

**Progetto Regionale  
"Scienze e Tecnologie"**

**Liceo Scientifico Tecnologico  
"F. Alberghetti" di Imola**

**Museo del Patrimonio Industriale di  
Bologna**



**LA MAGIA  
DELL'ACQUA**

**"La tecnologia del  
mulino ad acqua"**

**Quaderno 2**



## L'USO DELL'ACQUA NELLE CITTÀ MEDIEVALI

L'immagine che abbiamo della città medievale, mutuata dall'iconografia dell'epoca, dalle miniature e dai borghi ancora presenti nel territorio nazionale, si associa ad una serie di elementi che la caratterizzano e la identificano come tale: le mura di difesa, le torri, la cattedrale, i palazzi signorili, le case basse, le strade tortuose e strette, ma, se questo può essere valido per le città collinari, per le città di pianura bisogna tener conto di un ulteriore elemento, per poter avere un quadro completo, e cioè la presenza di corsi d'acqua: dai veri e propri fiumi, ai torrenti, ma soprattutto canali, canalette e fossi di varia grandezza.

Esiste uno stretto legame tra la città medievale di pianura e la presenza dell'acqua, un po' come è oggi per Venezia che sull'acqua vive e si specchia: attraversata da una fitta rete di canali, con ponti e ponticelli per passare da una riva all'altra. Di questa realtà in molti casi oggi restano solo poche tracce ancora visibili nel tessuto urbano, ma non se ne è perso il ricordo, ancora vivo in molti toponimi (per esempio a Bologna ritroviamo una via Riva di Reno, via Val d'Aposa, via del Porto, ecc.).

La presenza dell'acqua nella città medievale era imposta da una **molteplicità di usi**:

la difesa (i canali alimentavano il fossato che circondava le mura);

l'irrigazione degli orti e dei giardini;

lo smaltimento dei rifiuti;

la raccolta e il deflusso delle acque meteoriche;

il rifornimento idrico per abbeverare gli animali, alimentare le peschiere, lavare i panni e, in alcuni casi, cuocere i cibi;

la navigazione e il commercio (il canale può mettere in comunicazione la città con un grande fiume e da qui col mare);

l'utilizzo nei processi produttivi (per conciare le pelli, per fabbricare la pergamena, i mattoni, il vetro, per la lavorazione dei tessuti e del ferro, ecc.);

la produzione di energia idraulica per varie attività (mulini da grano, pile da miglio, gualchiere, frantoi, magli, filatoi per la seta, ecc.).

### APPROFONDIMENTO:

I toponimi, cioè i nomi di un luogo, di una strada, ecc., spesso ci danno degli indizi per poter ricostruire la storia del territorio. Prova a ricercare i nomi delle strade di Bologna che rimandano in qualche modo all'acqua ed al suo utilizzo (es. via Riva di Reno,...) e ricostruiscine la storia.



# LA DIFFUSIONE DELLA TECNOLOGIA DEL MULINO AD ACQUA

L'energia idraulica fu utilizzata per la prima volta nella movimentazione delle macine per la frantumazione dei cereali, dopo che per secoli tale operazione era stata compiuta sfruttando la forza muscolare di animali o uomini.

Tra i primi documenti scritti che testimoniano l'esistenza del mulino ad acqua nel bacino del Mediterraneo, risalenti al I secolo a.C., vi sono il trattato *De Architettura* di Vitruvio (25 a.C.) e gli scritti del poeta greco Antipatro di Tesalonica, contemporaneo di Vitruvio, che in un suo epigramma dell'Antologia Greca descrive il funzionamento di un mulino a ruota verticale

