

Stefano Giovanni Loffi

Piccola
Storia dell'Idraulica

libera traduzione, ridotta ma integrata, di

"History of Hydraulics" di Hunter Rose e Simon Ince
dell'Istituto di Ricerca Idraulica dell'Università Statale dell' IOWA – U.S.A.,
édita, nel 1954, come supplemento, su *"LA HOUILLE BLANCHE"* .

**Cap. 3 – Le acque sotterranee e gli invasi: pozzi,
pompe, *qanāt* e dighe.**

Cremona – 23 febbraio 2006

Cap. 3 – Le acque sotterranee e gli invasi: pozzi, pompe, *qanāt*, e dighe.

Con le esperienze della civiltà della Grecia antica sembrano interrompersi gli sviluppi della ricerca teorica legata allo studio del comportamento dei fluidi e dell'acqua in particolare. La civiltà di Roma subentrò a quella ellénica superandola nelle realizzazioni pratiche ma subendone l'influenza con apparente soggezione, quasi a considerarla già completa, non più suscettibile di sviluppo. Non troviamo infatti in Roma nomi di studiosi oggi accostati a formule matematiche o a principi fisici, ma possiamo ammirare le grandi realizzazioni della civiltà romana anche nel campo delle opere idrauliche, alcune giunte sino a noi perfettamente conservate ed alcune . . . funzionanti.

La pratica costruttiva non nasce soltanto dalle conoscenze scientifiche ma anche, ed in quei lontani tempi soprattutto, dalle esperienze dei popoli e delle civiltà precedenti, secondo un processo continuo di realizzazione di opere, esempi realizzati e quindi ripetibili e migliorabili, che non ha conosciuto interruzioni.

Poco o nulla sappiamo di coloro che realizzarono quelle opere; in questo capitolo vogliamo comunque tracciare il racconto di quanto è noto del cammino che ha avvicinato l'umanità all'acqua, attraverso alcune categorie di esperienze pratiche che, seppure prive di conoscenze e spiegazioni teoriche, costituirono il necessario sostegno allo sviluppo sociale e quindi alla crescita delle civiltà.

Possiamo soltanto immaginare quando le prime forme di civiltà iniziarono ad attingere acqua dal sottosuolo, cioè maturarono l'idea che scavando in profondità si poteva incontrare un'acqua spesso di migliore qualità rispetto a quella dei fiumi e dei laghi, a temperatura costante, fresca, insensibile alle variazioni climatiche soprattutto durante le stagioni calde.

Senza altro l'esperienza, che ancor oggi si ripete in alcune popolazioni alle quali affibbiamo il termine di 'primitive', può essersi sviluppata dall'osservazione di quanto avveniva nella pozzo d'acqua scavate o già esistenti in prossimità di un fiume o di uno stagno. La buca, ad ogni attingimento, tendeva a riempirsi, per infiltrazione, con acqua dalle caratteristiche migliori rispetto alla vicina acqua superficiale, proprio perché filtrata dal terreno.

Per semplice intuito o per casualità, fu certo non difficile osservare che il miglioramento della qualità dell'acqua aumentava man mano che ci si allontanava dal fiume e si raggiungevano maggiori profondità: da qui la nascita dei primi pozzi?

Vedremo, più avanti, la validità di un'altra ipotesi, un'altra via di 'scoperta' di questo tipo di attingimento.

Per quanto qui interessa, lo sfruttamento delle acque sotterranee richiede il superamento di alcuni problemi che attengono: all'Idraulica, alle scienze da essa direttamente derivate nonché alle tecniche di scavo; regina di tutte le questioni è, ovviamente, la necessità di sollevare il liquido sino alla quota del suolo, sino al punto cioè dell'utilizzo o dell'accumulo in recipienti o bacini.

All'inizio il sistema elementare di utilizzare contenitori, calati e poi issati con funi, era sufficiente per assolvere alla funzione di procurare acqua per il consumo umano e, forse, per abbeverare il bestiame; la forza dell'uomo limitava la quantità d'acqua sollevata e la portata risultava intermittente.

