili preurejanja brežine ob mlinu, kjer so pozidali posebno korito za vodo in postavili vodno zapornico.¹¹⁶ Največje posege so predstavljali izkopi

111 Sgerm, Še o Časovi žagi, str. 304.

112 Melik, Mlini na Slovenskem, str. 5; Prim. sliki v Žontar, *Mlini na Gorenjskem* na str. 30.

113 Struna, *Vodni pogoni*, str. 348–350; Tovrstne mline najdemo na odročnejših območjih po vsej Evropi, od Orkneyjskih otokov, Irske, južne Francije, Romunije do Grčije. Uporabljali so jih tudi v Perziji in celo na Kitajskem. Glej: <http://sihs.co.uk/features-waterwheel.htm> [zadnji dostop 7. 4. 2015].

114 Struna, *Vodni pogoni*, str. 142–143.

115 Prav tam, str. 316, 350–351.

116 Prav tam, str. 46–49.

posebnih kanalov ali mlinščic, ki so vodo speljali od glavnega vodotoka mimo več mlinov in nato nazaj v potok ali reko. Takšne rešitve so seveda prišle v poštev predvsem v ravninskih predelih.

Lastništvo mlinov je bilo zelo raznoliko – od graščinskih in tistih bogatejših zasebnih, ki so premogli po več pogonskih koles,¹¹⁷ do najpreprostejših z enim samim pogonom. Kmečki mlini so bili pojmovani kot obrtniški obrati, lahko pa so bili namenjeni zgolj za domače potrebe. Seveda so tudi v slednjih lahko mleli za druge in si tako zagotavljali dopolnilen vir dohodkov. Prav zaradi možnosti zaslužka, ki so jih mlini omogočali, ni bilo redko, da so se mlini izločili iz kmetije in se osamosvojili. Če je mlinar nato dokupil zemljo, je pridobil status bajtarja oziroma tretjinske kmetije.¹¹⁸

Gradnjo novih mlinov je urejala zakonodaja. Pod vladavino Marije Terezije izdani mlinarski red za Kranjsko iz leta 1770 je določal, da brez privolitve deželnih oblasti na glavnih deželnih rekah ne sme biti zgrajen noben nov mlin.¹¹⁹ Leta 1814 izdani mlinarski red za Kranjsko Franca I. je to določilo posplošil na vso deželo. Za dovoljenje za postavitev novega mlina je smel prositi vsak, oblasti pa so odobrile le tiste obrate, ki so predstavljali koristno pridobitev za uporabnike in niso ovirali dotoka vode že obstoječim mlinom v bližini. Prav tako so morali soglasje k izgradnji dati vsi mejaši. Z mlinom je upravljal mlinar, ki je moral biti obvezno izučen svoje obrti; nekim ni bilo dovoljeno niti, da bi bili mlinarski hlapci. Kljub temu je lahko moko mlel kdorkoli, ki jo je prinesel v mlin, vendar v tem primeru mlinar ni odgovarjal za kakovost moke. Mlinarjeve dolžnosti so obsegale skrb za čistočo, vzdrževanje mlinskih kamnov, korektnost mer itd., za kar je tudi gmotno in kazensko odgovarjal.¹²⁰

Mreža mlinov pri nas kot tudi v širšem avstrijskem in evropskem prostoru je bila precej gosta: konec 19. stoletja je bilo na Kranjskem približno 1500 mlinarskih obratov.¹²¹

Visoko gostoto mlinov sta pogojevala dva dejavnika. Vodna kolesa so dajala izkoristek le nekaj konjskih moči, zaradi česar so bile njihove proizvodnje zmogljivosti v primerjavi s sodobnimi stroji precej omejene.¹²²

Drugi omejujoč dejavnik je bil drag in zamuden prevoz v predindustrijski dobi. Za lokalne potrebe je bilo najbolj priročno mletje žita v bližini kmetij, zato so mlini stali povsod, kjer so imeli zadostne razmere za delovanje.¹²³

117 Grad Luknja v bližini Novega mesta je imel sedem vodnih koles, turjaška Soteska pa štiri velika in eno manjše, da omenimo le dve. Prav tam, str. 251–252.

118 Štukl, *Vodni pogoni na Škofjeloškem*, str. 30.

119 Kropatschek (ur.), *Sammlung*2, str. 240.

120 Kolarič, *Slovenski mlinski red*, str. 296–298.

121 Struna, *Vodni pogoni*, str. 308.

122 Za pogon mlinskega kamna je potrebnih približno 3,5 konjske moči, kar je enako 2,5 kW. Prim. prav tam, str. 46.

123 Prim. Melik, *Mlino na Slovenskem*, str. 3; Braudel navaja med 500.000 in 600.000 »na večer pred industrijsko revolucijo«. Glej: Braudel, *Strukture vsakdanjega življenja* 2, str. 123.

Ko so se v dvajsetem stoletju dokončno uveljavili industrijski mlini, je njihova proizvodnja povsem zasenčila vodne mline. K temu je treba prišteti še uredbe o obvezni oddaji pridelkov, ki jih je po koncu druge svetovne vojne uvedla oblast, kar je za marsikateri mlin pomenilo usoden upad posla.¹²⁴

ŽAGE

Žage na vodni pogon so pogosto delovale skupaj z mlinom pod istim lastnikom, lahko pa je šlo tudi za povsem samostojne obrate. Prve mehanske žage v evropskem prostoru so izpričane v Franciji v 13. stoletju.¹²⁵ V nemškem prostoru se začnejo žage pojavljati v okolici Augsburga v prvi polovici 14. stoletja, do srede 15. stoletja pa so se začele pojavljati po vsej Evropi.¹²⁶ To je čas, ko imamo tudi na Slovenskem nesporno izpričane prve tovrstne obrate.¹²⁷ Prva žaga v 15. stoletju se omenja v dolini potoka Velka na Pohorju leta 1408, druga pa ob benediktinskem samostanu v Gornjem Gradu leta 1422, ki ji je kmalu sledila še ena v okolici vasi Šmiklavž.¹²⁸ Seznam žag na vodni pogon, ki ga je izdelal Franjo Sgerm, kaže, da je že v 15. stoletju prišlo do njihove zgojitve na območju Pohorja, na Gorenjskem pa so se pojavljale na območju Zgornjesavske doline ter v okolici Stare Fužine, Železnikov in Škofje Loke. Gruče žag se v virih pojavljajo tudi v Vipavski dolini, na Postojnskem in v okolici Ilirske Bistrice. Na Dolenjsko so pred iztekem 15. stoletja žage šele začele prodirati, saj je v virih mogoče zaslediti le dve ob Iški in eno pri Velikih Laščah.¹²⁹

Glede tehničnega ustroja zgodnjih žag še vedno ostaja precej nejasnosti. Najstarejša znana risba žage iz severne Francije avtorja Villarda de Honnecourta (okrog leta 1230) prikazuje mehanizem, ki uporablja odmično gred za navpično premikanje žaginega lista. Na podlagi omenjene risbe se sklepa, da je bil to prvotni princip delovanja žag, ki so ga uporabljali v Franciji.¹³⁰ Žage, ki jih je

124 Bogataj, *Mlinarji in žagarji*, str. 150 ssl.

125 Ta tip žage je imel pogon na vodno kolo, ki je potiskal list žage navzdol, navzgor pa ga je vračalo vzmetno deblo, ki je bilo napeto na vrhnjem delu naprave. Struna, *Vodni pogoni*, str. 106; Finsterbusch in Thiele, *Vom Steinbeil* po Cimperšek, *Zgodovinski razvoj*, brez navedbe strani.

