



# Il ciclo dell'acqua

## 1 Comincia il viaggio...

L'acqua è l'elemento più semplice esistente sul pianeta Terra, la pura acqua non ha colore, odore e sapore. Siamo talmente abituati a vederla intorno a noi che non ci rendiamo conto che passa continuamente da liquido a ghiaccio ed a vapore acqueo creando il ciclo che ora cominceremo ad esaminare; si potrebbe cominciare da un qualsiasi punto, ma per comodità partiamo dalla maggiore riserva d'acqua esistente sul pianeta: gli oceani.

Negli oceani sono contenuti 1,3 miliardi di chilometri cubi (immaginiamo un cubo con i lati di un chilometro), una quantità veramente enorme, che per la maggior parte rimane dove si trova e non entra nel ciclo di distribuzione. Solo la parte più superficiale dell'oceano, in seguito all'irraggiamento solare si riscalda e le molecole d'acqua si staccano dalla superficie e vanno nell'atmosfera a comporre l'umidità.

Le molecole d'acqua trasportate dai venti si aggregano intorno a particelle (chiamate nuclei di condensazione) di polvere, di scarichi delle industrie, delle case e delle automobili e creano milioni di gocce d'acqua, che a loro volta creano le nuvole. Esistono vari tipi di nuvole, tutte composte da piccolissime goccioline di acqua che si riuniscono a formare una goccia più grande.

Questa per effetto della gravità viene attirata verso il suolo e si forma la pioggia o la neve secondo la temperatura dell'aria. Quello descritto è un fantastico processo di distillazione con produzione di acqua salata ed è proprio in questo momento che si forma tutta l'acqua dolce che avremo poi a disposizione sul nostro pianeta.

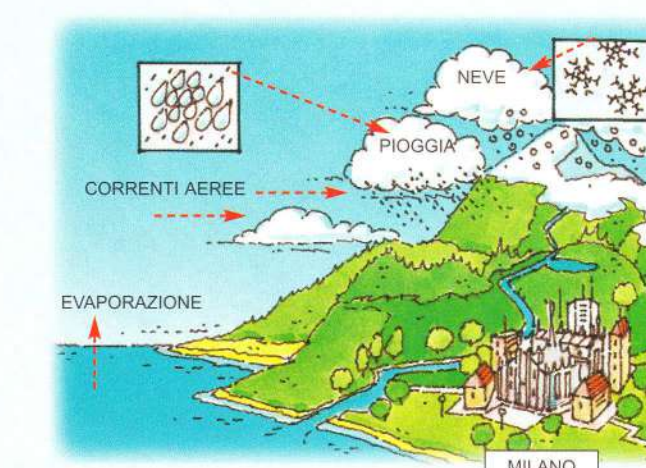


L'acqua dolce continua infatti il suo ciclo e si distribuisce sul pianeta in varie forme ed in vari ambienti. Solo una piccolissima parte dell'acqua dolce compie il ciclo completo, molta si ferma nei ghiacciai del Polo e delle alte montagne come riserva, entra in profondità nel terreno e rimane intrappolata per lunghissimi periodi (20.000-30.000 anni).

Quando la pioggia cade sul terreno può comportarsi in modi differenti a seconda del tipo di terreno e della entità delle precipitazioni. Se il terreno è composto da sostanze per-



meabili (che permettono il passaggio dell'acqua come ghiaia, sabbia) l'acqua si insinua tra i sassi e va a costituire le acque sotterranee; se al contrario il terreno è impermeabile (argilla) l'acqua non riesce a passare e scorre in superficie, dove si raccoglie in torrenti, fiumi e laghi. E' importante anche l'intensità della pioggia: accazzioni brevi e violentissime come sta accadendo in questi ultimi anni portano ad un scorrimento veloce in superficie e favoriscono le inondazioni.