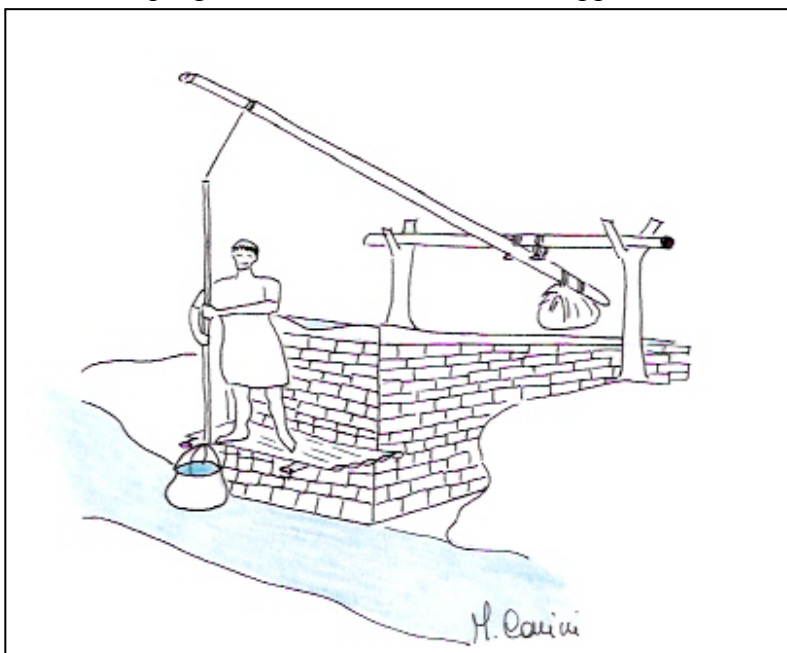
Un miglioramento, soprattutto nella quantità di acqua sollevata ad ogni ciclo, si ebbe con l'introduzione della carrucola, posta a perpendicolo sull'apertura del pozzo, sulla quale scorreva la fune. La carrucola però, per questo è detta leva indifferente, non produce alcuna amplificazione dell'effetto della forza applicata alla fune, cosicché l'acqua sollevata non poteva essere di peso superiore alla capacità fisica degli addetti al sollevamento, limitata inoltre non solo come massimo

sforzo ma anche in termini di resistenza alla fatica nel caso di cicli ripetuti, necessari quando si doveva abbeverare il bestiame ed ancor più per alimentare fossi d'irrigazione.

Da quest'ultimo punto di vista, un progresso nella resa delle forze applicate si conseguì nei numerosi dispositivi a bilancere, fatti di pali sospesi, in un punto non mediàno, alla cui estremità più lontana dal punto di sospensione è posto un contenitore ed un contrappeso all'estremo opposto. Questo dispositivo compare in alcune raffigurazioni accademiche risalenti al 2500 a.C. mentre le testimonianze egizie iniziano ad illustrarlo intorno al 2000 a.C..

Questo dispositivo, chiamato in lingua araba *šādūf*, deve alla propria semplicità il motivo di una longevità che lo trova ancora in uso ai giorni nostri in gran parte del mondo

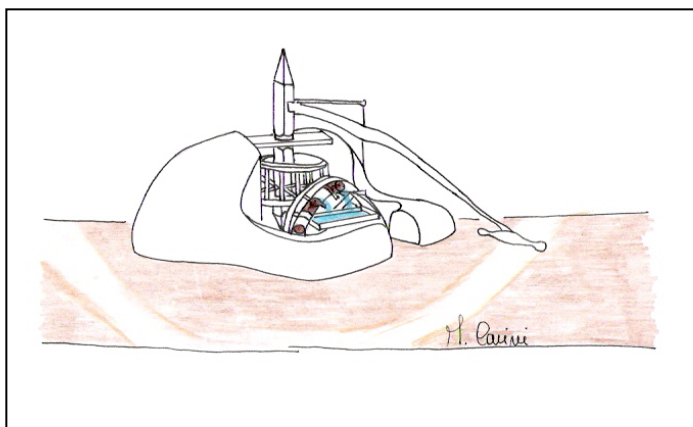
'non tecnologico', soprattutto in molte aree dell'India e dell'Africa. Il sistema, che costituisce questa volta una leva efficace, consente di moltiplicare, con il contrappeso, la forza di sollevamento (oppure di ridurre la forza necessaria e quindi di accrescere la resistenza alla fatica) aumentando la quantità di acqua sollevabile ad ogni ciclo oppure il numero dei cicli; il difetto principale è non poter raggiungere grandi profondità ed il flusso prodotto era ancora discontinuo con portate, quindi, assai limitate.