126 Struna, *Vodni pogoni*, str. 107.

127 Do srede osemdesetih let 20. stoletja je veljalo, da je najstarejša žaga na slovenskem ozemlju izpričana že leta 1348 – teza, ki jo je že 1867 postavil Anton Globočnik, z njo pa se je strinjal tudi Pavle Blaznik (1928). Temu je oporekal v svojem članku Franjo Sgerm, ki je trdil, da gre za napačno interpretacijo listinskega vira. Prim. Sgerm, *Najstarejše žage*, str. 190–193; Sgermovi tezi je v *Loških razgledih* oporekal Darko Cafuta, Sgerm pa je njegove pomisleke zavrnil v reviji *Les*. Cafuta, *Prva žaga*; Mitja Cimperšek je v svojem nedavno izdanem članku podprl Cafutovo kritiko in s tem obstoj Časove žage. Cimperšek, *Zgodovinski razvoj*, str. 337–338;

128 Sgerm, *Žage na Slovenskem*, str. 340–341.

129 Prav tam, str. 345–347.

130 Finsterbusch in Thiele, *Vom Steinbeil*, str. 101–103; Jürgen Gaebeler svari pred prehitrim sklepanjem; Villardova skica žage vsebuje nejasnosti, ki mečejo senco dvoma od dejanskem obstoju takšnega

poganjala odmična gred, so še v začetku 19. stoletja gradili v odročnejših predelih južnonemških dežel, Švici in Alzaciji. Do danes se je ohranilo nekaj primerkov na območju Schwarzwalda in v Švici, ki so jih preuredili v muzeje na prostem. V nemškem prostoru so jih poimenovali trkajoče žage (Klopfsäge) zaradi značilnega zvoka, ki ga proizvajajo med delovanjem, oziroma udarjajoče žage (Schlägelsäge).¹³¹

Naslednji korak v razvoju pogonskega mehanizma se zgodil v Italiji, kamor so žage prispele morda že v začetku 13. stoletja v času četrte križarske vojne.¹³² Z uvedbo ročice (oziroma kolenaste gredi) in ojnice je bil omogočen neposreden prenos kinetične energije iz vrtečega gibanja vodnega kolesa v premo gibanje žaginega lista. Omenjena inovacija je po mnenju nekaterih nastala že zelo zgodaj.¹³³

Središče širjenja novega tipa žag so predstavljale Benetke, zato se je naprave prijelo ime venecijanka. Benetke, ki so bile v tem obdobju v gospodarskem in političnem vzponu, so potrebovale ogromne količine lesa tako za gradnjo mesta kot za svojo obsežno trgovsko in vojno mornarico. Les so pridobivali iz zalednih alpskih dežel, ki so bile bogate z gozdom, kot posledica pa se je na teh območjih razširila nova tehnologija žaganja.¹³⁴

Venecijanke so tipično poganjala majhna vodna kolesa oziroma vretena, ki so imela premer od 50 do 80 cm, v dolžino pa so merila približno 2 m. Glavni namen konstruktorjev vodnega vretena je bil doseči čim večje število vrtljajev, saj so le-ti pogojevali število hodov jarmenika. Tipična venecijanka je naredila približno 100 nihajev jarmenika v minuti, vendar ob le 25-odstotnem izkoristku vodne sile.¹³⁵

V ravninskih predelih deročih voda ni bilo, zato so žage poganjala precej večja vodna kolesa s premeri 2,5 m in več. Da so dobili želeno hitrost žaganja, so v pogonski mehanizem dodali zobniški menjalnik in tako dosegli 80 do 90 nihajev jarmenika v minuti. Tovrstne naprave so v strokovni literaturi dobile ime augsburške žage.¹³⁶ Dosegale so precej večji izkoristek vodne sile (do 75 %), so

mehanizma. Ali je avtor poskušal izboljšati načrt naprave, ki ga je videl v živo? Si je mehanizem zamislil sam? Glej: Gaebeler, *Sammelsurium2*, str. 29.

131 Gaebeler, *Die Frühgeschichte2*, str. 3; Primeri obnovljenih žag: <http://www.schwarzwaldregion-belchen.de/de/ausflugziele/ausflugziel.php?id=20> [zadnji dostop 28. 4. 2015]; https://www.youtube.com/watch?v=Oq730CLiqyI&feature=youtu_gdata_player [zadnji dostop 29. 4. 2015]; https://www.youtube.com/watch?v=yvCYoWfZ2MY&feature=youtu_gdata_player [zadnji dostop 29. 4. 2015].

132 Cimperšek, *Zgodovinski razvoj*, str. 335; Gaebeler, *Sammelsurium2*, str. 27.

133 Gaebeler, *Sammelsurium2*, str. 27.

134 Cimperšek, *Zgodovinski razvoj*, str. 335.

135 Prav tam.

136 Prav tam, str. 336; Ime je v svoji disertaciji vpeljal Herbert Jüttemann, vendar ni splošno sprejeto. Jütman, *Wassergetriebene Bauernsägen*; Prim: Finsterbusch in Thiele, *Vom Steinbeil*, str. 114. Slika 5/22 prikazuje mehanizem z menjalnikom, vendar je v komentarju k sliki navedeno, da gre (v

pa bile tudi gradbeno zahtevnejše; finančni vložek vanje je bil za okoli 40 % večji kot pri »klasičnih« venecijankah. Za bolj gladko delovanje in manjšo obrabo so vgrajevali tudi vztrajnik. Na Slovenskem so prevladovala večja podlivna pogonska kolesa s premeri od 3 do 3,5 m.¹³⁷

Diferenciacija različnih tipov žag glede na ustroj pogonskega mehanizma je navedla Franja Sgerma, da je v drugi polovici osemdesetih let preteklega stoletja predlagal dopolnjeno tipologijo žag na vodni pogon na Slovenskem ter izdelal teorijo njihovega širjenja. Graditelji prve pohorske žage naj bi po Sgermu prišli iz okolice Volšperka/Wolfsberga, žaga pa naj bi bila »prvotnega augsberškega tipa«.¹³⁸

Ključnega pomena za Sgermovo teorijo je bila skica Leonarda da Vincija, datirana okoli leta 1480, ki prikazuje dovršen pogon z ročico in ojnico ter hkrati mehanizem za samodejno pomikanje debla. Gre za najbolj znano risbo mehanizma venecijanke, ohranjeno v t. i. *Codex atlanticus*, zbirki Leonardovih rokopisov in risb, ki jo hranijo v milanski Biblioteci Ambrosiani. Še vedno najstarejša znana upodobitev »beneške žage« je da Vincijevega sodobnika, arhitekta in slikarja Francesca Di Giorgia Martinija, ki je nastala okrog leta 1465¹³⁹ in je bila podlaga za kamniti relief, ki krasi vojvodsko palačo Urbino.¹⁴⁰ Sgerm je na podlagi obeh upodobitev predlagal vpeljavo novega poimenovanja firenški tip žage (da Vinciju je pomotoma pripisal njegovo iznajdbo), ki naj bi se razlikoval od zgodnejših beneških žag. Bistvo novega tipa žage (»firenčanke«) naj bi predstavljal zgoraj opisani prenos gibanja z ročico in ojnico. Sgerm je menil, da naj bi se firenške žage na ozemlju slovenskih dežel začele pojavljati po letu 1480. Starejše žage naj bi bile ali prvotnega augsburškega tipa, ki se je širil s koroškega prostora, ali prvotnega beneškega tipa, ki naj bi ga postavljali na zahodu, na primer na Vipavskem. Od konca 15. stoletja dalje naj bi »firenčanke« izpodrinile oba starejša tipa.¹⁴¹

Sgermova razlaga razvoja mehanskih žag na ozemlju današnje Slovenije je problematična zaradi dveh razlogov. Viri, ki se nanašajo na vodne žage, so v zgodnjem obdobju skoraj izključno pisni. Iz njih ne izvemo dosti glede natančnega ustroja pogonskega mehanizma zgodnjih žag. Argumentirati je mogoče, da je pogon na odmično gred, ki se je ohranil v Švici in južni Nemčiji, konstrukcijsko preprostejši in manj učinkovit od mehanizma z ročico in ojnico, in iz tega sklepati, da gre za starejšo razvojno stopnjo pogona. Toda žal za zdaj ni znana niti ena risba žage s pogonom na odmično gred, ki bi bila starejša od obeh

približnem prevodu) za »prototip zaključne stopnje razvoja venecijanke z menjalnikom«. Tudi sicer avtor izraza augsburška žaga ne uporablja.