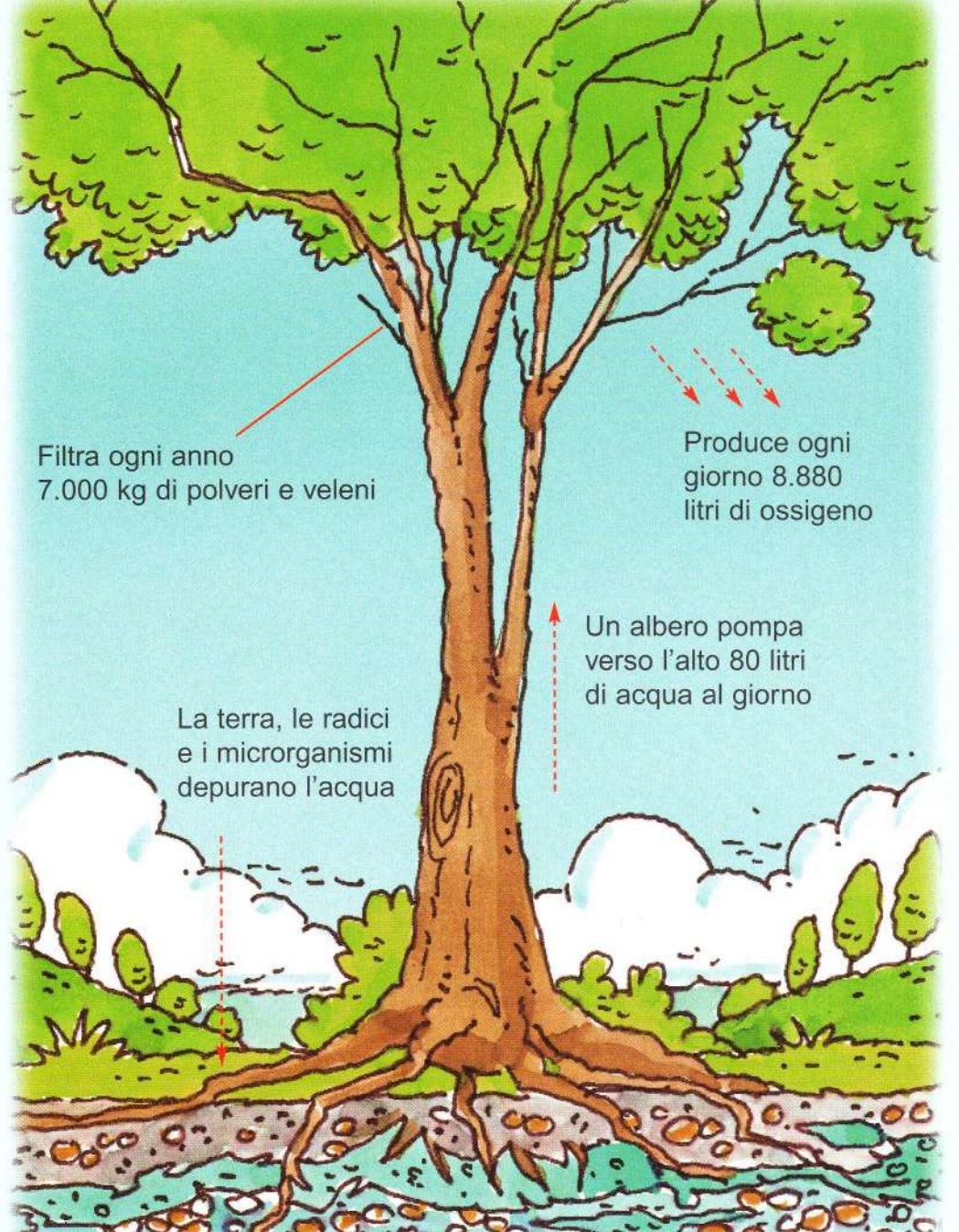


## 2 ...le proprietà dell'acqua...

L'acqua è l'unico elemento presente sulla Terra in tutte e tre le sue forme: liquida, solida e gassosa alle temperature normali. La particolarità della molecola dell'acqua e delle sue caratteristiche chimiche e fisiche ha creato una serie di circostanze fortunate che hanno portato alla diffusione degli esseri viventi sulla Terra.