Gradualmente ci si avvicinò all'ottenere un flusso continuo dell'acqua sollevata utilizzando, invece che un solo contenitore, una serie di contenitori fissati ad una fune o ad un nastro circolari, chiusi su due carrucole. La carrucola superiore, o meglio la puleggia superiore, era a sua volta mossa da una o più ruote alle quali si applicava o la forza di uomini o di animali. Le ruote agivano sia come leve efficaci, aumentando l'effetto della forza applicata, sia garantendo maggior continuità al movimento quindi anche alla portata estratta, quest'ultima dipendendo, in questa caratteristica, dal numero dei contenitori. Marco Vitruvio Pollione (I secolo a.C.), nel suo *'De Architectura'*, racconta che un tale dispositivo era stato applicato per la prima volta da Philo di Bisanzio (III secolo a.C.): non v'è altra testimonianza alla quale tale informazione faccia torto.

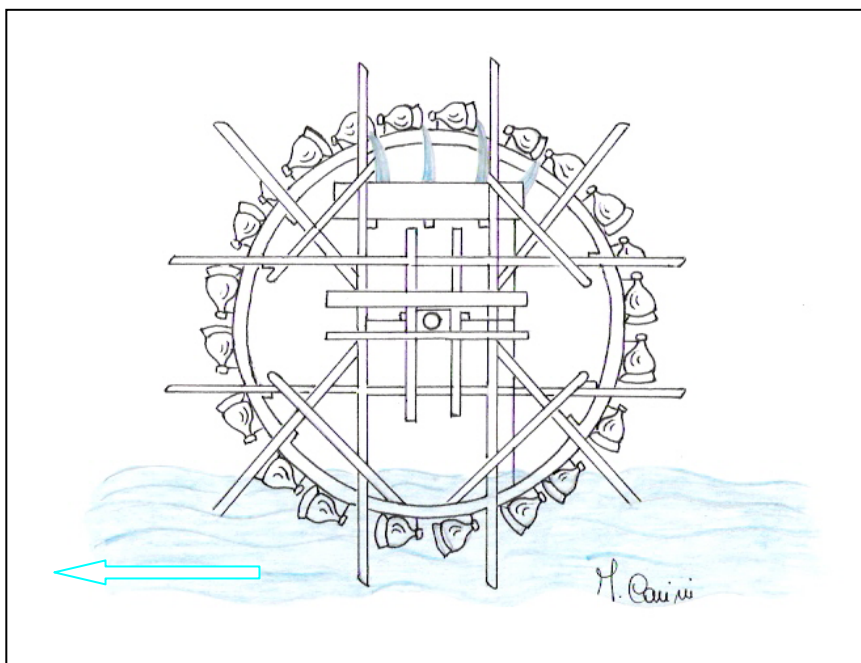
Qui ricordiamo un altro dispositivo per il sollevamento dell'acqua anche se poco o per nulla si presta per l'attingimento da pozzi, perché può essere considerato il perfezionamento della ruota di Philo e, rispetto a questa, ha dimostrato una longevità straordinaria, al punto da poter essere considerata un'attrezzatura attualmente assai diffusa.

Detta in lingua araba *sāqiya*, comparve in Egitto intorno al 200 a.C.: le due pulegge e la corda, con i contenitori, della ruota di Philone, sono sostituiti da una ruota verticale, alla quale i contenitori sono fissati, che si immerge nell'acqua nella sua parte inferiore. Alla ruota verticale è accoppiata una ruota



orizzontale, che le trasmette il movimento rotatorio, a questa indotto dalla rotazione di una lunga asta fissata al suo centro e normalmente spinta da un animale da soma, costretto a muoversi in un continuo percorso circolare attorno al dispositivo. Questa macchina ebbe grande fortuna perché semplice nella costruzione e nella manutenzione. A partire dal IV secolo d.C. si diffuse nel bacino del Mediterraneo, poi in Europa e nell'Asia centrale sino in Cina; giunse poi, nel XVI secolo, anche nelle terre americane ad opera di tecnici spagnoli. La semplicità costruttiva e l'uso di energia animale ne fanno un dispositivo ancora presente in moltissime aree ed anche oggetto di studio per migliorarne l'efficienza.