137 Cimperšek, *Zgodovinski razvoj*, str. 336.

138 Sgerm, *Žage na Slovenskem*, str. 340.

139 Gaebeler, *Die Frühgeschichte*2, str. 3.

140 Delo kiparja Ambroggia Baroccija, datirano okrog 1480. Glej: Finsterbusch in Thiele, *Vom Steinbeil*, str. 120–121.

141 Sgerm, *Najstarejše žage*, str. 193; Sgerm, *Žage na Slovenskem*, str. 343; Kočar, *Vodni pogoni v Borovniški kotlini*, str. 7 (Spremnna beseda Franja Sgerma).

omenjenih upodobitev italijanskih žag z ročico in ojnico. Najstarejše upodobitve naprav z odmično gredjo izvirajo šele iz 16. stoletja (1557).¹⁴² Villardovo skico »samodejne žage« iz prve polovice 13. stoletja je resda razlagati kot različico mehanizma z odmično gredjo, vendar se narisana naprava po načinu delovanja kljub temu precej razlikuje od ohranjenih nemških in švicarskih žag.¹⁴³

Sgerm je glede predhodnikov »firenškega« tipa, torej pri »prvotnem augsburškem« in »beneškem« tipu žag, sklepal, da nista imela neposrednega prenosa sile z vodnega kolesa na jarmenik (tega je pač izumil Leonardo da Vinci). Starejša tipa naj bi oba imela jarem, razlikovala pa naj bi se glede tehnične rešitve pomikanja debla.¹⁴⁴ Žal Sgerm v razpravah ni podal argumentacije za svoja izvajanja, zato se moramo pridružiti nedavni kritiki Mitje Cimperška, da je Sgermovo poimenovanje zmotno.¹⁴⁵

Druga težava, ki je povezana s Sgermovo tezo, je dejstvo, da delo tujih (nemških) avtorjev ne podpira njegove tipologije.¹⁴⁶

Ob rob pravkar zapisani kritiki je treba pripomniti, da je Sgermovo delo prispevalo pregled vrste najzgodnejših omemb žag na vodni pogon v listinskih in urbarskih virih na ozemljih historičnih dežel Kranjske in Štajerske ter s tem dopolnilo zgodnejši poskus pregleda zgodovine žagarstva na Slovenskem.¹⁴⁷

Časa nastanka oziroma izuma venecijanke ni mogoče natančno določiti. Pogonski mehanizem z ročico in ojnico se je nato v eni od obeh izvedenk – z manjšim vodnim vretenom ali z večjim vodnim kolesom – obdržal vse do 20. stoletja.

V naslednjih stoletjih je število žag postopoma naraščalo. V začetku 18. stoletja se je država pod vplivom merkantilizma lotila izboljšave cestnega omrežja. Ena pomembnejših povezav skozi slovenske dežele je bila merkantilna cesta, ki je povezovala Dunaj in Trst, to pa je povzročilo porast tovarništva in trgovine. Zato je začela rasti tudi cena lesa.¹⁴⁸

Sredi 19. stoletja se ocenjuje, da je na Slovenskem delovalo več kot 1300 žag venecijank.¹⁴⁹ Zemljiška odveza in sočasna izgradnja južne železnice¹⁵⁰ sta dali nov zagon izkoriščanju gozdov in število žag se je začelo povečevati.¹⁵¹

Leta 1849 uzakonjena zemljiška odveza je odpravila podložništvo ter spremenila zemljiška gospodarstva v veleposestva. Razdeljevanje dela gozdov

142 Gaebeler, *Die Frühgeschichte*2, str. 3.

143 Prav tam.

144 Sgerm, *Žage na Slovenskem*, str. 343.

145 Cimperšek, *Zgodovinski razvoj*, str. 335. Tudi izraz beneška žaga oziroma venecijanka naj bi vpeljal J. Wessely in gre morda za umetno vpeljan pojem, ki ni prišel iz žive rabe. Glej prav tam, v podnaslovu 3.2, brez navedbe strani.

146 Primerjaj: Gaebeler, *Die Frühgeschichte*2; Finsterbusch in Thiele, *Vom Steinbeil*.

147 Primerjaj: Sevnik, *Žagarstvo na Slovenskem*.

148 Prav tam, str. 179.

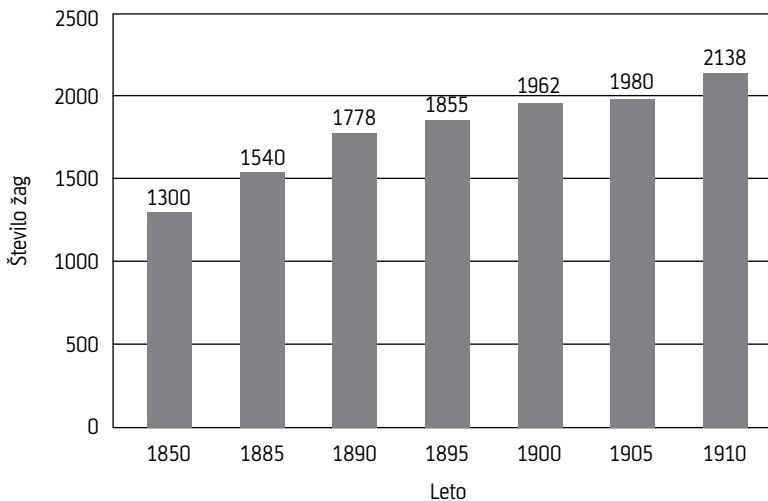
149 Prav tam, str. 174.

150 Železnica doseže Ljubljano 1849, Trst pa 1857.

151 Sevnik, *Žagarstvo na Slovenskem*, str. 176.

kmetom, ki so postali zemljiški posestniki, in odkup služnostnih pravic v gozdovih sta močno spremenila gospodarjenje z lesom. V novih razmerah je število vodnih žag začelo naraščati. Natančnejši podatki so nam na voljo za obdobje 25 let med 1885 in 1910, za ozemlje slovenskih dežel brez Prekmurja. Rast števila žag je bila v celotnem obdobju zmerna, nekoliko opaznejši sta povečanja števila med letoma 1885 in 1890 ter 1905 in 1910. Skupaj navedeni podatki izkazujejo porast števila žag na 139 % vrednosti iz leta 1885 oziroma 164 % vrednosti iz leta 1850.

Število žag na Slovenskem brez Prekmurja



(Vir: Sevnik, Žagarstvo na Slovenskem, str. 174, 189.)

