

SOCIETÀ ITALIANA
DEGLI STORICI DELL'ECONOMIA

*Innovazione e sviluppo.
Tecnologia e organizzazione
fra
teoria economica e ricerca storica
(secoli XVI-XX)*

ATTI DEL SECONDO CONVEGNO NAZIONALE
4 - 6 MARZO 1993

MONDUZZI EDITORE

ALBERTO GUENZI*

ENERGIA IDRAULICA E ORGANIZZAZIONE ECONOMICA DELLA CITTÀ. BOLOGNA IN ANTICO REGIME

INTRODUZIONE

Questa relazione intende affrontare il tema delle innovazioni tecniche e delle loro implicazioni con i processi economici di crescita, di ristagno e di crisi. In particolare vorrei indagare i rapporti tra innovazioni tecniche e innovazioni inerenti l'organizzazione dello spazio urbano nel tentativo di dimostrare che quanto più sono intensi e coordinati questi rapporti tanto più si esaltano i benefici indotti dai processi innovativi.

Il caso del sistema idraulico artificiale di Bologna tra XII e XIX secolo si presta bene a verificare tale ipotesi. La storiografia ha già messo in luce i caratteri e le dimensioni dell'industria bolognese, così come è noto lo straordinario sviluppo del settore serico in età moderna¹. Meno indagato risulta il contesto fisico, urbanistico e politico-istituzionale all'interno del quale si crearono le condizioni di fattibilità del più importante sistema di distribuzione e di sfruttamento dell'energia idraulica che si conosca in età precapitalistica. Dal 1987 in alcuni articoli scritti insieme a Carlo Poni ho analizzato i processi di innovazione e le loro reciproche implicazioni con particolare riferimento al rapporto tra distribuzione dell'energia idraulica e funzionamento del mulino da seta.

È mia intenzione descrivere l'impatto delle innovazioni sull'organizzazione dello spazio economico della città e di parte del territorio bolognese. Parlo di un processo plurisecolare che prese avvio sul finire del secolo XII. Proprio le innovazioni introdotte in età medievale e signorile costituirono la base del sistema idraulico artificiale.

* Istituto di storia economica e sociale, Università degli studi di Parma.

¹ Un primo tentativo di interpretare la storia economica di Bologna alla luce delle innovazioni inerenti i canali risale al convegno internazionale dedicato al tema "Les villes et la diffusion de l'innovation en Europe occidentale", tenutosi a Parigi il 30 novembre e il 1° dicembre 1985. La relazione intitolata *Pour l'histoire du système hydraulique-industriel de Bologne (XIII-XVIII siècles)* fu pubblicata per la prima volta su una rivista italiana. A. GUENZI, C. PONI, *Sinergia di due innovazioni. Chiaviche e mulini da seta a Bologna*, in "Quaderni storici", 1987, 64, pp. 111-128.

1. LA FASE DI PRIMO IMPIANTO (SECC. XII-XIV)

A tutt'oggi solo Ivan Pini ha fornito una documentata spiegazione dell'origine del sistema idraulico artificiale di Bologna. Secondo la sua tesi negli ultimi anni del secolo XII furono costruiti due grandi manufatti - composti ciascuno da chiusa e canale in muratura - per dirottare verso la città le acque del fiume Reno e quelle del torrente Savena².

L'intento era quello di alimentare il fossato che circondava la cinta muraria appena ampliata. In realtà il risultato fu superiore alle previsioni: nel momento in cui la città viveva un prepotente sviluppo civile, culturale ed economico, per la prima volta Bologna poteva contare sull'acqua come risorsa economica. Quanto la natura non forniva (la città era attraversata da un corso naturale di portata intermittente e comunque irrisoria) i bolognesi se lo erano procurato con il loro ingegno. Ma la costruzione delle chiuse e dei canali - l'innovazione di base del sistema idraulico artificiale - non avrebbe prodotto concreti e duraturi benefici se negli stessi anni non si fossero aggiunti altri nuovi elementi³. Il primo fu l'applicazione della ruota idraulica sui canali per utilizzare il lento movimento dell'acqua. L'insediamento di decine di piccoli mulini da grano lungo i corsi d'acqua per la prima volta mise in luce le enormi potenzialità energetiche del sistema. Il secondo elemento, macroscopico, fu la costruzione di una nuova cinta muraria che dilatava di 4-5 volte lo spazio urbano. Dimostrando una capacità progettuale di respiro plurisecolare - quella cinta muraria sarebbe stata l'ultima cinta di una città che conobbe un forte sviluppo abitativo e demografico nei successivi settecento anni - i governanti inglobarono nella città aree coltivate e borghi rurali del suburbio. I canali e gli opifici idraulici ivi insediati si trovarono improvvisamente a far parte dello spazio urbano; le strutture e gli impianti - fino ad allora elementi esterni ed estranei al contesto dello sviluppo economico che era e rimase urbano - divenivano elementi centrali nell'organizzazione dello spazio economico⁴.

² A.I. PINI, *Energia e industria tra Savena e Reno: i mulini idraulici bolognesi tra XI e XV secolo*, in *Tecnica e società nell'Italia dei secoli XI-XVI*, Bologna 1987.

³ La costruzione del sistema idraulico maturò in un periodo di grande vitalità progettuale: lo Studio viveva il momento più alto della sua storia, la città sperimentava forme di governo popolare con l'ascesa al potere delle società delle arti e delle armi, il Comune "democratico" liberava i servi della gleba acquistandoli dai loro proprietari. Cfr. A. SORBELLI, *Storia dell'Università di Bologna*, vol. I, *Il medioevo*, Bologna 1940; C. CALCATERRA, *Alma Mater Studiorum. L'Università di Bologna nella storia della cultura e della civiltà*, Bologna 1940; A. GAUDENZI, *Le società delle arti in Bologna nel secolo XIII*, in "Bollettino dell'Istituto storico italiano", 21 (1899), pp. 7-126; V. FRANCHINI, *Le arti di mestiere in Bologna nel secolo XIII*, Trieste 1931; G. FASOLI, *Le compagnie delle arti a Bologna fino al principio del secolo XV*, in "L'Archiginnasio", 30 (1936), pp. 237-280; Id., *Popolo e stato corporativo a Bologna nel Duecento*, in "Nuova antologia", 15 (1937), pp. 206-217; Id., *Bologna nell'età medievale*, in *Storia di Bologna*, Bologna 1978, pp. 127-196; L. SIMEONI, *La liberazione dei servi a Bologna nel 1256-57*, in "Archivio storico italiano", 357 (1952), pp. 3-26; A.I. PINI, *Città, comuni e corporazioni nel medioevo*, Bologna 1987. Secondo un autore seicentesco la grandezza di Bologna fu dovuta all'industria della seta e all'Università: O. MONTALBANI, *L'honore dei Collegi delle arti di Bologna. Breve trattato fisico-politico, e legale storico*, Bologna 1670, p. 50.

⁴ Sul periodo medievale si veda A. HESSEL, *Storia della città di Bologna (1116-1280)*, Bologna 1975 (ed. orig. Berlino 1910). Cfr. A.P. MASINI, *Bologna perlustrata*, Bologna 1666; A.I. PINI, *Le circoscrizioni territoriali urbane a Bologna nel medioevo*, in "Quaderni culturali bolognesi", 1 (1977); S. FRESCURA NEPOTI, *Il canale di Reno e il Navile prima del 1270*, in "Il Carrobbio", 3 (1978), pp. 167-171; G. RICCI, *Le città nella storia d'Italia*. Bologna, Bari 1980; F.