Una macchina derivata dalla *sāqiya*, più semplice ma concettualmente più sofisticata, è la *nòria*: una grande ruota a raggi che terminano, nella parte che dalla ruota sporge, con una forma a pala. Alla ruota, nella parte che si trova immediatamente prima dell'estremità di ciascun raggio, sono fissati numerosi contenitori. La *nòria*, descritta per la prima volta da Vitruvio, immersa nella corrente di un fiume inizia il moto rotatorio per effetto dell'acqua in movimento che preme contro le pale; la rotazione consente il sollevamento delle acque raccolte dai contenitori quando questi giungono nel punto più basso della ruota, costantemente immerso; lo sfruttamento dell'energia della corrente evita il destino crudele del continuo peregrinare in tondo dell'animale legato all'asta della *sāqiya*.



Anche la *nòria* si è diffusa in molte parti del mondo; ne sono oggi esistenti esempi perfettamente funzionanti ed utilizzati, come in Siria, sul fiume Oronte, dove alcune *nòrie*, del diametro che supera i venti metri, alimentano la città di Hama e le irrigazioni delle circostanti campagne.

Come per la *Vite di Archimède*, che abbiamo incontrato nel Capitolo 1, *sāqiya* e *nòria* sono dispositivi non utilizzabili per sollevare le acque da un pozzo, qui sono citate come conseguente evoluzione della macchina di Philone di Bisanzio.

Tornando ai pozzi, dobbiamo ricordare che per la captazione delle acque sotterranee, che attraverso di essi erano rese accessibili, all'energia muscolare (di uomini o di animali) si affiancò ben presto non solo l'utilizzo dell'energia della stessa acqua in movimento ma anche di quella del vento, con una sostanziale differenza: l'energia eolica è ben più significativa perché il vento c'è ovunque, in particolare nelle zone aride, dove più frequente è la necessità di reperire acqua. Intorno al X-IX secolo a.C. compaiono, nell'attuale Iran, le prime rudimentali ruote a pale mosse dal vento.

La conoscenza e lo sfruttamento dell'energia dell'acqua e del vento, cioè dei fluidi in movimento, sarà oggetto di trenta secoli di studi, ancor oggi non conclusi, in una scienza nata dall'Idraulica e parte di essa: l'Idrodinamica. Nei tempi antichi, caratterizzati da una tecnologia alle prime armi, il limite nell'uso di questa energia fu soprattutto il basso valore della velocità che ruote, ingranaggi e funi potevano sopportare.

I pozzi sono vie artificiali che mettono in comunicazione la superficie terrestre con l'acqua presente, ferma o in movimento, nel sottosuolo; ma l'acqua sotterranea ed i fenomeni che ne governano la presenza ed il movimento, nascosti alla vista, devono essere in qualche modo conosciuti, per evitare troppi insuccessi o indurre problemi a volte più gravi di quello che si voleva risolvere.

In questo non mancano, nell'antichità, dimostrazioni di un certo grado di conoscenza del moto delle acque sotterranee, sebbene oggetto di un'esperienza confinata nelle sole aree di escavazione dei pozzi. Si ha testimonianza indiretta di una prescrizione attribuita a Solone (ca 630 – 560 a.C.), arconte di Atene, citata da Plutarco nella sua *Vita di Solone*:

“Poiché l'Attica non ha acqua sufficiente né da fiumi perenni né da laghi o da sorgenti copiose, ma la maggior parte della gente si serviva di pozzi artificiali, Solone stabilì una legge in base alla quale se doveva esistere un pozzo pubblico entro il raggio di un hyppicon [pari a quattro stadi, cioè complessivamente 705,36 o 780,60 metri] si doveva attingere a quello; se invece era più distante, si doveva cercare acqua propria; qualora poi, avendo scavato sino alla profondità di dieci orgie [17,63 o 19,59 metri] non ne fosse trovata nel proprio terreno, si poteva prenderne dal vicino, riempiendo due volte al giorno un' idria di sei congi [17,6 o 19,6 litri]. Egli infatti riteneva suo dovere soccorrere il bisogno, non incoraggiare l'indolenza.”