Čas okrog marčne revolucije je tudi obdobje, ko se na Slovenskem pojavijo prve žage na parni pogon. Prvo so postavili v Kočevju leta 1844, kmalu pa so ji sledile še tri dodatne. Sočasno, okrog leta 1850, je bila ustanovljena tudi prva parna žaga v Ljubljani.¹⁵²

Tretji žagarski obrat na parni pogon je nastal leta 1852 v vasi Travnik sredi gozdov zahodno od Ribnice. Lastnik nove žage Karel Obreza je bil prevoznik in trgovec z lesom iz Cerknice. Očitno je znal dobro oceniti spremembe, ki jih je prinašala gradnja južne železnice, in jih je uspešno izkoristil. Železniška proga je leta 1856 dosegla Rakek, že leto zatem pa tudi Trst. Sočasno je bila obnovljena in deloma na novo zgrajena tudi cesta od Rakeka do Travnika, s čimer je imela Obrezova žaga idealno povezavo z največjim pristaniščem habsburške monarhije. Po letu 1862 je žaga izgubila monopolni položaj pri izkoriščanju okoliških gozdov,

¹⁵² Prav tam, str. 177.

saj so v sorazmerni bližini začele obratovati nove žage v Kočevju in hrvaškem Prezidu. K temu so se prištele še težave, ki jih je v trgovini z lesom prinesla avstrijsko-italijanska vojna, zato se je Obreza leta 1866 odločil za prodajo žage. Kupec je bila kočevska graščina, v kateri je imela sedež uprava Auerspergove kočevske posesti. Ker gospodarjenje v lastni režiji ni bilo dovolj donosno, so žago začeli oddajati v najem.¹⁵³

Parni pogoni so omogočali predelavo precej večjih količin lesa kot vodni pogoni, hkrati pa niso bili odvisni od hidroloških razmer. Z vpeljavo polnojarmenika, pri katerem je bilo v en okvir vpetih dovolj žaginih listov, da je bil mogoč razrez celega hloda v enem prehodu skozi žago, se je zmogljivost žag dvignila do 3000 m³ hlovovine letno.¹⁵⁴ Vodni pogoni z enim žaginim listom so v primerjavi s tem zmogli le okrog 100 m³ hlovovine letno. Z dodajanjem žaginih listov v jarmenik in drugimi izboljšavami ocenjujejo, da so se kapacitete vodnih žag dvignile celo do 800 m³ na leto.¹⁵⁵ Tudi izraba hlovovine na parnih žagah je bila občutno višja kot pri starih venecijankah. Slednje so zaradi širokih rezov dosegale izkoristke med 52 % in 60 %, ¹⁵⁶ medtem ko so bili ti pri uporabi polnojarmenika okrog 65-odstotni.¹⁵⁷

Kljub temu nove vrste pogonov še dolgo niso izrinile iz rabe številnih venecijank, ki so delovale še vse v petdeseta leta 20. stoletja. Raziskava, ki so se je v tridesetih letih 20. stoletja lotili sodelavci Delavske zbornice v Ljubljani, navaja 1681 »primitivnih žag« (venecijank)¹⁵⁸ s skupno kapaciteto 507.410 plm³ (polnih kubičnih metrov) in povprečno kapaciteto žage 300 plm³. Turbinskih žag na vodni pogon naj bi bilo 179, parnih žag 151, električni motorji so poganjali 79 obratov, 13 pa plin.¹⁵⁹ Venecijanke so torej po številu še vedno predstavljale 80 % vseh obratov, je pa zato njihova kapaciteta obsegala komaj 26 % vseh zmogljivosti.¹⁶⁰ Le približno polovica venecijank je bila prijavljenih kot obrt, druge žage so zadovoljevale individualne potrebe svojih lastnikov.¹⁶¹

153 Prav tam, str. 197–181.

154 Prav tam, str. 177.

155 Prav tam, str. 158.

156 Prav tam.

157 Prav tam, str. 177.

158 Podatki gozdnega (šumarskega) odseka kraljevske banske uprave Dravske banovine *Naši gozdovi in žage*, str. 42; Ocene Antona Šivica (Gozdarski vestnik letnik 4/1938) se nekoliko razlikujejo: 1966 venecijank, 36 polovičnih jarmenikov in 230 obratov z modernimi polnojarmeniki. Prav tam, str. 41; Cimperšek navaja za obdobje pred gospodarsko krizo celo številko 2500 venecijank, za leto 1940 pa 1860 obratov. Glej: Cimperšek, *Zgodovinski razvoj*, str. 338; Sgerm navaja za ozemlje Dravske banovine številko 2700 venecijank (oz. »firencank«) za leto 1930. Glej: Sgerm, *Žage na Lovrenškem Pohorju*, str. 220.

159 *Naši gozdovi in žage*, str. 42; Tabela s podatki objavljena tudi v: Sevnik, *Žagarstvo na Slovenskem*, str. 199. Podatki se nanašajo na leto 1937.

160 Skupna kapaciteta žag v Dravski banovini je po ocenah gozdnega (šumarskega) odseka kraljevske banske uprave Dravske banovine 1.919.810 polnih m³. Glej: *Naši gozdovi in žage*, str. 42.

161 Prav tam, str. 10.

Zmogljivosti žag so konec tridesetih let 20. stoletja močno presegle celo naravni prirast lesa v gozdovih. Strokovnjaki so ocenjevali prirast velikih gozdnih kompleksov reda velikosti 160 ha s približno 4 m³ na 1 hektar gozdne površine, dejanski prirast majhnih kmečkih gozdov pa naj ne bi presegal 2,95 m³ na hektar gozda.¹⁶² Ob tem so imele žage na območju okraja Škofja Loka¹⁶³ zmogljivost 4,5 polnih m³ na hektar gozdne površine, v Logatcu¹⁶⁴ pa celo 4,75 polnih m³ na hektar. Izkoriščenost žag v Dravski banovini za leto 1937 je bila ocenjena na 37 % skupne zmogljivosti.¹⁶⁵

Opisane razmere in ton citiranega poročila kaže razumeti v kontekstu posledic velike gospodarske krize v tridesetih letih 20. stoletja. V zadnji polovici dvajsetih let so v Dravski banovini cene rezanega lesa rasle. Leta 1930 je bila povprečna cena rezanega mehkega lesa 120 % vrednosti iz leta 1927. Že v naslednjem letu so cene doživele 30-odstotni padec. V letih 1933 in 1935 je bila cena lesa najnižja in je znašala le še 60 % višine iz leta 1927, nato pa se je postopoma popravila do 75 % v letu 1938. Padec cen se je odražal v gibanju plač, ki so v obdobju predhodne konjunktore rasle.¹⁶⁶

S študijami, ki so jih izvajali tudi po ostalih delih Kraljevine Jugoslavije, so oblasti poskušale pridobiti pregled nad stanjem v dejavnosti, ki jo je, tako kot druge dele gospodarstva, kriza močno prizadela.¹⁶⁷ Poročilo je zato izpostavljalo nekatere dejavnike, ki so nižali izkoristek gozdarske oziroma lesarske dejavnosti, v prvi vrsti potratnost žaganja v venecijankah, pri katerih je okrog polovica hloda končala v žagovini. Veliko število žag je povzročalo slabo zasedenost proizvodnih zmogljivosti in vodilo v prekomerno izkoriščanje gozdov. Režijski stroški obratov so bili zato višji, rentabilno poslovanje pa oteženo. Ob naštetih argumentih se je sama po sebi ponujala ocena, da so zastarele kmečke žage povzročale slovenski lesni industriji precejšnjo škodo in bi jih bilo najbolje odpraviti.¹⁶⁸

Manj kot dve leti po izdaji citiranega poročila je v Jugoslaviji izbruhnila druga svetovna vojna, ki je ponovno prinesla izredne razmere. Po osvoboditvi so se nove oblasti skladno z načeli planskega gospodarstva odločile racionalizirati lesnoindustrijsko panogo in zmanjšati število malih žag. Vojna je poškodovala 72 industrijskih žag in okrog 300 venecijank, kar je znašalo približno tretjino skupnih zmogljivosti panoge.¹⁶⁹ Zaradi težav, ki jih je povzročila osamitev

162 Prav tam, str. 41.

163 Dve parni žagi in nekaj venecijank glede na zemljevid Pregled lesne industrije l. 1936 v: *Naši gozdovi in žage*.

164 Štirinajst parnih in 3 večje vodnoturbinske žage, zemljevid Pregled lesne industrije l. 1936 v: Prav tam.