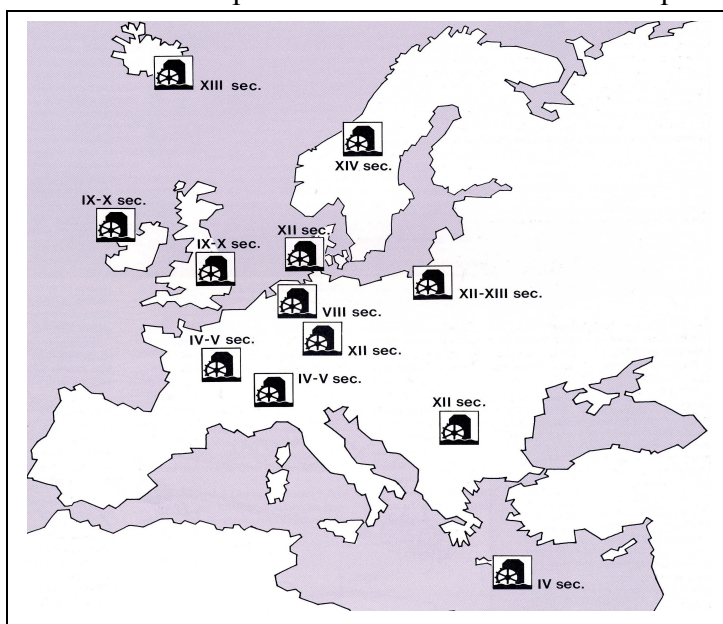
Verso la fine dell'Impero Romano d'Occidente, IV-V secolo d.C. il mulino ad acqua si diffonde largamente in Italia e in Gallia; tra il VIII-X secolo d.C. (età Carolingia) si diffonde in Inghilterra e Germania, e solo dal XII secolo è presente in tutta Europa.

È questo il momento in cui si assiste ad una vera e propria rivoluzione delle tecniche agricole nelle campagne europee legata all'uso dell'acqua come fonte di energia. La ruota applicata al mulino non sarà che il primo passo: ben presto infatti apparve chiaro che essa poteva essere applicata anche a macchine diverse, andando progressivamente a sostituire gli animali e consentendo di avere una maggiore energia disponibile e una quantità maggiore di prodotti. Saranno così costruiti magli per lavorare il ferro, segherie, torni, frantoi per le olive, macchine per la molatura dei coltelli e delle lame, cartiere, gualchiere, pile per i cereali, ecc.

In questo fenomeno ebbero una notevole importanza i monaci che, tra i primi, utilizzarono nelle loro abbazie macchinari mossi dall'acqua. Le comunità religiose infatti che spesso accoglievano al loro interno oltre ai confratelli anche un nutrito numero di servitori, vassalli domestici e pellegrini di passaggio, vedevano di buon occhio la possibilità di sfruttare l'energia dell'acqua per economizzare la mano d'opera a favore di altre funzioni quali la preghiera.

Le costruzioni monastiche saranno poi d'esempio anche ai signori laici, che dovevano mantenere sulle loro terre armigeri, famigli e vassalli.

**Diffusione dei mulini ad acqua nell'Europa occidentale ed orientale tra il IV e il XIV secolo secondo Bertrand Gille (B. Gille, *Le moulin à eau. Une révolution technique médiévale*, "Technique et Civilisation", voll.III, n. 1 1954**



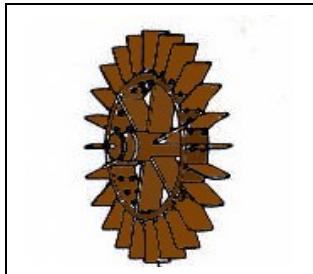


## LA REGOLAMENTAZIONE DELL'ACQUA

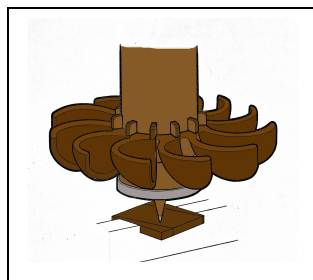
Il funzionamento del mulino è strettamente legato alla realizzazione di una serie di opere atte a raccogliere e regolare le acque. Di fatti solo in pochi casi la ruota era posta direttamente sul fiume, poiché in caso di piena l'acqua l'avrebbe travolta danneggiandola. Già in epoca romana vennero quindi costruiti acquedotti e canali artificiali, che, deviando parte delle acque di un fiume, le portavano fino al mulino, posizionato solitamente in posizione discosta rispetto al corso d'acqua.