Questa legge sopravvisse alla costruzione dell'acquedotto ateniese, realizzato alla fine del VI secolo a.C., tant'è che è ripresa, in termini più generali, negli scritti di Platone.

Possiamo quindi dedurre che già si aveva coscienza che le acque sotterranee non erano illimitate, ma soffrivano l'eccesso di prelievo, sino all'esaurirsi dei pozzi se tra loro troppo vicini o troppo sfruttati. Inoltre sappiamo che l'approvvigionamento d'acqua potabile già doveva affrontare i primi casi di inquinamento, anche a grande scala; nel VI secolo a.C., gli ateniesi furono privati della principale fonte d'acqua potabile, il fiume Eridano, che aveva raggiunto insostenibili livelli di inquinamento per gli scarichi della città stessa; il fatto è forse collegabile alla ricordata legge di Solone sui pozzi, il cui moltiplicarsi rese necessaria una rigida disciplina, ed alla costruzione del primo acquedotto ateniese: la grande città aveva bisogno di nuova acqua.

La tutela della qualità dell'acqua era un problema sentito; Platone, nelle sue *leggi*, non esita nel prescrivere sanzioni a chi non usi l'acqua in modo accorto o ne deteriori la qualità.

Un cenno merita la scoperta, tecnologicamente più evoluta, dei sistemi di sollevamento a pressione.

Abbiamo già visto, nel precedente Capitolo 1, che al greco Ctesibio è attribuita l'invenzione, o la prima realizzazione, della pompa a pistoncini, come ci racconta Vitruvio.

Questa conoscenza greca fu ben presto assimilata e perfezionata dalla civiltà di Roma, capace di produrre pompe a stantuffo, con uno o due cilindri, di prestazioni certo notevoli per quei tempi. Alcuni ritrovamenti nell'Europa centrale dimostrano l'esistenza di pompe, infisse in pozzi, in grado di superare dislivelli superiori ai quindici metri e di produrre una portata continua anche superiore ai sessanta litri al minuto. I cilindri, in legno rivestiti di piombo, erano percorsi da stantuffi in legno con guarnizioni in pelle, mentre le valvole, alla base del cilindro, erano in pelle fissate al cilindro con chiodature.

Appreso il principio di funzionamento, i Romani antichi non mancarono di sfruttarlo per risolvere un problema costante: l'evacuazione dell'acqua di sentina nelle navi. Si conoscono reperti che ci dimostrano la notevole capacità di costruire piccole pompe portatili in bronzo, in grado di svolgere egregiamente la funzione di espellere le acque che penetravano negli scafi.

L'idea di costruire i pozzi, cioè un condotto verticale per captare le acque dal sottosuolo, può essere nata anche dallo sviluppo di un altro sistema di approvvigionamento di acqua

sotterranea, che ebbe, ed ha tuttora, dimensioni veramente strabilianti: le *qanāt*, in Africa settentrionale indicate con il termine *foggara*.

Sin dall'epoca sumérica, probabilmente proprio ai piedi dell'altopiano iranico, comparvero le prime opere di captazione delle acque sotterranee sotto forma di gallerie drenanti: individuata la presenza di acqua nel sottosuolo si procedeva a costruire cunicoli che seguivano la vena acquifera nel ventre della montagna. Più gallerie si costruivano e maggiore era la portata che esse potevano raccogliere e concentrare in un punto del sottosuolo, dal quale poi si dipartiva una o più linee, sempre in gallerie sotterranee, della lunghezza a volte di centinaia di chilometri.

Questo sistema si sviluppò gradualmente nel corso di millenni, soprattutto nell'Asia medio-orientale ed in Africa settentrionale, sino a costituire immense reti di canalizzazioni sotterranee, spesso di lunghezza complessiva di migliaia di chilometri per ogni area servita. La rete sotterranea, raccolte tutte le filtrazioni d'acqua, sia in forma di flussi consistenti o gocce stillanti per filtrazione o condensazione, procedeva nella pianura che, digradando, ne provocava l'avvicinamento alla superficie senza necessità di alcun sollevamento meccanico.