Di pari passo con l'aumento demografico e lo sviluppo dei settori della lana e della lavorazione dei metalli la città riorganizzava gli spazi interni. Da una parte le funzioni legate alla macinazione dei cereali - funzioni di assoluta rilevanza sociale e finanziaria - venivano concentrate in uno spazio limitato grazie all'introduzione di impianti molto più potenti: meno di 20 grandi mulini riuscivano a macinare una qualità di grano molto superiore a quella lavorata dai circa 50 piccoli opifici già sparsi lungo i canali. E qui si registra ancora la presenza dell'innovazione. Per aumentare sensibilmente la dimensione degli impianti di molitura era necessario adottare nuove grandi ruote idrauliche. Ma per muoverle occorreva aumentare la potenza dell'acqua. Così si intervenne su un piccolo tratto del canale di Reno - l'unico tratto che presentava una pur moderata pendenza - trasformandolo in una condotta forzata dotata di nove salti in corrispondenza dei quali applicare diciotto poderose ruote⁵.

Liberato quasi completamente dai mulini da grano il sistema dei canali poteva accogliere le ruote dei folloni (nell'area settentrionale) e dei magli (nella zona sud). Si andava così delineando la geografia degli insediamenti produttivi nell'area compresa tra l'antico nucleo abitativo (la città medievale delle cento torri) e le nuove mura.

Questo processo di primo impianto si concluse nella seconda metà del Duecento. Da allora i canali divennero l'elemento portante del sistema economico di Bologna. In quel contesto - un secolo più tardi - si inserì un'altra decisiva innovazione tecnica: l'applicazione della ruota idraulica al mulino da seta⁶.

Per valutare la straordinaria importanza di questa macchina rinvio ai lavori di Carlo Poni; qui mi preme semplicemente sottolineare che quest'ultima innovazione si realizzò solo e in quanto altre innovazioni avevano creato le condizioni adatte. Una preziosa fonte del 1393 descrive la destinazione produttiva degli impianti idraulici collegati ai canali artificiali: 16 mulini da seta, 21 opifici destinati ad altre industrie (magli, seghe, macine, cartiere e folloni). A questa attività occorre aggiungere i mulini da grano (meno di una ventina) prima ricordati. In complesso il sistema urbano dei canali, a circa due secoli dalla sua costruzione, aveva raggiunto uno stadio maturo: alimentava 50-60 ruote idrauliche e di fatto organizzava le aree urbane dedicate alle attività produttive, comprese quelle che non prevedevano l'uso dell'energia idraulica (soprattutto tintorie e concerie)⁷. La sequenza delle innovazioni si era per così dire

BERGONZONI, *Venti secoli di città. Note di urbanistica bolognese*, Bologna 1980; M. FURNASARI, *Uno spazio urbano di antico regime: Bologna nel Cinquecento*, in "Storia urbana", 50 (1990), pp. 3-31.

⁵ A. GUENZI, *Il frumento e la città: il caso di Bologna in età moderna*, in "Quaderni storici", 1981, 46, p. 158. Cfr. L. MAKKAI, *Productivité et exploitation des sources d'énergie (XII-XVII)*, in *Produttività e tecnologie nei secoli XII-XVIII*, a cura di S. MARIOTTI, Firenze 1981, pp. 165-181.

⁶ I più antichi mulini da seta a ruota idraulica furono costruiti nei pressi di Porta Castiglione. G.N. ALIDOSI PASQUALI, *Istruzione delle cose notabili della città di Bologna*, Bologna 1621, pp. 37-38. Cfr. G. LIVI, *I mercanti da seta lucchesi in Bologna nei secoli XIII e XIV*, in "Archivio storico italiano", s. 4, 7 (1881), pp. 29-55; G. TABARRONI, *I filatoi idraulici di Bologna*, in "Il Carrobbio", 2 (1977), pp. 381-400; C. PONI, *Archéologie de la fabrique: la diffusion des moulins à soie "alla bolognese" dans les états vénétiens du XV^e au XVIII^e siècles*, in "Annales E.S.C.", 1972, 6, pp. 1475-1496.

⁷ Archivio di Stato di Bologna (ASB), Difensori dell'avere, Amministrazione dei beni del Comune, reg. 3 (1393-1422). Sull'origine del setificio e sui successivi sviluppi si veda N. MORINI, *L'arte della seta*, in *La Provincia di Bologna nell'anno decimo*, Bologna 1932, pp.

esaurita e gli ulteriori miglioramenti tecnici (si pensi al continuo lavoro di perfezionamento del mulino da seta) erano destinati a provocare effetti limitati⁸.

Il problema risiedeva nell'impossibilità di aumentare la flessibilità e la potenza della rete dei canali per installare nuovi impianti. Da un lato lo scarso spazio disponibile in città impediva la costruzione di nuovi rami dei canali; dall'altro la portata dei canali esistenti non poteva crescere per i limiti naturali del sistema idraulico artificiale. Poiché le chiuse sul Reno e sul Savena deviavano in città tutta l'acqua dei loro corsi, la disponibilità di energia idraulica poteva crescere solo in presenza di un'analoga crescita della portata dei due fiumi. Occorre ricordare che quel sistema artificiale non poteva conservare il bene acqua così come avveniva ad esempio per i mulini di montagna che raccoglievano l'acqua in cisterne. Le rare occasioni di abbondanza non producevano effetti positivi sulla disponibilità del sistema.

A due secoli dal suo impianto il sistema idraulico aveva espresso ormai al massimo la sua potenzialità e denunciava limiti fisici e funzionali insuperabili nelle condizioni date. Per rilanciarlo occorre ancora una volta introdurre innovazione. La fase di ripresa e di prepotente sviluppo si determinò in un periodo che possiamo collocare nel corso del secolo XV. L'innovazione che ristrutturò il sistema e in larga parte ridisegnò l'organizzazione produttiva dell'area industriale della città era in realtà una piccola innovazione denominata chiavica. Con questo termine le fonti definiscono la condotta sotterranea che estraeva l'acqua dai canali e la distribuiva attraverso le cantine in una vasta area del territorio urbano. Esaminerò più avanti la diffusione delle chiaviche e i relativi effetti sull'apparato produttivo. Ora voglio richiamare l'attenzione sull'origine delle due innovazioni (chiavica e cantina) e sui caratteri del loro incontro con il sistema idraulico artificiale. Negli statuti del Comune di Bologna il termine chiavica definisce il condotto che permetteva il trasferimento delle deiezioni dai sedili (apparati igienici per uso personale) ai pozzi neri situati sotto il livello

1939-1969; P. MONTANARI, *Il più antico statuto dell'Arte della seta bolognese*, in "L'Archiginnasio", 53-54 (1959-59), pp. 104-159; C. PONI, *A Protoindustrial City: Bologna, XVI-XVII Century*, in *VIII Congrès internationale d'histoire économique. Section A2*, Budapest 1982; G. BALDI, *Il mercato del folicello da seta: la Fiera del Pavaglione a Bologna verso la fine del Settecento*, in *Popolazione ed economia dei territori bolognesi durante il Settecento*, Bologna 1985, pp. 435-536; L. GROSSI, *L'archivio dell'Arte dei tessitori di seta cotta. Un complesso documentario sopravvissuto alle insidie del tempo*, in "Il Carrobbio", 14 (1988), pp. 197-208; P. MITA, *L'archivio di un mercante da seta: il "Negozio per la fabbrica di veli" di Domenico Maria Bettini*, in "Rassegna degli Archivi di Stato", 1989, 1, pp. 248-315; F. GIUSBERTI, *Impresa e avventura. L'industria del velo di seta a Bologna nel XVIII secolo*, Milano 1990. Cfr. L. DAL PANE, *Economia e società a Bologna nell'età del Risorgimento*, Bologna 1969; A. GIACOMELLI, *Carlo Grassi e le riforme bolognesi del Settecento*, parte I, *L'età lambertiniana* e parte II, *Sviluppo delle riforme lambertiniane e contestazione dell'ordine antico*, in "Quaderni culturali bolognesi", 10 e 11 (1979); L. GHEZZA FABBRI, *L'organizzazione del lavoro in un'economia urbana. Le società d'arti a Bologna nei secoli XVI e XVII*, Bologna 1998; G. FORNASARI, *Documenti per la storia industriale bolognese nel periodo napoleonico (1796-1815)*, tesi di laurea discussa presso la Facoltà di Scienze politiche dell'Università degli studi di Bologna, rel. A. Guenzi, a.a. 1988-89, 3 voll.; una copia della tesi è depositata per consultazione presso la biblioteca dell'Archivio di Stato di Bologna.