L'acqua è composta da due atomi di idrogeno legati ad un atomo di ossigeno, ma la disposizione del loro legame porta la molecola d'acqua ad avere cariche positive e negative. Questa particolarità dà notevoli vantaggi, come ad esempio la possibilità nella sua forma liquida e gassosa di attrarre gli ioni di qualsiasi sostanza venga messa nell'acqua, sciogliendola in molecole più semplici (l'acqua è anche chiamata il solvente universale). Sono infatti pochissime le sostanze naturali che non reagiscono con l'acqua, mentre purtroppo ve ne sono molte di quelle create dall'uomo (es. plastica, ecc.) che non vengono assolutamente attaccate. La possibilità di sciogliere praticamente tutto spiega anche l'esistenza dell'acqua salata nell'oceano, e delle acque minerali perché l'acqua passando tra le rocce "cattura" alcune sostanze e le trascina con sé. L'acqua in tutte le sue tre forme è composta sempre da atomi di idrogeno ed ossigeno, ma la differenza sta appunto nei legami tra le molecole d'acqua: nel vapore acqueo, più leggero dell'aria, le molecole sono molto lontane fra di loro, nel liquido sono attratte una all'altra e

tendono ad aggregarsi formando le gocce, mentre nello stato solido, il ghiaccio i legami sono rigidi e fra di loro è balturata molta aria. Per tale motivo il ghiaccio galleggia. Questa particolarità è estremamente importante per la vita perché altrimenti molti laghi e mari rimarrebbero ghiacciati in profondità impedendo il ricambio verticale ed in breve tempo tutta l'acqua esistente sarebbe congelata, trasformando la Terra in un ambiente privo di vita. Il fatto che nella sua forma liquida le molecole d'acqua tendano ad aggregarsi fortemente tra di loro e alla sostanza che attraversano è dovuto ad una alta tensione superficiale. Questo elemento distintivo si chiama capillarità, cioè la possibilità delle catene d'acqua di salire vincendo la forza di gravità, lungo le radici delle piante per portare il nutrimento (sciolto in acqua) alle foglie e lungo i capillari del corpo umano per portare attraverso il sangue (82% di acqua) l'ossigeno alle cellule.



## 3 ...l'accumulo in superficie: laghi, fiumi e canali...

Le gocce di pioggia che possono scorrere sulla superficie del terreno, scendendo lungo i fianchi delle montagne si raccolgono a fondo valle dapprima in torrenti quindi in fiumi o laghi. In particolare la pianura Padana è una pianura alluvionale attraversata da numerosi grossi fiumi come il Po e l'Adige. Nel territorio della Provincia di Milano vi sono numerosissimi corsi d'acqua tra cui il Ticino, l'Adda, l'Olna, il Seveso ecc. che l'attraversano da nord a sud. Oltre ai corsi d'acqua naturali l'uomo nei secoli ha costruito molti canali artificiali detti Navigli ed il canale Villoresi che hanno aumentato le possibilità di utilizzo delle acque sia in agricoltura che per il trasporto di merci. Questo intrico di fiumi, laghi, canali, rivi, colatori fa della provincia di Milano uno dei territori più ricchi di acqua non solo a livello italiano, ma anche europeo.

L'uomo ha costruito a partire dal XII secolo i canali artificiali per portare l'acqua dei principali fiumi che scorrono da nord verso il fiume Po che si trova a sud, in direzione delle zone dove questi non sono presenti, ha costruito poi una fitta rete di canali secondari per distribuire le acque prese dai canali in tutti i campi da irrigare; sull'intero territorio della Provincia di Milano si ricordano in particolare il Naviglio Grande (anno 1272) che collega il fiume Ticino alla città di Milano, il Naviglio Pavese (anno 1815) che unisce Milano a Pavia, il Naviglio Martesana (anno 1457), la cerchia interna dei Navigli cittadini intorno a Milano (anno 1160) e il Canale Villoresi (anno 1885) che collega le acque del Ticino all'Adda. Un tempo utilizzati anche per la navigazione interna e per il trasporto di merci, conservano oggi il solo importante scopo agricolo ed insieme al reticolo di rogge secondarie distribuiscono enormi quantitativi di acque all'agricoltura dell'intero territorio della provincia di Milano.

Altro importante utilizzo dell'acqua superficiale è legato alla produzione di energia. Lungo il Ticino e l'Adda ci sono e ci sono state centrali che sfruttano la forza dell'acqua per produrre energia elettrica.