Lo sgorgare delle acque, oppure il sollevamento finale per modeste altezze (attraverso, ad esempio, una *sāqiya*) portava alla nascita di una città o di un'oasi in pieno deserto.

Il sistema consentiva, come ancor oggi in parte consente, di 'inseguire' nel sottosuolo, spesso di dura roccia, la presenza delle acque giunte sino in quel punto da infiltrazioni originatesi dalle piogge su rilievi montuosi assai distanti, sia nello spazio che nel tempo.

Come fossero minatori che seguono la vena del più prezioso metallo, che capricciosa si estende all'infinito nel cuore della terra, schiere di lavoratori, quasi certamente ridotte in schiavitù, si consumarono in queste gallerie; opere ancor più sbalorditive se si pensa agli utensili disponibili in quei tempi! Non per nulla questo lavoro era reputato tra i più gravosi, tant'è che meritò l'appellativo di '*lavoro assassino*' oppure, nell'Asia Minore, di '*lavoro persiano*', ad esemplificazione di una civiltà non aliena, come frequentemente avveniva nell'antichità, da comportamenti brutali.

I percorsi di ogni singola galleria potevano superare i cento chilometri e, evidentemente, non poteva essere priva di pozzi intermedi - per l'accesso, lo scarico del materiale di scavo e la ventilazione - distanziati non più di cinque/dieci chilometri, ma a volte molto più ravvicinati. Ancor oggi questi pozzi sono ben visibili nelle zone aride, presentandosi come cumuli allineati di detriti, risultato dell'escavazione risalente anche a tre/quattro millenni fa!

Le migliaia di pozzi verticali delle *qanāt* furono il prodotto di una tecnica assai evoluta in questo tipo di manufatti e non è inverosimile pensare che da essi sia nata l'idea, o la casualità, di scavarne alcuni indipendenti dal percorso delle gallerie sotterranee per estrarre acqua presente nel sottosuolo per cause naturali.

Il sistema delle *qanāt*, una volta realizzato, poteva funzionare, come ancor oggi funziona, per secoli quasi senza manutenzione, se non intervenivano crolli. Polibio, storico greco 'romanizzato' del II secolo a.C., nella sue *Storie* scrisse " . . . al giorno d'oggi chi usa tali acque non sa da dove sgorgino e siano state condotte".

La tecnica di esecuzione delle *qanāt*, cioè dello scavo in galleria e l'utilizzo delle gallerie stesse per drenare e concentrare le acque disponibili di una zona acquifera, è stata con ogni probabilità d'esempio per le popolazioni della Grecia, dove fu frequentemente utilizzata nel drenaggio delle sorgenti e negli acquedotti; di queste opere è rimasta soltanto la testimonianza nei loro resti perché non si conoscono testi originali greci che ne parlino.

Su questo argomento, copiosa è invece la documentazione della civiltà islamica.

Scritto intorno all'anno 1000 d.C., il trattato '*Inbāt al-miyāt al-hāfiya*' ("*Sul modo di scoprire le acque nascoste*"), redatto da al-Karaḡī, contiene dettagliate istruzioni per la costruzione delle *qanāt* : individuazione della vena d'acqua, calcolo delle pendenze, scavo di pozzi e gallerie, tecnologia dei rivestimenti, utilizzo degli strumenti di misura. Dal testo apprendiamo che in quel tempo ed in quella civiltà, la costruzione era affidata ad un vero e proprio corpo di tecnici esperti, detti *muqannī*, in grado di risolvere il problema principale: fissato il punto di arrivo ed individuata

la presenza dell'acqua, bisognava calcolare le corrette direzioni e pendenze per collegare i due punti, a volte distanti centinaia di chilometri.

A tale proposito sappiamo che il califfo, della dinastia degli Abbàsidi, al-Mutawakkil, che regnò a Baghdad dall' 847 all'861, per rifornire di acqua il suo palazzo a Samarra ordinò la realizzazione di un sistema di *qanāt* che raccoglieva le acque in una falda dell'alto corso del fiume Tigri ad una distanza di 480 chilometri.