⁸ C. PONI, *Scenari e fuori scena di un teatro di macchine*, introduzione al volume V. ZONCA, *Novo teatro di machine et edificii (1607)*, Cremona 1985, pp. XXX- XXXIII; ID., *Piccole innovazioni e filatoi a mano: Venezia (1550-1600)*, in *Studi in memoria di Luigi Dal Pane*, Bologna 1982, pp. 371-389; F. CRIPPA, *Il torcitoio circolare da seta: evoluzione, macchine superstiti, restauri*, in "Quaderni storici", 1990, 73, pp. 170-212.

stradale⁹. Un primitivo sistema fognario che utilizzando le pendenze del terreno serviva contemporaneamente più sedili collocati in diverse abitazioni di diversi isolati. In quel contesto la chiavica era un'invenzione di ingegneria civile riservata alle dimore dei ceti economicamente più forti. La chiavica fece la sua comparsa nel nucleo più antico e più nobile della città, quello centrale. In un'area fisicamente distante da quella periferica attraversata dai canali.

La storia dell'introduzione delle cantine presenta forti analogie con quella ora delineata, pur essendo allo stato attuale avvolta da un velo di mistero. Secondo la testimonianza di un eminente cronachista come il Ghirardacci, le prime celle sotterranee furono costruite nel 1213 "per conservare i vini e altre cose necessarie all'uso di casa (...) e le case dei cittadini si allargarono"¹⁰. La cantina - così come il binomio sedile-chiavica - sembra un'invenzione collegata alle dimore signorili. In realtà poco o nulla sappiamo delle cantine e più in generale di quanto esisteva ed avveniva nel contesto sotterraneo della città. Un fatto a dir poco strabiliante se consideriamo che il centro storico di Bologna è certamente uno dei più studiati al mondo. Ma si tratta di studi superficiali perché riferiti soltanto al suolo e a quanto su di esso veniva costruito, e superficiali in quanto incapaci di cogliere l'assoluta importanza del sistema microidraulico anche nella determinazione degli elementi emergenti del paesaggio urbano¹¹.

Chiavica e cantina furono protagoniste di una vicenda singolare. Introdotte nelle dimore signorili attorno al secolo XIII non si incontrarono mai finché rimasero in quell'ambiente. E non poteva essere che così. La cantina in quanto cella vinaria era un luogo che temeva la vicinanza delle acque secondo le antiche ma sempre rispettate norme agronomiche¹². L'incontro, inteso come processo generalizzato e diffuso, doveva avvenire in un altro ambiente. Questo ambiente era l'area circostante i canali, una zona in origine poco abitata che andò urbanizzandosi nel secolo XIV. Ancora una volta gli studi urbanistici non forniscono informazioni dirette sulle cantine e sulla rete di chiaviche ad esse collegate.

Soltanto *ex post* possiamo desumere che le aree abitative di nuova costruzione si dotarono di queste innovazioni. Così cantina e chiavica si incontrarono nello

⁹ Gli statuti della città dedicano ampio spazio al rapporto chiavica-cloaca e chiavica-sedile. F.C. SACCO, *Statuta civilia et criminalia civitatis Bononiae*, Bologna 1735-37, rubb. CXLII-CXLLVI e CLXVIII.

¹⁰ C. GHIRARDACCI, *Historia di Bologna*, Bologna 1596, p. 221.

¹¹ Cfr. *Bologna centro storico. Catalogo della mostra "Bologna centro storico"*, Bologna 1970; *Conoscenza e coscienza della città. Una politica per il centro storico*, Bologna 1974. Dell'importanza dei canali e del setificio si occupano autori francesi e tedeschi del secolo XVIII. "Les tours à filer et organsiner la soie, qui vont par le moyen de l'eau, y avoient été perfectionnés dès l'an 1341, au point de donner à Bologne un avantage particulier sur les autres manufactures, aussi en avoit-on défendu l'exportation". J.B. LABAT, *Voyages en Espagne et en Italie*, Amsterdam 1731, vol. II, p. 185; N. LENGLET-DUFRESNOY, *Méthode pour étudier la géographie où l'on donne une description exacte de l'univers*, Paris 1741, vol. V, pp. 545-557; M. MISSON, *Voyage d'Italie. Edition augmentée de remarques nouvelles et intéressantes*, Amsterdam et Paris 1743, pp. 100-115; J.J. DE LALANDE, *Voyage d'un françois en Italie fait dans les années 1765-1766*, Paris 1769, vol. II, p. 127. Cfr. A. SORBELLI, *Bologna negli scrittori stranieri*, a cura di G. ROVERSI, Bologna 1973; *Bologna e il Grand Tour*, a cura di L. ORLANDI FRATTAROLO, Roma 1991.

¹² Secondo una tradizione che risale agli agronomi latini le celle vinarie dovevano trovarsi "lungi da bagni (...) da cisterne e da tutte cose di puzzo e malo odore". P. CRESCENZI, *Trattato dell'agricoltura*, Firenze 1605, lib. IV, cap. XXXIII.

spazio “industriale” della città, la loro unione si realizzò nelle abitazioni di edilizia popolare dove vivevano i lavoratori. L’assemblaggio di diversi elementi preesistenti (canali, chiaviche, cantine) modificò in profondità il sistema idraulico avviando una nuova e straordinaria fase di sviluppo.

Le due fasi o tempi dell’innovazione idraulica - prima la costruzione dei canali e poi quella delle chiaviche - potrebbero essere rappresentate con una curva logistica secondo un’originale applicazione di Rondo Cameron. La prima fase di organizzazione del macrosistema idraulico potrebbe essere rappresentata da una curva S, rilanciata verso l’alto prima ancora di aver raggiunto l’andamento asintotico da una seconda innovazione che corrisponde alla fase di costruzione e utilizzazione delle chiaviche a fini industriali. Mentre la prima fase o innovazione è comune a molte città (nella Pianura padana possiamo indicare Modena, Reggio Emilia, Parma, Padova, Treviso, Udine), la seconda fase o seconda innovazione è rara come supporto a processi di crescita e di diversificazione di impianti industriali. Per quanto si sappia e salvo casi ancora da individuare e da studiare, in nessuna città italiana ed europea l’utilizzazione delle chiaviche raggiunse l’intensità bolognese¹³.

2. IL SISTEMA IDRAULICO A PIENO REGIME

Tra XV e XVI secolo la geografia produttiva della città si modificò radicalmente. Si trattò dell’esito di un lungo processo che può essere rappresentato da un elemento emblematico: lo spostamento delle ruote idrauliche - un tempo collocate sul corso dei canali artificiali - nelle cantine di case a loro volta trasformate in opifici. È opportuno a questo punto ricostruire la sequenza di tale processo per comprendere la portata del cambiamento. Prima i canali artificiali costituivano (e sostituivano) in città la funzione dei corsi d’acqua naturali: gli utenti di forza idraulica si collocavano sul corso del canale. In seguito lo stesso sistema di canali prese a funzionare come un acquedotto. L’acqua veniva derivata dalle chiaviche e distribuita in un’area molto ampia. Lo sviluppo capillare del neonato sistema microidraulico dipendeva dalla pendenza naturale del territorio urbano¹⁴. Le chiaviche erano collocate poco al di sotto del livello del suolo. La loro profondità era così modesta che quei condotti attraversavano le cantine all’altezza del soffitto. Era quindi possibile installare nella cantina la ruota idraulica alimentata dalla caduta dell’acqua. E qui incontriamo un’altra innovazione: le grandi ruote a pale installate sul corso dei canali lasciarono il posto a ruote più piccole - anch’esse ad asse orizzontale - ma del tipo più avanzato denominato a cassette¹⁵.