Grazie ad uno sbarramento (la **travata**), realizzato con pietrame o tronchi d'albero e spesso regolato da **chiuse** per aumentare, diminuire o fermare il flusso, l'acqua del fiume era deviata in un canale detto **gora** che giungeva fino all'opificio per alimentare la ruota. In alcuni casi poi veniva realizzato accanto all'edificio, in posizione sopraelevata rispetto alla ruota, un serbatoio detto **bottaccia**, che costituiva una riserva d'acqua.

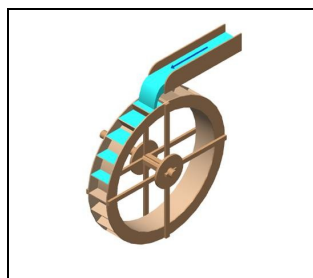
Anche la struttura della ruota mutava a seconda delle situazioni per forma, dimensione e tipo di alimentazione.



**Ruota verticale a pale piane**, alimentata per di sotto, prevalentemente utilizzata nei mulini costruiti in pianura



**Ruota orizzontale con pale a cucchiaio**, alimentata per di fianco, prevalentemente utilizzata nei mulini costruiti in montagna



**Ruota a cassette**, alimentata per caduta dell'acqua dall'alto, sfrutta il peso dell'acqua che si accumula tra le pale.



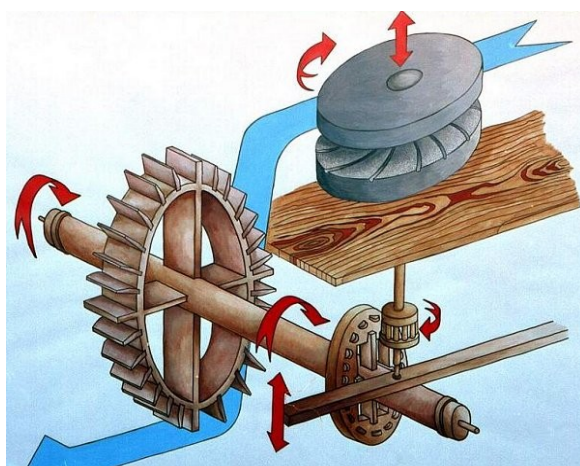
# IL FUNZIONAMENTO DEL MULINO DA GRANO

Il mulino da grano era utilizzato per la macinazione dei cereali (grano, granturco, miglio, ecc.) al fine di ottenere farine di vario tipo da utilizzare per la produzione alimentare.

Il **motore**, la **ruota idraulica**, trasformava l'energia dell'acqua in energia meccanica per azionare la macchina.

Il movimento della ruota era trasmesso per mezzo dell'**albero motore** all'ingranaggio costituito da una **ruota a pioli (lubecchio)** e da una **ruota a gabbia (lanterna)** che a sua volta azionava l'albero verticale terminante con la **merla**.

L'albero verticale attraversava le due **macine (parte operatrice)**: quella superiore era messa in movimento dalla merla, mentre quella inferiore restava fissa. La frantumazione del cereale avveniva dopo che questo, sistemato nella **tramoggia**, per caduta dall'alto, finiva tra le due macine.



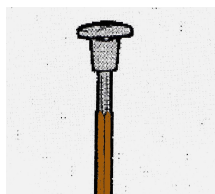
## IL RAPPORTO UOMO-MACCHINA

Il complesso rapporto uomo-macchina richiedeva al mugnaio di intervenire continuamente:

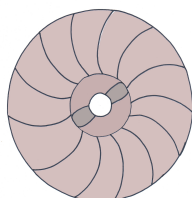
- per **mettere in funzione la macchina** immettendo, attraverso la paratoia, l'acqua, che andava così a colpire le pale
- per **regolare la distanza tra le macine**, per mezzo della temperatoia, in funzione del cereale da macinare e della qualità richiesta al prodotto
- per **alimentare la macchina** introducendo il cereale nella tramoggia
- per **controllare il prodotto** durante il processo di frantumazione per eliminare le impurità che potevano alterare la qualità della farina
- per **provvedere alla manutenzione dell'impianto** assicurando l'efficienza delle macine con lavori di **rabbigliatura** (rifacimento dei solchi radiali presenti sulla superficie interna delle macine) ed eseguendo **interventi di falegnameria** per riparazioni varie



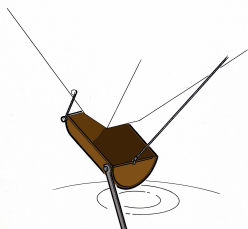
# STRUTTURE DEL MULINO



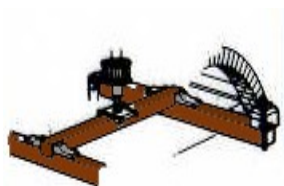
Testa della **merla** e **bossolo**: la merla inserita nell'albero verticale della ruota a gabbia trasmette il movimento alla macina superiore mentre il bossolo chiude perfettamente l'occhio della macina inferiore per impedire la caduta del cereale



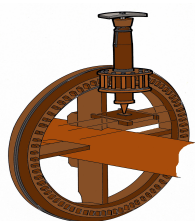
Superficie della **macina superiore** con il foro dell'occhio, l'alloggiamento per la merla e i raggi, questi ultimi sono solchi praticati con lavorazione manuale (rabbigliatura) e con profondità diversa; servono per frantumare il cereale e per raffreddare le macine



**Coppo** e **cantarella**: dirigono il grano verso l'occhio della macina superiore e ne regolano la quantità in caduta



**Temperatoia ad argano a vite** che sostiene il rocchetto di trasmissione del movimento: sistema di regolazione della distanza delle macine. Il mugnaio agendo sull'argano solleva o abbassa la temperatoia e il rocchetto collegato alla macina superiore



Ingranaggio formato da una **ruota a pioli (lubecchio)** e da una **ruota a gabbia (lanterna)**: trasmette il movimento dalla ruota idraulica alla macina, cambiando la direzione del moto da verticale ad orizzontale e aumentando il numero dei giri



# TEST

## Rispondi Vero o Falso alle seguenti affermazioni:

La ruota idraulica...

- girando mette in movimento l'acqua V F
- è uno strumento in grado di utilizzare l'energia dell'acqua V F
- è il motore del mulino da grano V F

La ruota idraulica con pale a cucchiaio

- è alimentata per di fianco V F
- è una ruota verticale V F
- era utilizzata prevalentemente nei mulini di pianura V F

I mulini erano solitamente costruiti

- vicino ad una spiaggia V F
- sulla riva di un fiume V F
- in posizione discosta dal fiume V F

La ruota idraulica a cassette

- riceve l'acqua dall'alto V F
- sfrutta il peso dell'acqua V F
- è alimentata per di sotto V F

Il primo documento scritto che documenta l'esistenza del mulino ad acqua

- risale al I secolo a.C. V F
- risale al I secolo d.C. V F
- è dell'XI secolo V F

## Riordina le seguenti affermazioni e ricostruisci le fasi di lavorazione del grano:

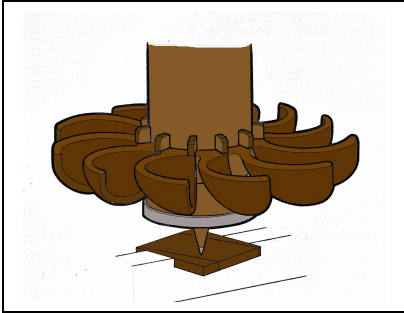
- il mugnaio versa nella tramoggia il grano che cade tra le macine
- la ruota prende velocità
- le macine frantumano il grano trasformandolo in farina
- il mugnaio solleva la paratoia per regolare l'acqua
- il mugnaio controlla la qualità della farina e la mette nei sacchi
- l'acqua colpisce le pale della ruota
- per mezzo del sistema di trasmissione la ruota aziona la macina superiore