165 Prav tam, str. 42.

166 Prav tam, str. 52.

167 Primerjaj: prav tam, str. 3.

168 Prav tam, str. 10.

169 Sevnik, Žagarstvo na Slovenskem, str. 200–202.

Jugoslavije med informbirojevskim sporom leta 1948, so morale oblasti začasno odstopiti od načrtov o ukinjanju malih žag in so bile celo prisiljene v ponovno odprtje nekaterih obratov, ki naj bi bili opuščeni.¹⁷⁰ So pa v prvih povojnih letih izvedli podržavljanje žag, pri čemer so se usmerili predvsem na industrijske obrate, ki so v 80 % prešli v državno last, zadnja petina pa pod lesne zadruge. Od venecijank jih je pod državo prešlo le 5 %.¹⁷¹

Po letu 1952 so začeli zmanjševati število žagarskih obratov – tako industrijskih kot venecijank. Med prvimi so zaprli industrijske parne žage v gozdnih kompleksih na Kočevskem, Dolenjskem, na Pohorju, Bohorju in na Visokem Krasu. Hkrati so povečevali zmogljivosti perspektivnih obratov.¹⁷²

Proti zasebnim vodnim žagam so nastopali z različnimi administrativnimi ukrepi. Žaganje na venecijanki je lastnika lesa obremenilo z visokim, 27-odstotnim davkom na promet.¹⁷³ Leta 1954 je bil sprejet še zakon o registraciji žag, zaradi katerega so številne venecijanke prenehale obratovati. Na primeru Lovrenškega Pohorja, ki ga je preučil Franjo Sgerm, lahko vidimo, da se je upadanje števila žag (na omenjenem območju) začelo že v drugem desetletju 20. stoletja, in to zelo opazno, za kar 17 % glede na najvišje stanje (84 obratov) desetletje poprej. Upad je verjetno povezan tudi s posledicami prve svetovne vojne. V naslednjih dveh desetletjih je sledilo postopno upadanje in celo ob koncu kriznega desetletja je še vedno delovalo kar 62 žag. Nato je do leta 1950 sledil drastičen upad na samo 10 obratov.¹⁷⁴ Žal omenjena statistika ne pokaže, koliko žag se je zaprlo med vojno in koliko so na to vplivali ukrepi povojnih oblasti ter družbene spremembe.

170 Prav tam, str. 203.

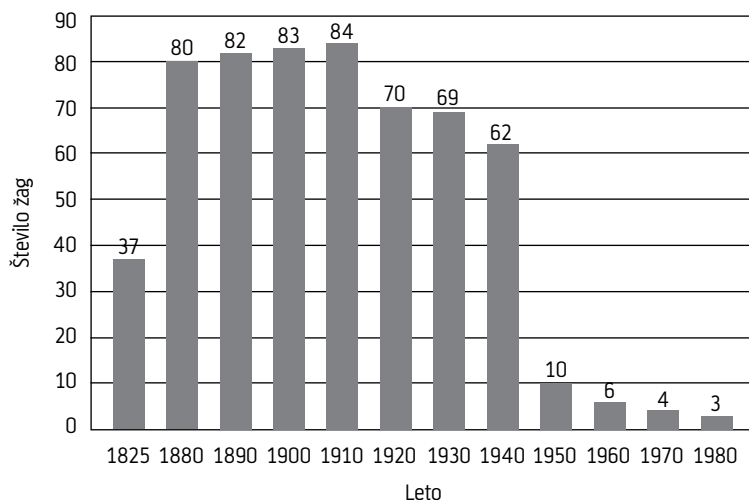
171 Prav tam, str. 204.

172 Prav tam.

173 Davek, ki je bil vpeljan leta 1947. Glej: Bogataj, *Mlinarji in žagarji*, str. 156.

174 Sgerm, *Žage na Lovrenškem Pohorju*, str. 210.

Statistika žag na vodni pogon na Lovrenškem Pohorju



(Vir: Sgerm, Žage na Lovrenškem Pohorju, str. 210.)

Žage na vodni pogon lahko štejemo med naprave, ki so sooblikovale podobo in gospodarstvo zgodnjega novega veka in obdobja industrijske revolucije. Njihova tehnologija se je v osnovnih načelih izoblikovala do konca 15. stoletja in se nato glede na lokalne potrebe dopolnjevala. V 19. stoletju so se pojavile alternativne tehnologije, ki so omogočale boljše izkoristke in hitrejši razrez hlodovine, vendar to ni pomenilo zatona klasičnih žag na vodni pogon. V drugi polovici 19. in prvem desetletju 20. stoletja se je število vodnih žag še občutno povečevalo. Trend se je obrnil šele z izbruhom prve svetovne vojne, do končnega usihanja dejavnosti pa je prišlo šele v obdobju druge svetovne vojne in v desetletjih po njej. Razvoj v tej smeri so pravzaprav že nakazovale študije, ki so jih v okoliščinah velike gospodarske krize tridesetih let 20. stoletja opravljali pri delavski zbornici in so bile namenjene iskanju načinov, kako v prihodnje preprečiti socialne in gospodarske probleme, ki so jim bili priča. Študije so ugotovljale velike kapacitete v lesni dejavnosti na Slovenskem, ki so jih ocenjevali kot predimenzionirane. Eden ključnih predlogov za izboljšanje pogojev delovanja lesne industrije je bil zapiranje malih vodnih žag, ki so imele slabe izkoristke in so spodbujale prekomerno izkoriščanje gozdov. Zaradi izbruha druge svetovne vojne so predlagani ukrepi ostali na papirju do druge polovice 40. let, ko so jih izpeljale nove (komunistične) oblasti, saj so se ujemali z načeli planskega gospodarstva in industrializacije.