¹³ GUENZI, PONI, *Sinergia* cit., p. 115. Cfr. R. CAMERON, *The Logistics of European Economic Growth: a Note on Historical Periodization*, in “Journal of European Economic History”, 1973, 2, pp. 145-148.

¹⁴ Cfr. *Planimetria di Bologna con le curve di livello del terreno*, in *Progetto per la fognatura della città. Piante, profili, sezioni e opere d’arte*, Bologna 1913, tav. 2. Cfr. G. RUATA, *Il canale di Reno e i suoi inquinamenti*, in “Rivista tecnica emiliana”, 3 (1903), pp. 34-36 e 66-73; D. OTTATI, *Il ventre di Firenze. Storia della fognatura dall’epoca romana ad oggi*, Firenze 1988.

¹⁵ P. NEGRI, *Manuale pratico per la stima delle case e degli opifici idraulici*, Firenze 1836. Cfr. R. GORDON, *Hydrological Science and the Development of Water Power for Manufacturing*, in “Technology and Culture”, 26 (1985), pp. 204-235.

Ma l'inserimento delle ruote nelle cantine si collegava giocoforza ad un'ulteriore novità; la trasformazione dell'abitazione in opificio idraulico. Il motore sotterraneo trasmetteva energia a meccanismi sovrastanti; gli spazi interni della casa, che conservava intatta la sua struttura esterna, si rimodellavano radicalmente. I solai scomparivano per fare posto a nuove divisioni verticali della cubatura. Nascevano così tante piccole e invisibili fabbriche al posto delle povere dimore preesistenti¹⁶.

Sul finire del Seicento erano in attività circa 130 opifici idraulici e 400 ruote idrauliche. In larga parte si trattava di mulini da seta, tutti insediati nell'area nord-occidentale della città. In realtà l'introduzione delle chiaviche aveva determinato una specializzazione più marcata degli spazi economici. Se prima gli impianti erano distribuiti su tutta la rete dei canali, in seguito l'area delle ruote idrauliche gravitò intorno alla parte nord-occidentale, mentre i canali della parte orientale rifornivano attività che utilizzavano l'acqua come elemento del processo produttivo (tintorie e concerie). In sostanza si distinsero in modo netto le funzioni del canale di Reno (energia idraulica) da quelle del canale di Savena (usi industriali dell'acqua)¹⁷.

Ma gli effetti a catena dei processi innovativi non furono circoscritti allo spazio urbano. I due canali percorrevano tratti di alcuni chilometri nell'area rurale circostante la città. Il canale di Savena dava energia ad alcuni mulini da grano, quello di Reno ne alimentava un altro; le numerose chiaviche dei tratti esterni dei canali erano utilizzate in parte per irrigare orti ma soprattutto per alimentare i maceri da canapa. Insomma anche lo spazio extraurbano era stato investito dalle trasformazioni introdotte in città¹⁸.

Di pari rilevanza era il ruolo ricoperto dal terzo elemento del macrosistema, fin qui trascurato per esigenze di esposizione: il canale Navile. Si trattava di un canale artificiale lungo circa 30 chilometri. Utilizzando l'acqua degli altri due canali - che congiungevano i loro rami dopo essere usciti dalla città - il Navile consentiva alle chiatte fluviali di trasportare merci e persone fino alla località denominata Malalbergo. Di lì la navigazione proseguiva attraverso le "valli" (aree paludose) per raggiungere a Ferrara il fiume Po e quindi il mare Adriatico. In tal modo una città continentale e priva di un corso d'acqua naturale poteva disporre di un collegamento via acqua con il circuito del grande commercio internazionale. Non solo: si era costruita una "bretella" che univa l'imbocco del canale - situato poco al di fuori della città in località detta Bova - ad un'area urbana che fu attrezzata come un vero porto con moli, paranchi, depositi e servizi commerciali¹⁹.

¹⁶ C. PONI, *Espansione e declino di una grande industria: le filature di seta a Bologna tra XVII e XVIII secolo*, in *Problemi d'acque a Bologna in età moderna*, Bologna 1983, pp. 211-288.

¹⁷ A. GUENZI, *L'area protoindustriale del canale di Reno in città nel secolo XVIII*, in *Problemi d'acque cit.*, pp. 173-216.

¹⁸ L. FERRANTE, S. FRONZONI, F. GIUSBERTI, A. GUENZI, C. PONI, *Paesaggio e strutture produttive: la città di Bologna e il suo contado in età moderna*, in *Paesaggio: immagine e realtà*, a cura di T. MALDONADO, Milano 1981, pp. 179-191.

¹⁹ F. TOSTI DI VALMINUTA, *L'antica navigazione bolognese: una battaglia navale tra Bologna e Venezia nel XIII secolo*, Città di Castello 1904; E. ROSA, *Il "nuovo" magazzino di sali al porto delle navi di Bologna*, in "Strenna storica bolognese", 1973, pp. 257-277; Id., *L'ultimo porto di Bologna*, in "Atti e memorie della Deputazione di storia patria per le province di Romagna", 25-26 (1974-75), pp. 137-186; Id., *Aspetti economici dei trasporti per vie d'acqua nel*

Lo stesso Navile era un'opera di ingegneria idraulica molto avanzata perché la pendenza del suolo - soprattutto nel tratto prossimo alla città - impose l'installazione di apparati utili a sostenere in ogni tempo il livello dell'acqua. Si trattava di vasche a doppia apertura (conche vinciane) che sollevavano o abbassavano il natante quando si trattava di passare da un tratto del canale all'altro; l'operazione poteva essere effettuata da una sola persona che manovrava i meccanismi dell'impianto. Anche questo manufatto, dedicato alle funzioni commerciali, ospitava opifici idraulici e forniva acqua ai numerosi maceri da canapa²⁰.

La ristrutturazione del sistema delle acque in città aveva dunque imposto nuove modalità di funzionamento all'intero bacino macroidraulico artificiale che presentava uno sviluppo lineare di circa 50 chilometri. Le chiaviche - e le ulteriori innovazioni ad esse collegate - avevano creato due diversi scenari produttivi. Mentre nei tratti extraurbani le nuove utenze si collocavano in prossimità dei corsi d'acqua, in città la rete microidraulica copriva capillarmente e completamente l'area urbana compresa tra il corso del canale di Reno e le mura. Un doppio regime che presentava un ulteriore elemento di distinzione: le chiaviche collocate nei tratti esterni estraevano l'acqua che poi si scaricava altrove. Viceversa l'acqua delle chiaviche in città veniva tutta reinserita nei condotti del macrosistema grazie ad un'ennesima novità: il chiavicotto. Il chiavicotto era il condotto che raccoglieva l'acqua che era stata utilizzata nelle cantine per farla defluire. La naturale pendenza del suolo consentiva ai chiavicotti di riportare in superficie quelle acque reintroducendolo nei canali al momento della loro uscita dalla città²¹.