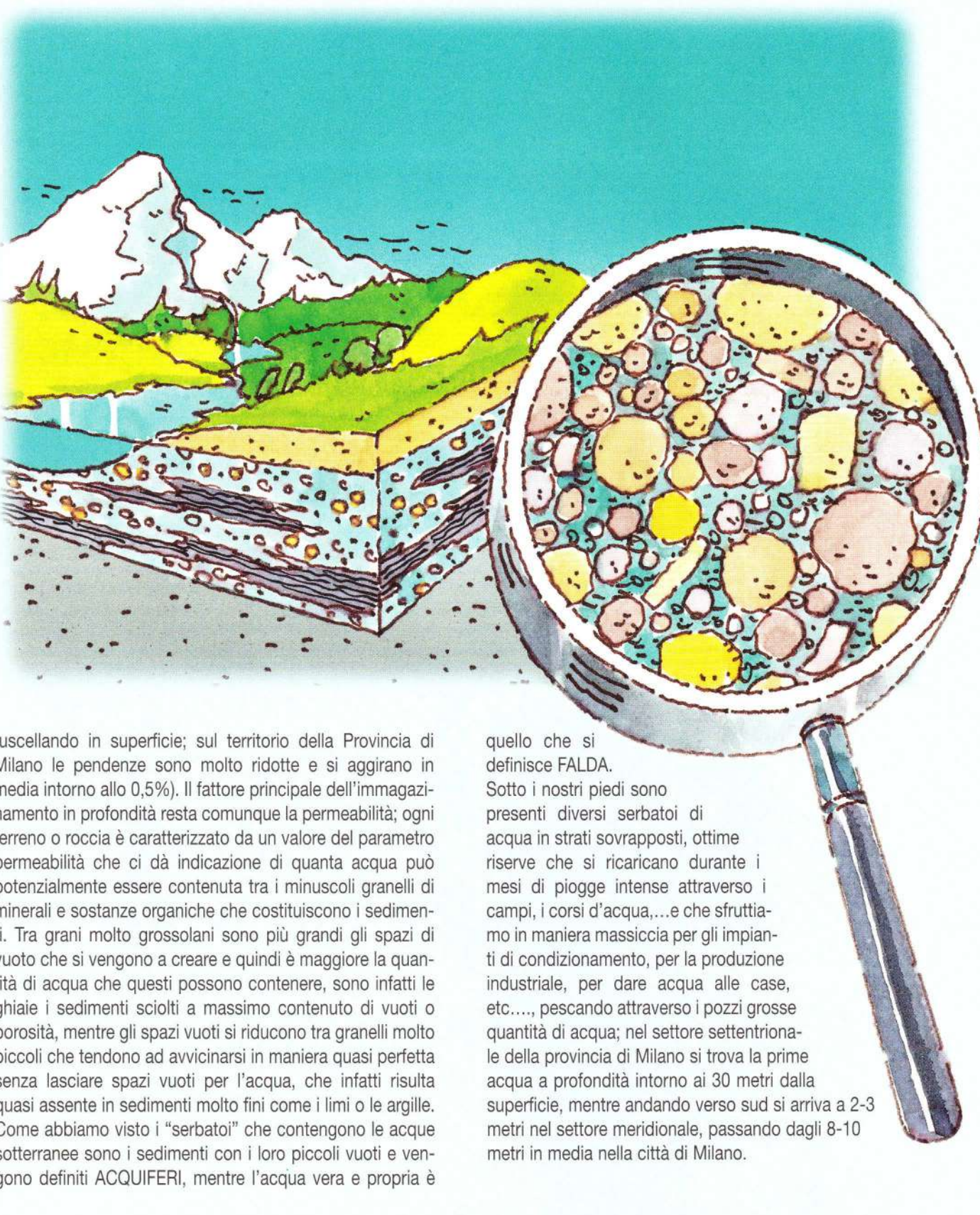
Tale abbondanza di acqua dolce ha portato sicuramente notevoli benefici alle popolazioni, aumentando le possibilità di sviluppo socio-economico. Nello stesso tempo l'uomo ha mal utilizzato la risorsa acqua a sua disposizione scaricando le fognature, i residui delle industrie negli stessi fiumi che usa per irrigare i campi. Numerosi torrenti ormai innalzati a categoria fiumi per il costante apporto di acque durante l'anno entrano in Milano e fanno parte della rete fognaria milanese e sono ormai declassati a scarico.