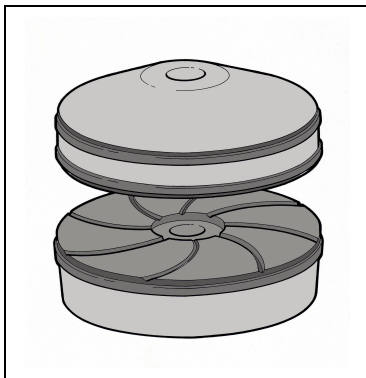
## COME SI CHIAMA

## CHE COS'È



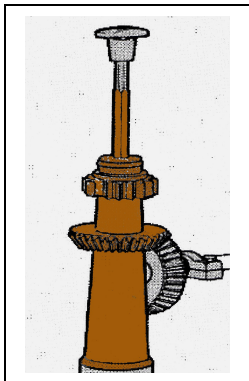
- RUOTA A PIOLI
- RUOTA A GABBIA
- RUOTA ORIZZONTALE CON PALE A CUCCHIAIO

- PARTE MOTRICE DEL MULINO
- PARTE OPERATRICE DEL MULINO
- INGRANAGGIO DI TRASMISSIONE



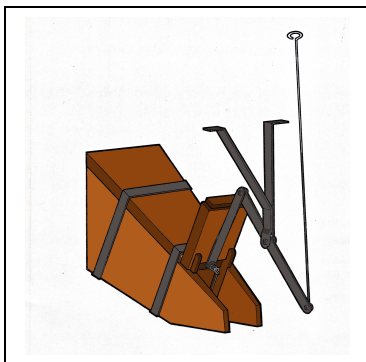
- RUOTA DENTATA
- RUOTA A GABBIA
- MACINA