VODNI POGONI V ŽELEZARSTVU

V železarstvu je voda sprva poganjala težka kladiva, t. i. norce. Prve nesporne omembe tehnologije se v pisnih virih pojavijo okrog leta 1200 v Angliji, Franciji in na Švedskem. Obstaja celo verjetnost, da so vodne pogone v Franciji in Španiji uporabljali za kovanje že okrog začetka 12. stoletja, vendar gre pri tem še vedno za domneve.¹⁷⁵ Leta 1214 sledi prva omemba vodno gnanih mehov iz Italije.¹⁷⁶ Omemba vodnega pogona v povezavi s plavžem je mlajšega datuma in izvira s konca 14. stoletja, natančneje iz leta 1384.¹⁷⁷

Na Slovenskem se je po cezuri zgodnjega srednjega veka železarstvo znova razvilo, najprej na severozahodnem delu Gorenjske, ki je bila razdeljena na gospostva Bela Peč, Bled, Radovljica in Škofja Loka. Prve neposredne omembe železarjev na Gorenjskem v pisnih virih so iz leta 1348 v Železnikih. Leta 1381 sledijo še omembe v Planini (?) in nato leta 1403 na Jesenicah in Javorniku.¹⁷⁸

Na območju loškega gospostva so železo pridobivali že pred tem. V času vladarskih podelitev obsežnih zemljiških kompleksov blejskega in loškega gospostva škofijama v Bambergu in Freisingu v 10. in 11. stoletju je bilo območje severozahodne Gorenjske redko poseljeno, poznejša fužinarska naselja pa še niso obstajala.¹⁷⁹

V tem obdobju železarjev kot posebnega družbenega sloja pri nas še ni bilo. S pridobivanjem železa so se ukvarjali kmetje, ki so uporabljali kmečke peči, preproste talilne jame, ki so jih postavljali kar na rudiščih. Te so nasledile t. i. vetrne peči, ki so za vpihovanje dodatnega zraka in s tem dvigovanje temperature v peči izkoriščale stalen veter na izpostavljenih lokacijah pobočij v bližini rudišč. Sledovi kmečkega železarstva so se ohranili kot ostanki žindre, ki so jih raziskovalci poznali že v 18. in 19. stoletju, na primer v okolici vasi Jamnik, na železniški strani Jelovice na Štalci in pri Dražgošah.¹⁸⁰

V 13. stoletju so se talilne peči z višinskih območij začele seliti v doline. Peči so postale večje, predvsem pa so se ustalile na enem mestu, kar je povzročilo nastanek posebnih železarskih naselij.¹⁸¹

Oba načina pridobivanja železa – kmečko železarstvo in začetek specializirane proizvodnje – sta na Gorenjskem izpričana ob koncu 13. stoletja. Leta 1291

175 Lucas, *Industrial Milling*, str. 15–17, 22.

176 Prav tam, str. 22.

177 Prav tam, str. 15. Iz angleškega izraza »blast frunance« gre sklepati, da se navedba nanaša na naprednejši plavž in ne na preprostejšo peč na volka, za katero se v angleščini uporablja izraz »bloomery«. Glede na to, da se je vodno kolo tudi v primeru peči na volka uporabljalo za pogon mehov, ter glede na 170 let zgodnejšo prvo omembo vodno gnanih mehov gre verjetno (?) za zgodnjo omembo naprednejše talilne peči.

178 Müllner, *Geschichte des Eisens*, str. 126.

179 Prav tam, str. 124, 125.

180 Baš, *Slovenska peč*, str. 22.

181 Prav tam, str. 26.

se v urbarju loškega gospostva omenja kmetija »Ob Savi«, ki je bila obvezana k dajatvi pol mase železa letno.¹⁸² V istem viru se omenjajo tudi štirje t. i. prazniki, ljudje brez zemlje, ki so freisinsškemu posestvu v Loki letno oddajali 80 mas železa.¹⁸³

Pri kmečkih in vetrnih pečeh je pridobivanje železa iz rude potekalo brez izrabe vodne sile. Kdaj so v taljenje rude in kovanje železa vpeljali prve vodne pogone pri nas, iz do sedaj znanih virov žal ni mogoče oceniti. Omenjeni železarji iz Mojstrane so imeli, če so dejansko imeli fužino v kraju, razmere za postavitev vodnega pogona, ki bi gnal težko kladivo in mehove, toda vir o tem žal molči.

Kot najstarejša znana talilna peč na našem ozemlju velja leta 1953 odkrita slovenska peč v Dnu nad Kropo, katere nastanek se datira v prvo polovico 14. stoletja, delovala pa naj bi do srede 15. stoletja. Avtorja študije o odkriti peči Franjo Baš in Ciril Rekar sta glede vodnega pogona v sklopu slovenske peči podala nasprotujoči mnenji. Franjo Baš je, izhajajoč iz literature o razvoju železarstva na Štajerskem in Koroškem, ugotavljal, da so morali v peč vpihovati zrak z mehovoma, ki so ju gnali »na roke«.¹⁸⁴ Prav tako naj bi v okolici izkopane peči ne bilo nobenih sledov o vodnem pogonu,¹⁸⁵ zaradi česar je Baš sklepal, da gre pri odkritem plavžu za primer avtohtone peči, ki se je razvila iz predhodnih vetrnih peči.¹⁸⁶

Študija Cirila Rekarja v večini točk soglaša z Baševimi izvajanja, vendar zatrjuje, da so v obratu nedvomno izkoriščali vodno silo kot pogon za para mehov, ki naj bi imel kapaciteto 300 litrov,¹⁸⁷ in tudi za norca.¹⁸⁸ Obrat je bil po opustitvi temeljito izpraznjen, zato je Rekar svoje sklepanje izpeljal iz izračunov, ki so temeljili na dimenzijah odkrite peči in predpostavkah o metalurškem procesu v peči. Analiziral je tudi vzorce žilindre z notranje stene peči ter s tal pred pečjo. Vzorci so pokazali, da je peč proizvajala mehko kovno železo z zelo nizkim odstotkom ogljika in žlindro, ki je vsebovala nizek odstotek železa.¹⁸⁹

Dejstvo je, da se obe interpretaciji najdbe glede obstoja vodnega pogona opirata na posredne dokaze. Uporaba vodne sile pri taljenju rude se, ob

182 Blaznik, *Urbarji freisinske škofije*, str. 130. Kmetija se je nahajala v Gorenji Savi pri Kranju (gl. Prav tam, op. 6). Hvala kolegu Matjažu Bizjaku, ki me je opozoril na omembo.

183 Blaznik jih locira v Mojstrano. Prav tam, str. 166; Železna masa, »massa ferri«, je bila količina železnega volka, ki je ostal po enem taljenju v plavžu. Njena velikost se je spreminjala glede na velikost in učinkovitost talilnih peči. V 12. stoletju naj bi znašala 10–15 kg, v 13. stoletju pa že 30–40 kg. Baš, *Slovenska peč*, str. 22–24.

184 Baš, *Slovenska peč*, str. 30 in 33.

185 Prav tam, str. 28; Baš v prvem delu članka na opiše najdbo kamnitih rak, za katere ne da interpretacije njihovega namena. Primerjaj: Prav tam, str. 4.

186 Baš, *Slovenska peč*, str. 33–34.

187 Rekar, *Slovenska peč*, str. 70.

188 Prav tam, str. 62.

189 Prav tam, str. 64–66.

upoštevanju primerjav iz evropskega prostora, v predlaganem časovnem okviru ne zdi nemogoča, žal pa zanj nimamo dodatnih potrditev v drugih virih.