Il tema del recupero dell'acqua introduce un nodo problematico fondamentale e ad oggi irrisolto per molti versi. La nuova versione del sistema idraulico, quella che aveva moltiplicato opifici e ruote, conservava un limite per così dire genetico: l'impossibilità di avere a disposizione maggiori quantità di acqua. Le grandi e le piccole innovazioni vanno lette a partire da questo elemento. Ogni miglioramento poteva e doveva riferirsi ad un potenziale energetico dato e non soggetto a crescita. E così il tema del rapporto tra chiavica e mulino da seta - tema solo sfiorato in precedenza - si ripropone come punto centrale del sistema idraulico nella sua seconda versione. Gli studi analitici e comparativi di Carlo Poni descrivono e interpretano la metamorfosi tecnologica del mulino da seta

Settecento, in *Problemi d'acque* cit., pp. 289-316; M. DI FRANCESCO, *Per una storia della navigazione padana dal Medioevo alla vigilia del Risorgimento*, in "Quaderni storici", 1975, 28, pp. 199-226; R. FERRARI, *L'area di Porto Navile dal secolo XVI al periodo postunitario*, in *Città e proprietà immobiliare in Italia negli ultimi due secoli*, a cura di C. CAROZZI, L. GAMBÌ, Milano 1981, pp. 309-326; C. FRISON, M. ZANARINI, *La navigazione interna in età moderna*, in *Vie del commercio in Emilia Romagna*, a cura di G. ADANI, Milano 1990, pp. 177-190.

²⁰ G.B. MASETTI, *Notizie storiche intorno all'origine della formazione del canale Naviglio di Bologna*, Bologna 1825; O. TUBERTINI, *Sui canali del Reno e del Savena e loro ramificazioni ed in genere sulla condotta delle acque della città e provincia di Bologna confrontata coi sistema e le provvide leggi dei governi precedenti al 1815*, Bologna 1885; R. MATULLI, C. SALOMONI, *Il canale Navile a Bologna*, Venezia 1984. Cfr. A. SCOTO, *Itinerario ovvero nuova descrizione dei viaggi principali d'Italia*, Vicenza 1622, p. 77; M. FANTI, *Dall'alta alla bassa pianura: fra Navile, Reno e Idice*, in *Storia illustrata di Bologna. La provincia*, Milano 1989, pp. 161-190.

²¹ "Informazione del dottor Ovidio Montalbani al Gonfaloniere ed assunti d'ornato di Bologna circa il chiavicotto maestro del Borgo delle Casse" (10 novembre 1668), in ASB, Gabella grossa, Relazioni, vol. 239.

dal filatoio lucchese tondo (mosso a mano e dotato di poche decine di fusi) ai grandi mulini da seta piemontesi, veneti e lombardi (con ruote idrauliche e capaci di lavorare contemporaneamente migliaia di fili)²².

Nel processo plurisecolare di successivi miglioramenti l'esperienza bolognese rappresentò una tappa importante. Qui fu applicata per la prima volta la ruota idraulica e qui si formò il primo distretto serico urbano specializzato nella torcitura. Nei vari lavori richiamati in questo testo ho tentato assieme a Carlo Poni di capire le ripercussioni della nuova tecnologia sull'organizzazione del lavoro e sul funzionamento degli impianti. Allo stato delle ricerche un elemento sembra assodato: il mulino da seta era il tipo di edificio idraulico che meglio si poteva adattare al nuovo sistema di distribuzione delle acque. Dopo i necessari miglioramenti il mulino da seta era divenuto un impianto che richiedeva poca energia idraulica. Le chiaviche disaggregavano la potenza cinetica - rimasta immutata - in centinaia di condotti. La moltiplicazione dei mulini da seta derivò pertanto dalla loro predisposizione alle esigenze della torcitura idraulica.

Più complessa e contraddittoria sembra essere la ricostruzione della sequenza chiavica-mulino da seta. Da una parte si può sostenere che la rete delle chiaviche si sarebbe sviluppata così come avvenne a prescindere dalla presenza del mulino da seta. Dall'altra possiamo ritenere che proprio l'incontro del mulino da seta con la chiavica (penso ad un incontro forse casuale e circoscritto) abbia messo in luce le straordinarie potenzialità della rete sotterranea promuovendone la diffusione. Le fonti non forniscono al riguardo alcuna indicazione. Pertanto non è possibile ricostruire la sequenza chiavica-mulino da seta nel suo momento iniziale.

Viceversa l'osservazione di quanto si verificò a Bologna può suggerire qualche riflessione, beninteso riferita a questo caso di studio. Il microsistema idraulico raggiunse un'estensione assai ampia: la rete capillare di distribuzione costituì - per quanto se ne sa - un caso assolutamente eccezionale tra quelli conosciuti. Al pari la diffusione dei mulini da seta e delle loro ruote idrauliche presentò un'intensità che non trovò per dimensioni riscontro in nessun'altra città europea. Quindi il contesto bolognese - lo si può affermare con certa convinzione - si rivelò un ambiente ideale per sviluppare la sinergia tra le due innovazioni.

D'altra parte l'eccezionalità di questo caso e la sua irripetibilità devono essere valutate alla luce di una condizione esterna. La soluzione adottata a Bologna rispondeva alla scelta di concentrare in città l'industria serica in ogni sua fase. Questo orientamento, che alla lunga si rivelò letale per il setificio bolognese, comportò la risistemazione del sistema idraulico quando il successo dei prodotti stimolò la domanda internazionale dell'organzino e del velo. La concezione conservatrice - propria dei gruppi dirigenti - di un'economia chiusa nel perimetro urbano paradossalmente promosse o addirittura esasperò i processi innovativi²³.

²² PONI, *All'origine del sistema di fabbrica* cit., pp. 444-497.

²³ T. FANFANI, *Le corporazioni nel centro-nord della penisola: problemi interpretativi*, in "Studi storici Luigi Simeoni", 41 (1991), pp. 23-48. Sulle politiche economiche del governo bolognese in età moderna si vedano C. PONI, *Per la storia del distretto industriale serico di Bologna (secoli XVI-XIX)*, in "Quaderni storici", 1990, 73, pp. 93-167; A. GUENZI, *La "Fabbrica" delle tele tra città e campagna. Gruppi professionali e governo dell'economia a Bologna nel secolo XVIII*, Ancona 1988, pp. 11-31. Cfr. G. GHERLINI, *Riflessi bisognevoli che si propongono*

3. VERSO LA DEINDUSTRIALIZZAZIONE

Le serie storiche disponibili per il lungo periodo permettono di datare con buona precisione la fase di massima espansione industriale del sistema dei canali. Il numero dei mulini da seta in attività evidenzia due periodi di crescita: la fine del secolo XVI e gli anni '70-'80 del Seicento. Questo andamento appare confermato dalla curva dei bozzoli introdotti nella città (tab. 1)²⁴.

Tabella 1. *Bozzoli di seta introdotti nella città di Bologna (1575-1794)* (numero indice 1575-79 = 100).

| anni | bozzoli | anni | bozzoli |
|---------|---------|---------|---------|
| 1575-79 | 100 | 1685-89 | 205 |
| 1580-84 | 127 | 1690-94 | 143 |
| 1585-89 | 129 | 1695-99 | 169 |
| 1590-94 | 123 | 1700-04 | 172 |
| 1595-99 | 126 | 1705-09 | 162 |
| 1600-04 | 146 | 1710-14 | 148 |
| 1605-09 | 154 | 1715-19 | 140 |
| 1610-14 | 154 | 1720-24 | 131 |
| 1615-19 | 176 | 1725-29 | 152 |
| 1620-24 | 164 | 1730-34 | 145 |
| 1625-29 | 184 | 1735-39 | 114 |
| 1630-34 | 163 | 1740-44 | 120 |
| 1635-39 | 154 | 1745-49 | 132 |
| 1640-44 | 149 | 1750-54 | 142 |
| 1645-49 | 162 | 1755-59 | 130 |
| 1650-54 | 159 | 1760-64 | 147 |
| 1655-59 | 160 | 1765-69 | 130 |
| 1660-64 | 163 | 1770-74 | 121 |
| 1665-69 | 167 | 1775-79 | 128 |
| 1670-74 | 193 | 1780-84 | 142 |
| 1675-79 | 191 | 1785-89 | 166 |
| 1680-84 | 204 | 1790-94 | 112 |

Fonte: *Tabella dimostrativa* cit.