- PARTE MOTRICE DEL MULINO
- PARTE OPERATRICE DEL MULINO
- INGRANAGGIO DI TRASMISSIONE



- RUOTA DENTATA
- ALBERO VERTICALE
- RUOTA A PIOLI

- PARTE MOTRICE DEL MULINO
- PARTE OPERATRICE DEL MULINO
- INGRANAGGIO DI TRASMISSIONE

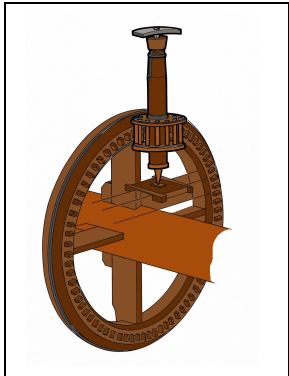


- TROMBONCINO
- PARATOIA
- TRAMOGGIA

- CONDOTTO DI ALIMENTAZIONE
- PARTE MOTRICE DEL MULINO
- INGRANAGGIO DI TRASMISSIONE

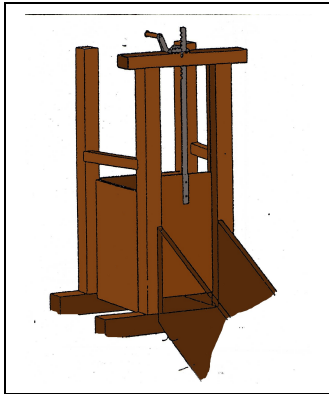
## COME SI CHIAMA

## CHE COS'È



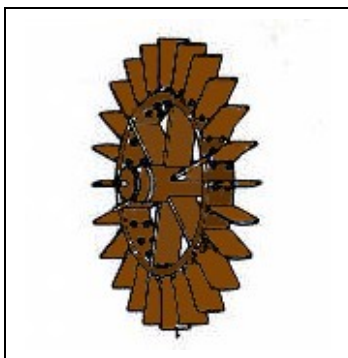
- RUOTA A PALE PIANE
- SISTEMA RUOTA A PIOLI-RUOTA A GABBIA
- RUOTA A CASSETTI

- PARTE MOTTRICE DEL MULINO
- PARTE OPERATRICE DEL MULINO
- INGRANAGGIO DI TRASMISSIONE



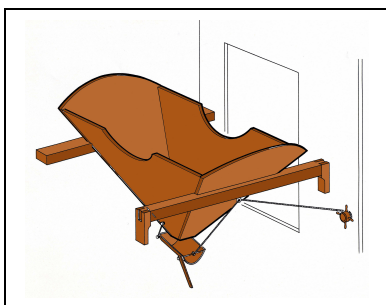
- TROMBONCINO
- PARATORIA
- TRAMOGGIA

- SISTEMA DI REGOLAZIONE DELL'ACQUA
- PARTE OPERATRICE DEL MULINO
- PARTE MOTTRICE DEL MULINO



- RUOTA A PALE PIANE
- RUOTA A CASSETTI
- RUOTA A PIOLI

- PARTE MOTTRICE DEL MULINO
- PARTE OPERATRICE DEL MULINO
- INGRANAGGIO DI TRASMISSIONE



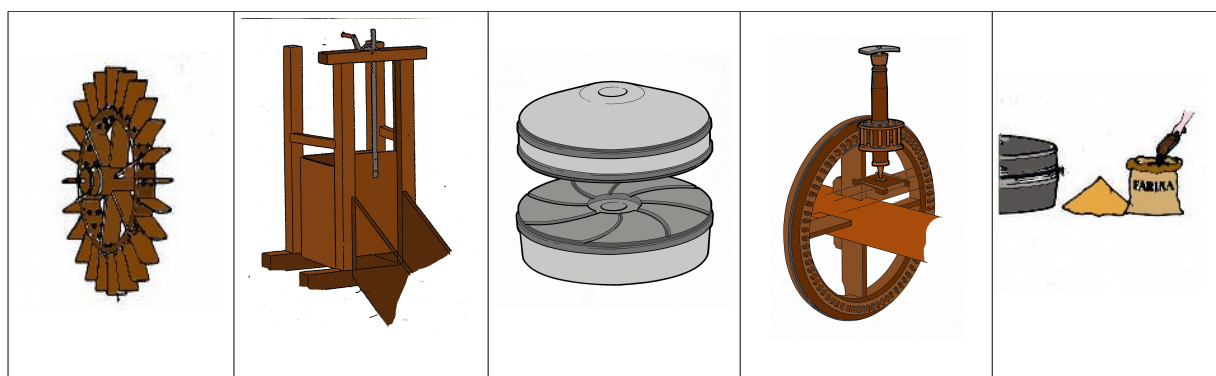
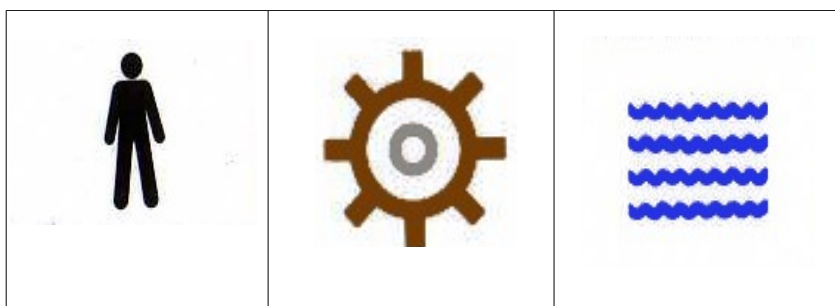
- TROMBONCINO
- TRAMOGGIA
- PARATOIA

- STRUTTURA CONTENENTE IL CEREALE
- SISTEMA DI REGOLAZIONE DELL'ACQUA
- PARTE OPERATRICE DEL MULINO



# "CHI MUOVE COSA?"

Per verificare le conoscenze acquisite sul funzionamento del mulino ad acqua puoi metterti alla prova con il gioco interattivo "Chi muove cosa?", realizzato da Filip Valgimigli (3I, Liceo Scientifico Tecnologico "F. Alberghetti" di Imola) e Luca Biavati (4I, Liceo Scientifico Tecnologico "F. Alberghetti" di Imola), che trovi nel cd allegato al kit.