Sredi 14. stoletja se začnejo na gorenjskih gospostvih naseljevati furlanski železarji – kovači. Že omenjeni Železniki so nastali prav z njihovo naselitvijo okrog leta 1340.¹⁹⁰ Sledili so jim še drugi priseljenci, ki so izvirali iz širšega severnoitalijanskega prostora in so tvorili jedro gorenjskega železarskega stanu. Številne italijanske priimke železarjev tako najdemo še med železarji na Jesenicah in v Bohinju.¹⁹¹

Priseljenci so s seboj prinesli izpopolnjene oblike talilnih peči. V virih 16. stoletja tako najdemo razlikovanje med slovensko pečjo in boljšo bresciansko pečjo. Pri obeh je najverjetneje šlo za peč na volka (nem. *Stückofen*), ki se je na Gorenjskem obdržala še vse do konca 18. stoletja.¹⁹²

Nadaljnji razvoj je vodil v združevanje talilnih peči in težkih kladiv v enoten obrat z imenom fužina, ki naj bi nastal okrog začetka 15. stoletja.¹⁹³ Proizvodni postopki so se postopoma razvejali v zapleten sistem specializiranih obratov, ki se je obdržal več stoletij dolgo in je začel ugašati šele s prehodom na industrijski način dela v 19. stoletju.¹⁹⁴

Kladiva na vodni pogon so se delila na dve skupini. Prva so bila težka kladiva ali »norci«, s katerimi so ob koncu taljenja razdelili železno maso oziroma volka na manjše dele, ki jih je bilo lažje transportirati in obdelovati. Poleg teh so bila v rabi tudi lažja, hitro udarjajoča kladiva ali »repači«. Slednji so ostali v rabi še vse do srede 20. stoletja, saj so se ohranili v predelovalnih kovačnicah še dolgo po tem, ko so taljenje rude prevzeli veliki plavži in je bila izraba slovenskih najdišč »gozdnega železa« opuščena. V obeh primerih je vodno kolo prek odmične gredi dvigovalo kladivo, slednje pa je nato prosto padalo in udarjalo po nakovalu.¹⁹⁵

Na enak način je deloval tudi pogon mehov, ki jih je navadno gnalo ločeno vodno kolo.¹⁹⁶

Kladivom in mehovom so se v kovačnicah sčasoma pridružile še naprave za valjanje in izdelovanje žice, katerih izvedba je zahtevala bolj izpopolnjen prenos gibanja prek zobniških prestav.¹⁹⁷

V 18. stoletju so se pod vplivom merkantilističnih idej pojavila prizadevanja

190 Gašperič, Gorenjsko železarstvo, str. 6.

191 Glej: Müllner, *Geschichte des Eisens*, str. 126–127.

192 Balthasar Hacquet je leta 1777 opisoval delo s pečjo na volka v Železnikih in v Bohinju. Glej: prav tam, str. 239.

193 Gašperič, Gorenjsko železarstvo, str. 7.

194 Več o sistemu fužinskih obratov glej v: Šorn, *Začetki industrije*, str. 137–168.

195 Struna, *Vodni pogoni*, str. 358–362; Za grafične upodobitve kladiv na vodni pogon glej: prav tam, str. 104–105.

196 Primerjaj tloris fužine na Pozabljenem opise kovačij v: Struna, *Vodni pogoni*, str. 359–363; Risbe mehov na vodnih pogon glej: Prav tam, str. 102–103.

197 Struna, *Vodni pogoni*, str. 105–107; prav tam, str. 359.

za dvig proizvodnih zmogljivosti. Hkrati je prišlo tudi do dviga povpraševanja na italijanskem trgu, kamor so železarne z območja Štajerske, Koroške in Kranjske prodajale večino svojih izdelkov. Videti je, da v prvi polovici 18. stoletja vsaj na Kranjskem proizvodnja ni zmogla slediti povpraševanju na trgu, k čemur so pripomogle nezadostne finančne zmogljivosti železarskih založnikov pa tudi tehnična opremljenost železarn.¹⁹⁸

Razmere so se spremenile v drugi polovici 18. stoletja, ko je glavni založnik gorenjskih železarn, nato pa tudi lastnik več obratov postal Michelangelo Zois, kmalu zatem pa se je kot lastnik fužin na Jesenicah pojavil še Valentin Ruard. Oba veletrgovca sta v prizadevanjih za rentabilnost svojih podjetij začela modernizacijo fužin.¹⁹⁹ Na prelomu iz 18. v 19. stoletje se je pojavila železarska konjunktura, ki so jo spodbujale priprave na drugo in tretjo koalicijsko vojno proti Napoleonu, tej pa je sledila precej izrazita recesija po letu 1809.²⁰⁰

Kot rezultat opisanega razvoja so na Kranjskem vse bolj stopali v ospredje plavži. Čeprav manj številčni kot stare peči na volka je proizvodnja prvih konec 18. stoletja količinsko prekašala skupni produkt slednjih.²⁰¹

V obdobju po koncu Ilirskih provinc in obnovitvi avstrijske oblasti je prišlo do ponovnega pojava železarske konjunktore. Slednja se je odražala v vnovični rasti proizvodnje, ki so jo dosegali predvsem zaradi poostrovanja delovne discipline in vpeljave dodatnih naprav, na primer valjarnih strojev.²⁰²

Žal nimamo na voljo študij, ki bi bile posebej posvečene vodnim pogonom s konca 18. in prvih desetletij 19. stoletja, kar je med drugim posledica dejstva, da se je o večini večjih obratov tega časa pri nas ohranilo bolj malo tehnične dokumentacije. Najbolje dokumentiran je obrat fužine v Trenti, ki je v svojem sklopu imel peč na volka. Omenjena naprava je imela par mehov, ki ju je gnalo vodno kolo s pomočjo odmične gredi (risba fužine – v tlorisu in prerezu – je nastala leta 1780).²⁰³ Vpihovanje zraka je torej v zadnji četrtini 18. stoletja še vedno poganjala enaka naprava, kot je bila v rabi že več stoletij in kaže na dolgoživost preproste tehnične rešitve.

Posledice napredka v metalurški tehnologiji 19. stoletja so prvi čutili prav plavži. Do šestdesetih let 19. stoletja so še dvigovali svojo proizvodnjo, temelječo na stari tehnologiji, nato pa je železarska industrija na Kranjskem zašla v težave. Proizvodnja železa, temelječa na gozdnem železu, preprosto ni bila več rentabilna. Gorenjsko železarstvo je našlo rešitev v koncentraciji kapitala in v gradnji

198 Šorn, *Začetki industrije*, str. 146; O zastarelosti železarn v 18. stoletju glej tudi: prav tam, str. 148.

199 Šorn, *Pregled našega železarstva*, str. 257–258.

200 Šorn, *Začetki industrije*, str. 145–146; Šorn, *Pregled našega železarstva*, str. 252.

201 Šorn, *Pregled našega železarstva*, str. 261.

202 Prav tam, str. 271.

203 Prav tam, str. 254.

Siemens-Martinove peči, ki je našla svojo vlogo kot predelovalni obrat tržaških plavžev. V času krize šestdesetih let je vodilno vlogo po količini pridelanega surovega železa prevzel plavž na koks železarne na Prevaljah.²⁰⁴

S tem se je do konca 19. stoletja zaključilo obdobje klasičnih vodnih pogonov v proizvodnji surovega železa. Manjše kovačnice, tovarne kmetijskega orodja in podobno so vodne pogone ohranile precej dlje, ponekod še vse do srede 20. stoletja.