## 4 ...le acque sotterranee...

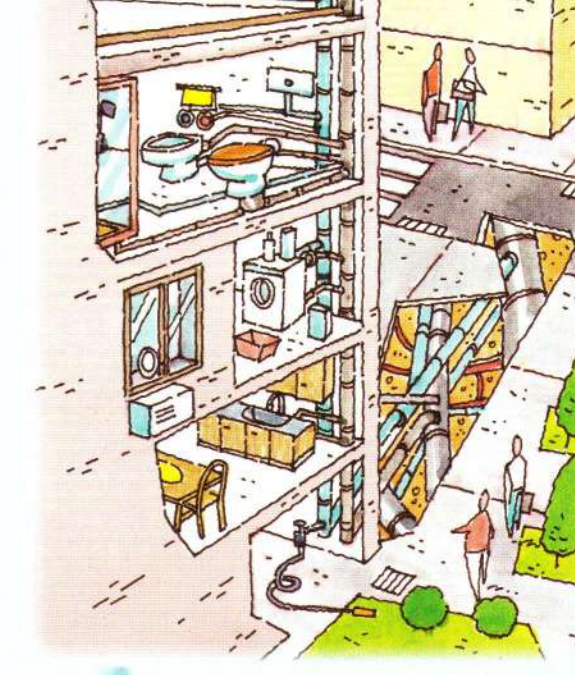
Una volta raggiunta la superficie del terreno una parte dell'acqua si infiltra in profondità andando ad alimentare le falde sotterranee; la percentuale dell'acqua che si infiltra rispetto a tutta l'acqua che cade sulla superficie terrestre dipende dalla permeabilità del terreno (ad esempio sulla roccia ben cementata è molto ridotta l'acqua che raggiunge il sottosuolo, mentre sulle sabbie sciolte quasi tutta l'acqua che cade in superficie viene assorbita dal terreno), dall'uni-

dità già presente nel terreno, dal tipo di vegetazione che ricopre la superficie (in un bosco è molto spesso lo strato di humus che consente all'acqua piovana di infiltrarsi, mentre in un'area asfaltata, tutta l'acqua che cade al suolo viene convogliata nei tombini e poi nelle fognature) e dalla pendenza della superficie (infatti nella aree pianeggianti l'acqua piovana tende a ristagnare ed ha il tempo di infiltrarsi, mentre dove le pendenze sono molto forti l'acqua si allontana



rucciando in superficie; sul territorio della Provincia di Milano le pendenze sono molto ridotte e si aggirano in media intorno allo 0,5%. Il fattore principale dell'immagazzinamento in profondità resta comunque la permeabilità; ogni terreno o roccia è caratterizzato da un valore del parametro permeabilità che ci dà indicazione di quanta acqua può potenzialmente essere contenuta tra i minuscoli granelli di minerali e sostanze organiche che costituiscono i sedimenti. Tra granuli grossolani sono più grandi gli spazi di vuoto che si vengono a creare e quindi è maggiore la quantità di acqua che questi possono contenere, sono infatti le ghiaie i sedimenti sciolti a massimo contenuto di vuoti o porosità, mentre gli spazi vuoti si riducono tra granelli molto piccoli che tendono ad avvicinarsi in maniera quasi perfetta senza lasciare spazi vuoti per l'acqua, che infatti risulta quasi assente in sedimenti molto fini come i limi o le argille. Come abbiamo visto i "serbatoi" che contengono le acque sotterranee sono i sedimenti con i loro piccoli vuoti e vengono definiti ACQUIFERI, mentre l'acqua vera e propria è