Considerata la centralità del setificio nell'industria bolognese è lecito assumere questa tendenza come significativa dell'andamento dell'economia urbana. Il pacchetto di innovazioni - già sedimentate secoli prima e collegate tra Quattro

per il risorgimento delle arti della seta, delle lane, e canape e loro esercenti e dipendenti da esse nella città di Bologna, Bologna 1714; M. MARAGI, *1500 anni del Monte di Bologna*, Bologna 1973; E. PETTA, *Le relazioni dell'Assunteria alle arti (Bologna, sec. XVIII)*, tesi di laurea discussa presso la Facoltà di Scienze politiche dell'Università degli studi di Bologna, rel. A. Guenzi, a.a. 1986-87. Una copia della tesi è depositata per consultazione presso la biblioteca dell'Archivio di Stato di Bologna.

²⁴ *Tabella dimostrativa la quantità di folicello di seta introdotto e pesato nella fiera del Pavaglione in Bologna dall'anno 1568 a tutto l'anno 1857*, Bologna s.d.; *Nota del formento, marzadelli e castellate introdotte nella città di Bologna dall'anno 1573 fino al presente*, Bologna s.d. (la serie s'interrompe al 1821). Cfr. A. BELLETTINI, *La popolazione di Bologna dal secolo XV all'unificazione italiana*, Bologna 1961; F. PIRO, *Sistema fiscale, struttura e congiuntura in un'economia "preindustriale". Il caso di Bologna, 1564-1666*, in "Annali dell'Istituto storico italo-germanico in Trento", 2 (1976), pp. 117-181.

e Cinquecento - collocò il caso di Bologna in una posizione anomala nel panorama italiano. Mentre la crisi di fine Cinque o, se si vuole, quella del primo Seicento produceva il declino economico delle città italiane, Bologna si muoveva in controtendenza. Le serie storiche registrano con pari precisione i tempi e la dimensione del fenomeno di deindustrializzazione che iniziò nell'ultimo decennio del secolo XVII. Mentre il numero dei mulini da seta calava improvvisamente (tab. 2) la quantità di bozzoli introdotta in città subiva un vero e proprio crollo. I dati pubblicati da Poni dimostrano che negli stessi anni l'esportazione di organzino bolognese diminuì sensibilmente²⁵.

Tabella 2. *Mulini da seta in attività a Bologna (secc. XVI-XVIII).*

| anni | mulini | anni | mulini |
|------|--------|------|--------|
| 1582 | 81 | 1705 | 74 |
| 1598 | 124 | 1723 | 69 |
| 1610 | 119 | 1740 | 53 |
| 1653 | 107 | 1747 | 53 |
| 1668 | 127 | 1750 | 52 |
| 1683 | 109 | 1785 | 35 |
| 1693 | 84 | 1790 | 31 |
| 1698 | 88 | 1797 | 18 |

Fonte: "Notizia della quantità dei filatogli", cit. (1582, 1598, 1610, 1668, 1698, 1740, 1750); A. GUENZI, C. PONI, *Un network plurisecolare: acqua e industria a Bologna*, in "Studi storici", 30 (1989), pp. 355-378 (1653, 1683, 1705, 1747, 1785, 1790, 1797); "Campione di tutti gli edifici" cit. (1693); "Campione di tutti gli edifici" cit. (1723).

Tabella 3. *Distribuzione dei mulini da seta secondo il numero delle "poste" installate (1 "posta" = 6 fili) a Bologna, 1683 e 1723.*

| | mulini da seta | | "poste" | | "poste" | |
|---------------|----------------|------|---------|--------|-----------------|-------|
| | 1683 | 1723 | numero | | valori relativi | |
| | | | 1683 | 1723 | 1683 | 1723 |
| fino a 200 | 57 | 21 | 6.271 | 2.870 | 20,0 | 11,6 |
| da 201 a 400 | 39 | 29 | 11.196 | 8.582 | 35,5 | 35,0 |
| da 401 a 600 | 1 | 9 | 5.129 | 4.508 | 16,3 | 18,4 |
| da 601 a 800 | 10 | 7 | 7.028 | 4.851 | 22,5 | 19,8 |
| da 801 a 1000 | 2 | 1 | 1.792 | 900 | 5,7 | 3,7 |
| oltre 1000 | | 2 | | 2.814 | | 11,5 |
| totale | 109 | 69 | 31.416 | 24.525 | 100,0 | 100,0 |

Fonte: PONI, *Espansione e declino* cit. (1683); "Campione di tutti gli edifici" cit. (1723).

²⁵ PONI, *Archéologie de la fabrique* cit., p. 1482.

Lo stesso Poni ha dimostrato che l'analisi puntuale degli impianti installati impone un giudizio più cauto sulla portata della crisi della fine del Seicento. In sostanza mentre il numero dei mulini in attività cala sensibilmente, la capacità produttiva si ridimensiona in modo più contenuto.

La tab. 3 mostra che tra il 1683 e il 1723 il numero degli impianti si era quasi dimezzato mentre il numero delle "poste" diminuì soltanto del 22%. Un fenomeno che si spiega ovviamente con un forte incremento del numero medio di "poste" per mulino. Il processo di crescita della dimensione produttiva dei mulini da seta trova conferma nel dato del 1797: 18 impianti attivi con 10.669 "poste" pari a "poste" 592 per mulino²⁶.

Occorre poi ricordare che i dati relativi al continuo decremento del numero dei mulini da seta (tab. 2) nascondono un processo più complesso. Ad esempio tra il 1715 e il 1750 vennero "disfatti" 58 mulini. Ma nello stesso periodo i mulini in funzione passarono da una settantina a 52²⁷. Ciò significa che i dati rappresentano la somma algebrica di un forte processo di chiusura temperato per così dire dall'apertura di nuovi impianti. Solo nella fase finale del Settecento - quella in cui tra 1790 e 1797 i mulini passarono da 32 a 18 - non si registrano casi di nuovi mulini impiantati²⁸.

Tabella 4. *Opifici idraulici alimentati dal canale di Reno nella città di Bologna (secc. XVII-XVIII).*

| tipologia | 1653 | 1693 | 1723 | 1747 | 1785 | 1790 | 1797 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| mulini da seta | 107 | 84 | 69 | 53 | 35 | 31 | 18 |
| altri opifici | 13 | 24 | 28 | 15 | 20 | 27 | 30 |
| totale | 120 | 108 | 97 | 68 | 55 | 58 | 48 |

Fonte: GUENZI, PONI, *Un network plurisecolare* cit. (1653, 1747, 1785, 1790, 1797); "Campione di tutti gli edifici" cit. (1693); "Campione di tutti gli edifici" cit. (1723).

²⁶ "Descrizione di tutti li filatogli, ruote, banchetti e guindani esistenti nella città di Bologna" (18 luglio 1683), in ASB, Assunteria d'ornato, Chiaviche del canale di Reno e filatoglieri; "Campione di tutti gli edifici e delle chiaviche principiando dalla chiesa di Casalecchio, da cui ricevono l'acqua proseguendo entro Bologna sino a Malalbergo, comprese le chiaviche a destra e a sinistra del Navile colle tasse annue che pagano i rispettivi interessati alla medesima chiusa" (6 settembre 1723), in ASB, Gabella grossa, Istrumenti (1723). Purtroppo mancano dati complessivi sulla fase di crescita del secondo Seicento. A puro titolo di esempio riporto il caso del mulino da seta di Paris Boschi. Nel 1657 contava "due filatogli e un torcitoglio" per complessive 306 poste; nel 1685 aveva "tra filatogli con due torcitogli" con 742 poste. L'aumento della capacità produttiva dell'incannatoio meccanico registrò una crescita ancor più rilevante: da 490 a 2.250 tavelle. "Scritture attinenti alla compra della casa e filatoglio dietro Reno in capo alla via Azzogardino", in ASB, Archivio Boschi, b. 135.