Na koncu poglavja o železarstvu velja omeniti poseben sistem dovajanja zraka v kovaške peči. Gre za t. i. vodna puhala, ki po delovanju niso pogoni v ožjem pomenu, saj nimajo nobenega gibljivega dela oziroma mehanizma. Sistem je bil sestavljen iz dvignjenega vodnega zbiralnika in iz navpične cevi, skozi katero je odtekala voda iz zbiralnika. Na straneh cevi so bile odprtine, skozi katere je voda zaradi venturijevega principa srkala zrak.²⁰⁵ Na tleh je bil postavljen drug zbiralnik, ki je imel dve odprtini – eno pri vrhu za odvajanje zraka, drugo pa na dnu za odtok vode. Zgornja odprtina je bila po cevi povezana s kovaško pečjo, ki je tako dobivala neprekinjen dotok zraka pod pritiskom. Primer vodnega puhala je našel Alphons Müllner v kovačnici nad Čabrom, drug primerek pa je sredi 20. stoletja dokumentiral Albert Struna v kovačnici v Jagnjenici zahodno od Radeč.²⁰⁶

Puhalo, po svoji funkciji pravzaprav preprost zračni kompresor, je bilo izumljeno v Italiji, verjetno v 16. stoletju. Že v 17. stoletju so vodna puhala izpričana v španski Kataloniji, kjer so se, po vsem sodeč, precej uveljavila in postala sestavni del »katalonskih peči«. Od tod so katalonsko peč španski izseljenci zanesli v Ameriko. V različnih predelih Združenih držav so bile katalonske peči v rabi nekako do srede 19. stoletja.²⁰⁷ Puhala so bila poznana tudi v francoskem prostoru in videti je, da so prav francoski pisci, ki so jih preučevali, zaslužni za razširjenje izraza katalonska peč.²⁰⁸

Oba primera puhal iz našega prostora tako predstavljata dokajšnjo uganko. Po doslej opravljenih opisih in raziskavah železarstva pri nas ju lahko označimo za tehnološko posebnost, za katero ne moremo podati preproste razlage. Puhali sta prostorsko ločeni, pa tudi po tehnični izvedbi različni. Zato ostaja neodgovorjeno vprašanje, kako se je sistem pojavil pri nas in kakšna je povezava med obema primeroma.

204 Prav tam, str. 274.

205 Venturijev princip danes izrabljajo razne naprave, med drugim tudi črpalke za prezračevanje akvarijske vode.

206 Struna, *Vodni pogoni*, str. 381–382; Müllner, *Geschichte des Eisens*, str. 566–567.

207 Tomàs, *The Catalan process*, str. 225–226, 299–230.

208 Prav tam, str. 227.

NAMESTO SKLEPA

V pričujočem prispevku smo poskusili podati pregled uporabe vodnih pogonov na Slovenskem v treh dejavnostih, ki so jim raziskovalci v našem zgodovinoписju in etnografiji namenjali razmeroma dosti pozornosti. Slednja je po eni strani posledica gospodarskega pomena, ki so ga imeli v preteklosti mlinarstvo, železarstvo in žagarstvo, po drugi strani pa tudi številčnost in dostopnost virov, ki so bili oziroma so na voljo raziskovalcem. S tem se seveda nabor dejavnosti, v katerih so uporabljali vodne pogone, še zdaleč ne zaključuje.

Zelo pomembna dejavnost je bilo na primer steklarstvo. V preteklosti se je pojavljalo na večini ozemlja današnje Slovenije, do 19. stoletja pa se je njegovo težišče ustalilo na vzhodu našega ozemlja. Glavni naravni vir za proizvodnjo stekla je bil poleg kremenčevega peska les, ki je rabil za kurjenje steklarskih peči ter za proizvodnjo pomembnega aditiva stekleni masi – pepelike. Kljub temu je pomembno vlogo pri proizvodnem procesu igrala tudi voda, s pomočjo katere so poganjali brusilne kamne, ki so omogočali izdelavo zahtevnejših izdelkov iz kristalnega stekla.

Drugi pomemben izdelek, ki se mu v pričujočem prispevku nismo posvetili, je papir. Vodna kolesa so od novega veka poganjala posebne stope, v katerih so papirničarji tolkli cunje ter s tem pridobivali papirno maso. Precej povedno dejstvo o pomenu vodnega pogona za papirnice je ime tovrstnih obratov, saj so jim v preteklosti rekli »papirni mlini«.²⁰⁹

Vodni pogon je imel velik pomen tudi v rudarstvu, saj je v novem veku začel poganjati vodne črpalke ter prezračevalne naprave za rudnike. S tem so omogočili kopanje v večjih globinah in tako precej povečali intenzivnost rudniške proizvodnje. V času pred 19. stoletjem lahko takšen pogon pri nas srečamo le v idrijskem rudniku živega srebra. Na izjemnost vodne črpalke oziroma velikega kolesa – »kamšti«, ki je poganjala napravo, kaže omemba pri Valvasorju. Kranjski polihistor, ki se na primer z opisovanjem mlinov in žag ni posebej ukvarjal, je namenil kamšti nekaj vrstic v pesmi o Idriji in pove, da se je držel velika slava ter da »gre noč in dan«.²¹⁰ Vodno črpalko so od njene postavitve v začetku 16. stoletja večkrat predelali in tehnično izpopolnili, v svoji končni obliki pa je delovala vse od zadnjega »remonta« leta 1790 do ustavitve leta 1948 (!). Ne glede na to, da so v drugih jaških rudnika delovale modernejšie naprave, se je obnesla dovolj dobro, da je obratovala (v končni izvedbi) več kot stoletje in pol.²¹¹

Novoveški razvoj rudarstva in metalurgije je (ponovno) mehaniziral tudi pripravo nakopane rude, natančneje njeno pranje, drobljenje in razvrščanje

209 Za upodobitve vodnega pogona glej: Struna, *Vodni pogoni*, str. 56–58; za pregled zgodnjega razvoja glej: Šorn, *Starejši mlini*.

210 Valvasor, *Čast in slava*, 1. zvezek, 3. knjiga, str. 400.

211 Struna, *Idrijska »Kamšt«*, str. 6–7.

oziroma separacijo.²¹² Tudi v tem pogledu je v dobi pred razvojem premogovnikov pri nas prednjačil idrijski rudnik, medtem ko so pri pridobivanju rude za kranjske železarne uporabljali precej bolj preproste postopke. Še v drugi polovici 18. stoletja so rudo za Zoisove fužine v Bohinju kopali bajtarji iz okoliških krajev nad dolino, največ jih je bilo iz Gorjuš. Ruda je bila praviloma drobna, večji kosi so bili izjema. Za pranje rude so rudarji imeli na voljo tri naprave (ki žal niso natančneje opisane) v Bohinjski Bistrici.²¹³ Dodaten namig o načinu priprave rude za fužine v 18. stoletju daje tudi bakrorez v Hacquetovi *Oryctographii*, ki prikazuje rudarje, kako s kladivi razbijajo nakopano rudo pred rudniškim rovom.²¹⁴

Vodni pogoni so vse od zgodnjega novega veka krojili usodo številnih obrti in protoindustrijskih panog. Po uveljavitvi novih tehnologij v 19. stoletju se je njihov čas začel iztekati, vendar so kljub temu izkazali presenetljivo trdoživost, saj so dokončno izginili iz rabe šele po koncu druge svetovne vojne. Precej je k temu gotovo pripomoglo tudi dejstvo, da je bilo stare, že obstoječe naprave mogoče izkoriščati brez velikih investicij, ki so bile potrebne za nakup novih strojev. V času političnih in gospodarskih pretresov prve polovice 20. stoletja je finančni dejavnik nedvomno igral veliko vlogo. Po koncu druge svetovne vojne so oblasti v Jugoslaviji težile k modernizaciji in industrializaciji ter so začele to svojo usmeritev uveljavljati tudi z upravnimi vzvodi. K zatonu vodnih pogonov, vsaj v dejavnostih, kot sta bili mlinarstvo in žagarstvo, so torej poleg tehnoloških in ekonomskih sprememb pripomogli tudi državni ukrepi.

212 Primera strojev za pranje rude in stop za drobljenje rude glej v: Struna, *Vodni pogoni*, str. 99 in 100.

213 Verbič, Bohinjsko rudarstvo, str. 9–10.

214 Hacquet, *Oryctographia Carniolica*, III. knj., Tab. 6.