## 5 ...l'uso dell'acqua: la grande città...

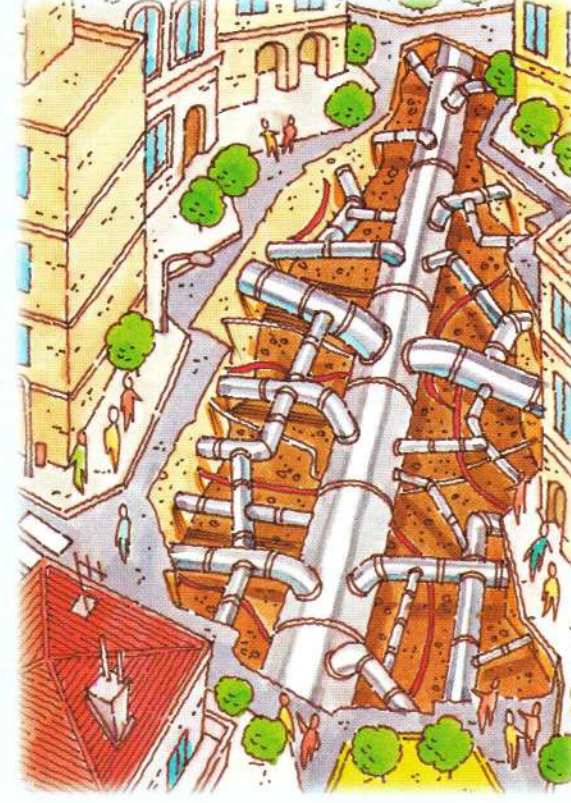


L'uso della risorsa acqua nella città, deve adattarsi alla situazione particolare della presenza di un elevato numero di abitanti in un'area abbastanza ristretta. Il caso tipico nella provincia di Milano è quello della metropoli milanese, che vede un milione e mezzo circa di abitanti, concentrati su un'area di poco meno di 182 chilometri quadrati; questo significa che su ogni chilometro quadrato dell'area della città di Milano, abitano oltre 8200 persone. Gli abitanti della città sono tutti quelli che usufruiscono dei servizi vari di negozi, aria condizionata nei locali, lavaggi delle strade, produzioni che richiedono acqua e per finire che utilizzano nelle proprie case tutta l'acqua di cui hanno bisogno.

Alcuni numeri ci danno indicazione di quanta acqua si consuma ogni giorno in una casa: una doccia fa usare dai 20 agli 80 litri di acqua - un bagno dai 100 ai 200 litri - un lavaggio in lavatrice dai 60 ai 90 litri - uno scarico del WC dai 6 ai 10 litri; una persona ogni giorno - nelle nostre regioni - utilizza in media 150 litri di acqua che diventano 500 litri per persona se si tiene conto anche dell'acqua utilizzata per i servizi della collettività come industrie, agricoltura, servizi, piscine, ecc.

Immaginate di moltiplicare questi numeri per tutti gli abitanti della città, per tutte le case, le fabbriche, i servizi come bar, ristoranti, autolavaggi, negozi... si arriva ad un prelievo complessivo nella sola città di Milano di 381 milioni di metri cubi in un solo anno (vale a dire 381.000.000.000 di litri). Per estrarre dal sottosuolo tutta quest'acqua in un'area molto densamente abitata, dove non sarebbe possibile costruire centinaia di migliaia di pozzi per mancanza di spazio, il Comune attraverso il Servizio Acquedotto provvede a estrarre l'acqua dal sottosuolo attraverso gruppi di pozzi detti "campi pozzo" che pescano, grazie a delle potenti pompe, l'acqua e la riversano in immense vasche dette "centrali" e la distribuiscono in tutta la città per mezzo di una rete di oltre 2300 chilometri di tubature in pressione perché possono raggiungere anche i piani più alti dei palazzi cittadini.