²⁷ "Nota dei filatogli disfatti dall'anno 1715 all'anno 1750 che pagavano tasse, e in che quantità erano, di quei che le pagano presentemente, di quelli che dovrebbero pagare, e somma delle medesime, inoltre delle spese che occorrono all'Arte dei filatoglieri e dei debiti della medesima"; "Nota dei filatogli da velami e da orsogli impiegati e disimpiegati a tutto li 16 luglio anno corrente" (1750); "Scandaglio di quanto restano gravati li bacchetti e guindani di filatogli per la tassa che pagano all'Arte dei filatoglieri" (1° dicembre 1751), in ASB, Assunteria d'arti, Miscellanea, vol. 6, fasc. 1, vol. 14, fasc. 4, vol. 15, fasc. 18.

²⁸ "Campione e riparto sopra alle poste di ciascun filatoglio entro in città che profitano il

Un terzo elemento distintivo della crisi settecentesca è il peso crescente degli opifici idraulici non destinati alla torcitura del filo di seta (tab. 4). In termini quantitativi questi impianti oscillano tra le 20 e le 30 unità. Sotto il profilo qualitativo si registra tra il 1785 e il 1797 una forte crescita e una evidente differenziazione delle attività. La tab. 5 descrive questi aspetti: mentre la seta esce di scena si ripropongono attività di sempre (cartiere, pile da miglio, macine da galla), si registra il ritorno di antiche vocazioni (gualchiere da lana), si presentano nuovi impianti (macine da rizza e soprattutto pile da riso)²⁹.

L'industria urbana si rivolge sempre più ad attività collegate alla trasformazione di prodotti agricoli prefigurando il nuovo profilo economico che la città assumerà nell'Ottocento: la capitale di un'area agricola.

Il declino dell'industria collegata all'energia idraulica non è solo il risultato della crisi del setificio ma segnala anche l'incapacità di individuare un nuovo comparto in grado di fare da traino all'economia cittadina. Comunque sembra evidente che il declino si può collegare alla fine della stagione delle innovazioni. È emblematica da questo punto di vista la storia del fallimento di un tentativo di innovazione nel 1672. La vicenda - che per la sua importanza merita una specifica trattazione in un altro lavoro - riguarda il progetto di riallocare i

Tabella 5. *Tipologia delle attività degli opifici idraulici - esclusi i mulini da seta - alimentati dal canale di Reno nella città di Bologna (secc. XVII-XVIII).*

| attività | 1653 | 1693 | 1723 | 1747 | 1785 | 1790 | 1797 |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| cartiera | 3 | 7 | 9 | 5 | 8 | 10 | 11 |
| pila da miglio | 1 | 5 | 5 | 4 | 6 | 6 | 6 |
| macina da galla | 1 | 5 | 7 | 6 | 3 | 5 | 5 |
| pistrino | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 7 | 6 |
| arrotatrice | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| pila da droghe | 1 | | | 1 | | 1 | 1 |
| macina da olio | 1 | 1 | 2 | | 1 | 2 | 3 |
| gualchiera | | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 7 |
| mangano | | 2 | 1 | | | 1 | 2 |
| macina da tabacco | | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| trafila | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| mulino da rizza | | | | | | 3 | 8 |
| pila da riso | | | | | | 1 | 14 |
| macina da grani | | | | | | | 2 |
| macina da terra | | | | | | | 1 |

Fonte: GUENZI, PONI, *Un network plurisecolare* cit. (1653, 1747, 1785, 1790, 1797); "Campione di tutti gli edifici" cit. (1693); "Campione di tutti gli edifici" cit. (1723).

benefizio dell'acqua di detto canale" (1790); "Campione di tutti i cittadini interessati nel canale di Reno entro in città" (1797-98), in Biblioteca comunale dell'Archiginnasio di Bologna, Mss. Gozzadini, 167 e 173.

²⁹ A. ZAMBONINI, *Raccolta dei disegni rappresentanti le principali macchine in ogni ramo d'industria nella provincia di Bologna*, Bologna 1829; P. BELLETTINI, *Cartiere e cartari*, in *Produzione e circolazione libraria a Bologna nel Settecento. Avvio di un'indagine*, Bologna 1987, pp. 17-89; G. FORNASARI, *Travagliata origine della pila da riso al Battiferro*, in "Scuolaofficina", 1 (1990), p. 8.

mulini da grano di città per aumentare la disponibilità di energia idraulica per gli opifici riforniti dalle chiaviche.

Proprio negli anni di massimo sviluppo dell'industria urbana esplose il conflitto tra il bisogno di macinare e quello di rifornire gli impianti idraulici. I mulini da grano erano posti sul corso del canale in un'area a valle della zona delle chiaviche; precisi regolamenti limitavano l'estrazione dell'acqua attraverso le chiaviche per lasciare al canale l'acqua necessaria a muovere le grandi ruote delle pesanti macine.

Nel 1672 si pensò di collocare i mulini da grano in una zona "a monte" di quella delle chiaviche per consentire alle stesse di poter estrarre liberamente tutta l'acqua disponibile. Un comitato tecnico composto da architetti, esperti di idraulica e maestri di legname lavorò per più di un anno producendo calcoli, planimetrie, modelli in scala e simulazioni dal vero. Quando ogni problema sembrava risolto i proprietari dei mulini da grano si opposero richiamandosi ad antichi privilegi. Il governo della città non seppe imporre una soluzione tecnicamente valida e politicamente obbligatoria. Non è possibile determinare la quantità di energia che si sarebbe recuperata. Ma certamente in una fase caratterizzata da una sostenuta domanda dei prodotti del setificio bolognese si sarebbe ulteriormente sviluppata la struttura produttiva della città³⁰.

Nel lungo periodo la situazione delle chiaviche mostra - fino a tutto il secolo XVIII - variazioni marginali. Il loro numero aumenta attorno alla metà del Seicento, resta sostanzialmente stabile fino al 1735, cala leggermente e si mantiene sulle 90 unità fino al 1833. Occorre rilevare che si registra una contenuta tendenza all'aumento della dimensione media dell'area circolare delle chiaviche fino al 1797; in seguito i "buchi" si allargano notevolmente in corrispondenza con la demolizione della gran parte degli opifici idraulici (tab. 6).

Tabella 6. *Chiaviche del canale di Reno nella città di Bologna (secc. XVII-XVIII).*

| anni | chiaviche di destra | chiaviche di sinistra | chiaviche in tutto | dimensione media dell'area del foro (cm ²) |
|------|---------------------|-----------------------|--------------------|--|
| 1634 | 22 | 71 | 93 | 161 |
| 1653 | 30 | 77 | 107 | 174 |
| 1673 | 28 | 77 | 105 | 161 |
| 1735 | 27 | 74 | 101 | 188 |
| 1751 | 19 | 72 | 91 | 182 |
| 1797 | 21 | 72 | 93 | 184 |
| 1833 | 21 | 72 | 93 | 300 |

Fonte: *Appendice alla raccolta cit.*

³⁰ A. GUENZI, *Produrre farina. Il conflitto grano-seta a Bologna in età moderna*, in "Scuolaofficina", I (1990), p. 4.

³¹ *Appendice alla raccolta di leggi, mutamenti e discipline intorno al canale di Reno di Bologna, nonché al corso delle acque in generale*, Bologna 1838, tabb. II e IV.

Anche in questo caso i dati rappresentano solo in parte un processo continuo di piccole trasformazioni. Le chiaviche di destra si chiudevano e i proprietari vendevano il diritto all'acqua ad utenti della riva sinistra. Le stesse chiaviche di sinistra si "deindustrializzano" e le loro acque servono sempre più ad alimentare i condotti denominati "vicinanze" utilizzati per lo scolo delle acque nere³¹.