# GLOSSARIO

**Albero:** elemento che convoglia il moto girando su se stesso ad un certo numero di giri e sul quale possono essere inseriti gli organi di trasmissione

**Bossolo:** cilindro di legno alto quanto la macina inferiore, nel cui centro è strettamente incastrato. Il bossolo ha un foro longitudinale in cui passa l'albero verticale.

**Bottaccio:** grossa vasca costruita in certi casi a fianco del mulino per raccogliere l'acqua in una riserva per garantire un rifornimento omogeneo alla ruota

**Cantarella:** strumento in legno che consente di convogliare il grano dalla tramoggia all'occhio della macina superiore

**Chiusa:** sbarramento artificiale che chiude un corso d'acqua

**Coppo:** strumento in legno che consente di convogliare il grano dalla tramoggia all'occhio della macina superiore

**Gora:** canale di acqua derivato da un fiume, un torrente o simile per alimentare le ruote idrauliche di mulini o altri opifici, oppure per irrigare i campi

**Lanterna:** parte degli ingranaggi che trasmettono il movimento della ruota idraulica alla macina superiore, costituito da una struttura a forma di gabbietta, anche detto ruota a gabbia

**Lubecchio:** parte degli ingranaggi che trasmettono il movimento della ruota idraulica alla macina superiore, costituito da una ruota dentata anche detto ruota a pioli

**Macina:** parte operatrice del mulino, costituita da due grandi pietre cilindriche posizionate una sopra l'altra: quella inferiore fissa, quella superiore mobile, in modo da poter frantumare i cereali inseriti tra le due

**Merla:** parte degli ingranaggi che trasmettono il movimento della ruota idraulica alla macina superiore, costituito da una struttura in metallo che trova alloggiamento nell'occhio della macina superiore

**Mola:** ruota in pietra impiegata nelle macine

**Mulino:** edificio adibito alla macinazione del grano o di altri cereali



# GLOSSARIO

**Paratoia:** portello mobile, in legno o metallo che consente di regolare il flusso dell'acqua di un canale

**Rabbigliatura:** intervento praticato sulla superficie interna delle macine con martelli taglienti, allo scopo di realizzare delle scanalature (raggi) secondo disegni corrispondenti alla macinazione di cereali diversi

**Ruota a cassette:** ruota idraulica verticale con le pale inclinate e chiuse a formare dei cassetti in cui si infila l'acqua per caduta dall'alto, in questo caso è il peso dell'acqua a consentire la movimentazione della ruota. A Bologna questo tipo di ruota era utilizzato per movimentare i mulini da seta

**Ruota orizzontale:** ruota idraulica orizzontale con le pale piegate a cucchiaio, utilizzata nei mulini di montagna: l'acqua viene direzionata dal tromboncino nell'incavo del cucchiaio e consente di movimentare la ruota

**Ruota verticale:** ruota idraulica con pale piane di solito posizionata direttamente sul canale, in modo che la spinta dell'acqua sulle pale ne consenta la movimentazione, era utilizzata soprattutto nei mulini di pianura

**Ruota a gabbia:** v. lanterna

**Ruota a pioli:** v. lubecchio

**Temperatoia ad argano a vite:** sistema di regolazione della distanza tra le macine

**Tramoggia:** recipiente a forma di tronco di piramide o tronco di cono, con un'apertura sul fondo impiegato per raccogliere il cereale dall'alto e scaricarlo dal basso

**Tromboncino:** sistema costituito da un tubo a tronco di cono utilizzato per regolare il flusso dell'acqua per alimentare le ruote orizzontali con pale a cucchiaio

**Quaderno didattico**  
**Ideazione, progettazione e realizzazione:**

**Museo del Patrimonio industriale di Bologna**

**Miriam Masini**

**Liceo Scientifico tecnologico "F. Alberghetti" di Imola**

**Prof.ssa Sonia Manaresi (Coordinatrice)**  
**Prof.ssa Patrizia Martemucci (Laboratorio di Informatica)**