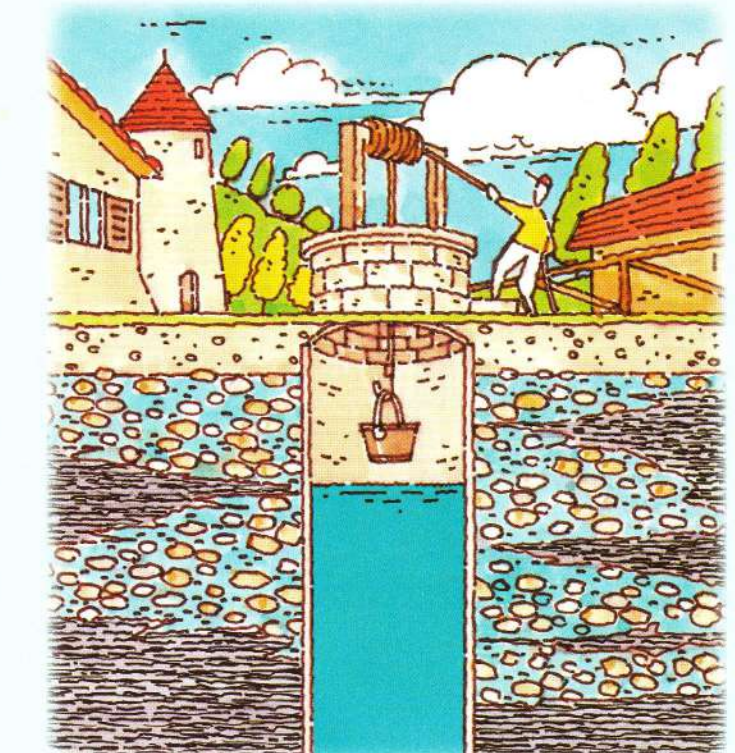
Nella città di Milano le centrali attualmente in funzione sono una trentina, per un totale di oltre 600 pozzi, tenuti sempre sotto stretto controllo e fermati in caso di problemi di inquinamento; questi sono stati approfonditi nel corso degli anni per raggiungere acque di falde sempre più profonde e pulite. Una volta utilizzata tutta l'acqua della città raggiunge, attraverso le tubazioni di scarico, i collettori delle fognature che portano le acque dette "nere" alla depurazione, prima delle restituzioni ai fiumi o canali delle acque trattate e ripulite che sono dette "acque bianche".



## 7 ...l'uso dell'acqua: la campagna e il paese...

La campagna e l'agricoltura hanno, nella provincia di Milano, un significato molto importante, infatti oltre il 70% del territorio provinciale è dedicato a questa attività. Il paesaggio attuale, se si esclude l'area metropolitana, è il frutto di secoli di interventi dell'uomo per modificare il paesaggio e renderlo adatto allo sviluppo delle attività agricole, avvantaggiata da un'abbondante presenza di acqua, risorsa indispensabile per l'agricoltura. Sul territorio della provincia di Milano l'agricoltura si è sviluppata soprattutto nella zona meridionale, dove è storicamente più marcata la presenza naturale di corsi d'acqua: le colture più diffuse sono i cereali (61%), i prati dedicati alla coltivazione del foraggio per il bestiame di allevamento (15%) e i pascoli per l'allevamento. Per i fabbisogni domestici o dei piccoli orti o allevamenti ogni casa o cascina che si trova al di fuori di un centro abitato si serve delle acque di falda per mezzo di pozzi che vengono scavati nel terreno fino a raggiungere l'acqua e poi rivestiti internamente di mattoni e oggi con tubazioni di metallo per evitare crolli; con un secchio calato in profondità o attraverso l'uso di pompe elettriche l'acqua viene portata in superficie ed utilizzata.

Sono oltre 10.000 i pozzi privati che sono presenti sul territorio della Provincia di Milano e che pescano ogni anno dalle falde sotterranee grossi quantitativi di acqua non facilmente determinabili. Se si esclude il capoluogo, Milano, i restanti 188 comuni che costituiscono la Provincia sono caratterizzati tutti da una struttura piuttosto simile con un centro storico antico del paese intorno al quale nel corso degli anni i centri abitati sono cresciuti fino a diventare in alcuni casi vere e proprie città. Anche in questo caso, come per la grande città, in ogni abitazione si utilizza molta acqua per tutte le necessità quotidiane e in ciascuna comune è l'Acquedotto Comunale o un Consorzio intercomunale a provvedere alla distribuzione dell'acqua nella casa. L'acqua viene prelevata dalle falde sotterranee attraverso grandi pozzi che pompano dal sottosuolo milioni di litri di acqua ogni giorno, viene controllata e immagazzinata in grossi serbatoi a torre sovrastanti, detti "torri piezometriche". Di solito l'altezza delle torri è maggiore rispetto a quella delle case, in maniera che sotto pressione, per il principio dei vasi comunicanti, l'acqua può arrivare anche ai piani più alti; soprattutto nei nuovi edifici che sono più alti dei serbatoi, l'acqua viene inviata ai piani superiori per mezzo di pompe elettriche. Una fitta rete di tubazioni distribuisce l'acqua a tutte le case del comune allacciate all'Acquedotto che non hanno un piccolo pozzo privato; nelle case poi i contatori registrano il consumo di ogni casa o di ogni appartamento per il pagamento dei canoni dell'acqua. Infine una rete parallela di tubazioni fognarie riporta l'acqua sporca utilizzata verso gli impianti di depurazione per restituirla in ultimo ai fiumi.