CONCLUSIONI

Il desolante scenario dell'industria bolognese nei primi anni del secolo XIX chiude di fatto la lunga storia del sistema idraulico. I canali continuarono a rivestire un ruolo significativo nel funzionamento della città. Le ruote idrauliche non scomparvero del tutto. Nella seconda metà dell'Ottocento furono introdotte alcune turbine; sul finire dello stesso secolo il salto in località Cavaticcio alimentò una piccola centrale idroelettrica. Fino alla costruzione di una moderna rete fognaria nel 1914 i canali servirono allo smaltimento delle acque nere. Anche la navigazione sul canale Navile continuò per vari decenni fino a quando i flussi commerciali non poterono contare su nuove vie di comunicazione. Ma queste funzioni non produssero più significative ricadute sulla struttura economica³².

La stagione delle innovazioni del periodo comunale e signorile, il momento straordinario del loro incontro in età moderna rimasero esperienze irripetibili. Il percorso interpretativo che qui ho tentato di sviluppare presenta lacune in parte attribuibili alle fonti e in parte derivanti dalla difficoltà di ricostruire il contesto delle decisioni di politica economica mano a mano che dall'epoca moderna ci si sposta all'indietro. Questi limiti comunque non impediscono di cogliere alcuni elementi caratteristici del caso bolognese. Il primo aspetto da sottolineare riguarda la proliferazione dei processi innovativi nel periodo in cui la città andava assumendo l'identità di un grande centro economico. Decisiva appare la scelta di investire in grandi opere pubbliche (chiuse, canali, mura e più tardi conche di navigazione, magazzini e infrastrutture commerciali). La capacità di migliorare tecnologie già presenti (applicazione della ruota idraulica ai mulino da seta, aumento delle proporzioni dei mulini da grano) rivestì un ruolo non meno importante.

I benefici di questi interventi diretti furono esaltati dalla sinergia che collegò innovazioni di natura diversa che si incontrarono nel momento in cui sviluppo economico, sviluppo demografico e sviluppo urbanistico imposero soluzioni di coordinamento. La diffusione delle chiaviche creò un vasto sistema a rete dotato di un'elevata flessibilità³³.

³² S. RAIMONDI, *Gestione delle acque a Bologna nel corso del XIX secolo. Le trasformazioni legislative dell'età napoleonica producono una nuova distribuzione delle attività produttive nell'area urbana*, in "Scuolaofficina", 1 (1990), pp. 10-12. Cfr. A. MONTI, *Alle origini della borghesia urbana. La proprietà immobiliare a Bologna, 1797-1810*, Bologna 1985; A. GUENZI, P. TOSCANO, *Governo della crisi e governo dello sviluppo: Bologna e Roma nel periodo preunitario*, in *La seta in Europa*, a cura di S. CAVACIOCCHI, Firenze 1993, pp. 397-406.

³³ Anche Modena, Reggio Emilia e Parma disponevano di sistemi idraulici collegati ad attività produttive che tuttavia non raggiunsero lo sviluppo del sistema bolognese. Cfr. V. NIRONI, *L'industria della seta e l'utilizzazione industriale dell'acqua nella città di Reggio Emilia prima*

Flessibilità nella distribuzione dell'energia idraulica e anche flessibilità nell'uso degli spazi interni alle abitazioni, che con semplici interventi - e con investimenti relativamente modesti - potevano trasformarsi in opifici e viceversa. Così lo studio dei processi innovativi nel lungo periodo riporta alla luce la struttura della città, quella che ne definì l'identità più profonda per almeno sei secoli: la Bologna sotterranea, una realtà complementare e talora opposta alla città delle torri, delle chiese, delle residenze patrizie, dei palazzi del potere. Seguendo i percorsi dei canali, dei condotti sotterranei, delle cantine ritroviamo in luoghi poco illuminati e sottratti alla vista dei passanti la città industriale.

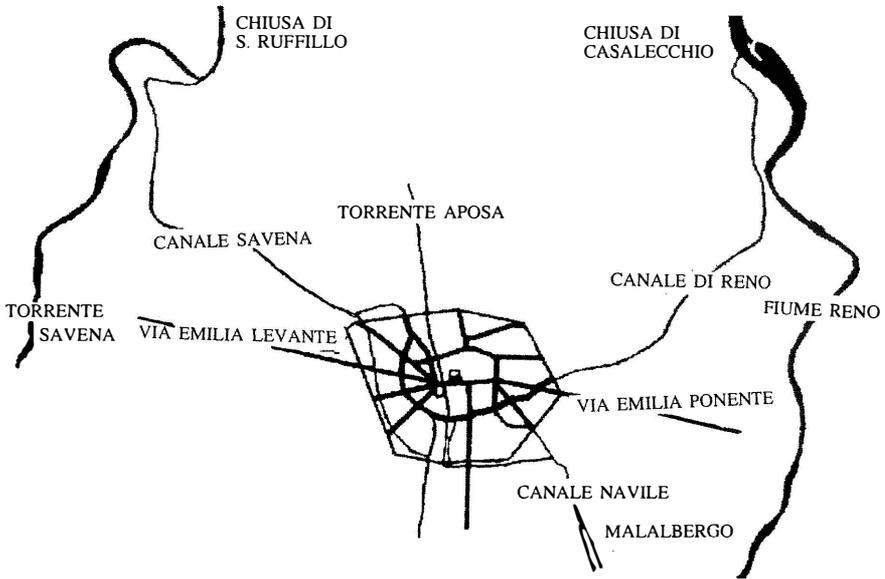


Figura 1. Il macrosistema idraulico di Bologna.

dell'anno 1660, in "Biblioteca della Deputazione di storia patria per le antiche province modenesi", n.s., 10 (1968), pp. 75-110; O. BARACCHI, A. MANICARDI, *Modena quando c'erano i canali*, Modena 1985; G. DOTTI MESSORI, *Magistrato di acque e strade. Inventario*, in "Atti ed inventari dell'Archivio storico del Comune di Modena", 5 (1992); P. ZANLARI, *Tra rilievo e progetto. Idrografia e rappresentazione del territorio nel Parmense: il caso del Canale maggiore*, Parma 1985.

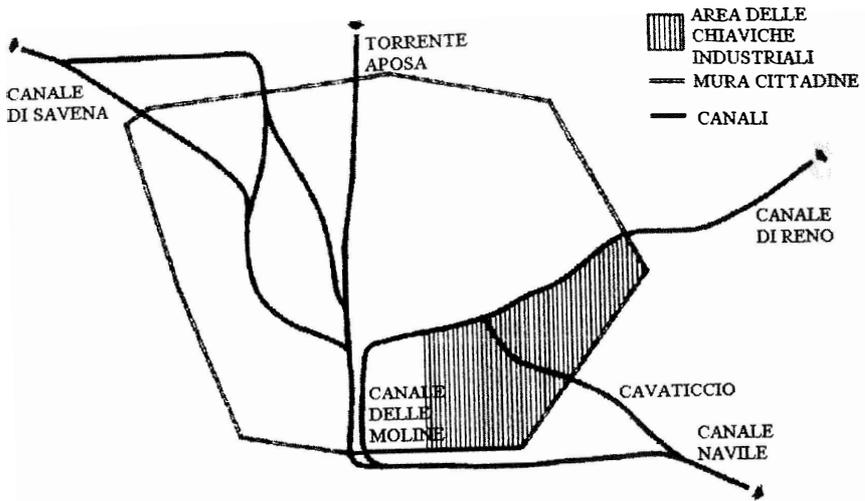


Figura 2. Il sistema idraulico nell'area urbana (secc. XVI-XIX).