Le *qanāt* nel solo Iran attuale sono stimate di uno sviluppo complessivo di 160000 chilometri; ancor oggi la sola città di Teheran è servita da trentasei *qanāt*, provenienti dalle falde del monte Elburz, lontane mediamente 20 chilometri, in grado di assicurare una portata che oscilla, a seconda delle stagioni, tra i 15000 ed i 30000 metri cubi al giorno.

Un método per approvvigionarsi d'acqua è anche quello di trattenerla in serbatoi: così avviene ancor oggi per quelle di pioggia, a mezzo di cisterne, e per le correnti fluviali, grazie alle opere di sbarramento: dighe o traverse.

Le cisterne sono elementi diffusi in tutte le civiltà, anche le più antiche: convogliare le piogge colmando volumi appositamente costruiti è un'idea elementare e poco interessa questo lavoro, coinvolgendo maggiormente l'Archeologia e, nei casi più spettacolari, l'Architettura.

Meno intuitiva e di grande impegno è l'azione di fermare le acque che scorrono nei fiumi, attraverso opere che ne sbarrino il cammino. Al problema idraulico si somma quello idrologico, che deve dimensionare non tanto lo sbarramento quanto le opere di sfogo delle piene in modo che la struttura non rovini. Anche i particolari costruttivi richiedono evolute tecniche, conoscenza ed esperienza, sia per la stabilità dell'opera che per la sua impermeabilità e resistenza alla corrente dei flussi che su di essa possono verificarsi.

Tutta l'Asia minore e l'Egitto dipendevano in gran parte dalla disponibilità dell'acqua superficiale soggetta, certo con andamenti climatici meno ricchi di eccessi, ad aumenti e diminuzioni di portata anche consistenti. Dighe che arginassero i fiumi, provocando invasi di raccolta o li deviassero verso depressioni da allagare durante le piene, erano opere già in essere nel terzo millennio prima dell'Era Cristiana.

Nella terra dei Suméri si sa di uno sbarramento sul fiume Tigri che consentiva di alimentare un canale di irrigazione lungo quattrocento chilometri. Già abbiamo ricordato, nel Capitolo 1, la testimonianza di Plinio il Vecchio (Como 23 d.C. – Stabia 79 d.C.), che ci parla di una diga sumérica che sbarrava la foce dell'Eufrate per diffondere nelle campagne prossime al mare le sue acque per l'Irrigazione, poi defluenti nel Tigri.

Gli sbarramenti assolvevano a volte la funzione di deviazione piuttosto che di accumulo delle acque, come quello micenéo di Tirinto intorno al XIV secolo a.C., che deviava un fiume a protezione della città di Kofini. Ancor prima in Beozia, nel II millennio a.C., una diga in muratura si opponeva alle abbondanti acque dei fiumi Cefiso e Melo e le scaricavano nel lago di Copeide, salvaguardando una fertile pianura sottostante.

Nelle zone ai margini dei deserti troviamo strutture di sbarramento realizzate per intercettare, controllare, deviare ed utilizzare le acque delle piogge, rarissime ma capaci di produrre notevoli portate nelle zone dove i pendii le concentrano, nel Sahara chiamate *wadi*.

La più nota è senz'altro la diga di Marib, realizzata dai Sabatèi a sbarramento della depressione *wadi Dhana*, nella zona settentrionale dell'attuale Yemen. La prosperità del sito di Marib, determinata dalla disponibilità di acqua garantita dalla grande struttura, è ricordata nella Bibbia, dove si racconta come Abramo avesse giudicato i giardini di Marib degni d'essere portati nel Regno dei cieli. Lo storico arabo al-Masudi, nel X secolo d.C., scrive che i giardini di Marib, o meglio l'oasi, erano tanto vasti che un viaggiatore aveva bisogno di un mese per attraversarli a cavallo. Molti sono i racconti su quest'area, certo permeati di leggenda, ma è indubbio che l'oasi

era tanto vasta e ricca di colture da suscitare stupore ed ammirazione in coloro che vi giungevano dopo aver attraversato l'arido deserto arabico.

In quel luogo ancor oggi sono esistenti le costruzioni in muratura che costituivano le due estremità dello sbarramento del *wadi Dhana*, dove erano realizzate le opere di regolazione ed alimentazione di due reti irrigue che dalla diga si dipartivano. Il corpo centrale dello sbarramento, lungo quasi settecento metri, alto sedici e largo alla base sessanta, non esiste più: era costruito in terra e, secondo gli storici, crollò definitivamente intorno al sesto secolo dopo Cristo, dopo aver funzionato per circa tremila anni!

Un'iscrizione, rinvenuta tra i resti della diga, testimonia che essa fosse ancora funzionante nel 525 d. C., quando il condottiero Abraha, dagli Arabi soprannominato *dūal manār* (quello del faro), dopo aver riconquistato la parte meridionale della penisola araba, che così ritornò per poco tempo 'protettorato' del cristiano regno di Abissinia, si preoccupò di realizzare molte opere tra le quali il restauro della diga di Marib, perché potesse ancora assolvere alla sua funzione. La diga di Marib consentiva quindi di arrestare ed accumulare le acque delle scarse ma violente piogge che si abbattevano sulla regione a monte di quel sito e lì convogliate dalla grande depressione *wadi*; le due monumentali chiuse, poste alle estremità dello sbarramento, si aprivano per rilasciare gradualmente le acque ad alimentare la rete irrigua che consentiva una pròspera agricoltura.

Oggi quell'area è solo deserto.

Innumerevoli sono gli esempi che potrebbero essere citati; la diga di Marib costituisce certo uno dei casi più stupefacenti per dimensioni e tecnica, ma ogni area geografica ha comportato la realizzazione di opere che si sono adattate alla topografia, alla quantità di acqua disponibile ed alle esigenze culturali e culturali di ogni popolazione. Il popolo dei Nabatei, per esempio, nel loro dominio dove cùlmina la città di Petra, regolarono le acque con moltéplici sbarramenti e dighe di piccole dimensioni piuttosto che limitarsi a poche grandi strutture, segno evidente che la stessa conoscenza risponde in modo diverso a differenti esigenze, ambienti e condizioni.

Le civiltà greca e romana erano senz'altro a conoscenza di questa tecnica e della tecnologia in grado di realizzarla; ma sia i Greci prima che i Romani poi sembrano aver ignorato questi dispositivi sino al secondo secolo dopo Cristo, tempo nel quale comparvero nuovi sbarramenti fluviali o lacuali, connessi all'interesse verso l'approvvigionamento idrico da acque di superficie, avendo sino ad allora privilegiato l'attingimento da sorgenti o da pozzi.

Nonostante questa ripresa degli attingimenti fluviali, anche in epoca tardo imperiale, le dighe romane assolsero in maggioranza la funzione, soprattutto nelle zone aride, di riparo contro le piene e di deviazione delle acque in aree non urbanizzate. Nel deserto sahariano del Negev è ancora visibile uno sbarramento lungo novecento metri nello *wadi Caam*, a Sud della città romana di Leptis Magna; questa costruzione assolveva la funzione di frenare ed allontanare dall'abitato le rare ma violente alluvioni.

Tutte le dighe romane erano di forma massiccia ed andamento rettilineo, opponendo alla forza dell'acqua la resistenza del proprio peso. Le altezze erano comunque modeste rispetto ai valori di oggi: la diga di Harbaqa, lunga 365 metri, ha il primato di massima altezza pari a ventuno metri.

All'andamento rettilineo si conosce una sola eccezione, in ogni senso indicabile con il termine di diga ad arco, schema architettonico di contrasto alle spinte del quale gli ingegneri romani erano maestri. La struttura, sita nel *Vallon de Baume* in Provenza-Francia, venne descritta dallo studioso E. Calvet che, nel 1765, la disegnò in uno schizzo; purtroppo oggi di questa singolare opera, realizzata per alimentare la città romana di *Glanum*, non resta nulla.

Molte costruzioni dei Romani, a volte giunte sino ai giorni nostri quasi integre, ne testimoniano la grande e, per quei tempi, unica capacità realizzativa, certo ben proporzionata alla loro grande potenza militare, politica e civile.

Ed è proprio della civiltà dell'antica Roma che ci occupiamo nel prossimo capitolo.

* * *

Per le immagini si ringrazia Mònica Carini Bajetti – Castelverde, Cremona