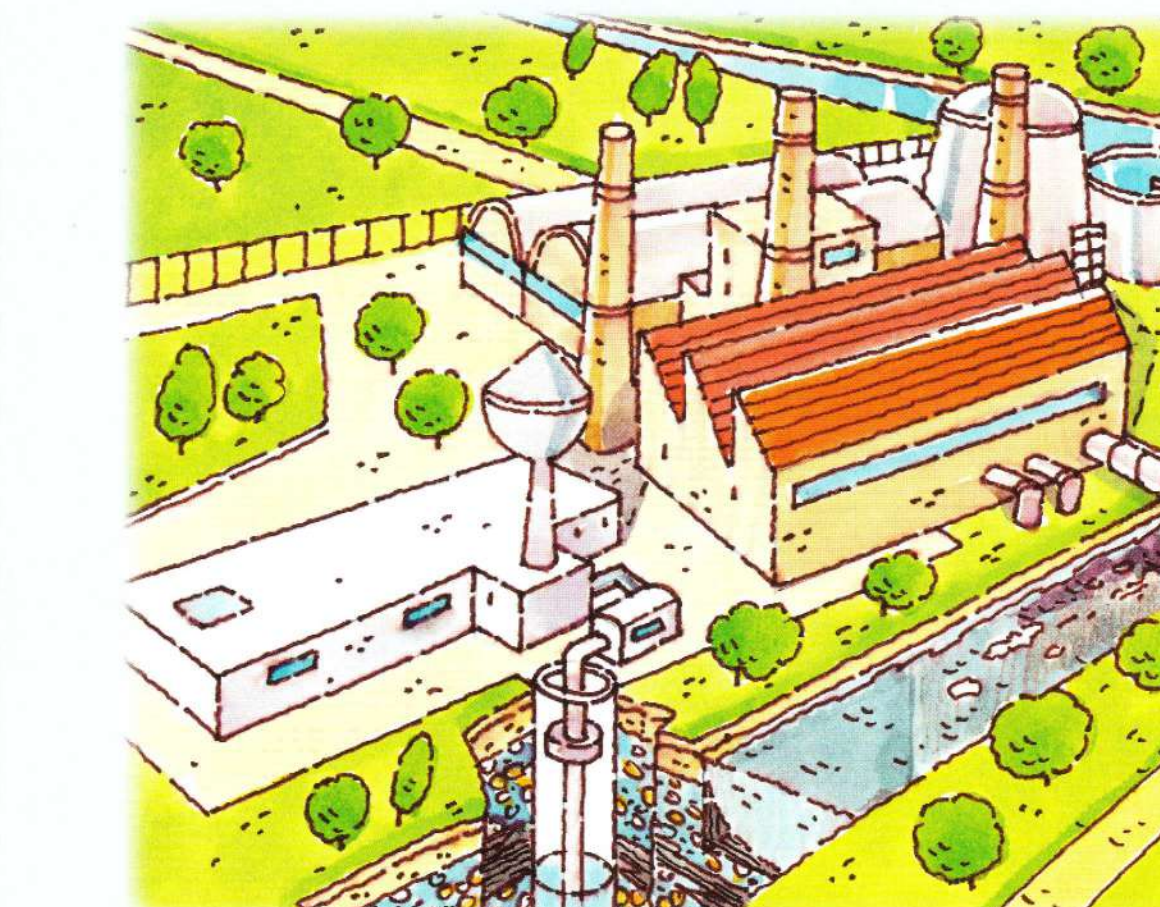
## 6 ...l'uso dell'acqua: l'industria...

Qualsiasi oggetto utilizzato nella vita di tutti i giorni viene prodotto dalle industrie. In Italia e in modo particolare nella provincia di Milano esistono tantissimi tipi diversi di industrie, tutte utilizzatrici di acqua in qualche punto del loro ciclo produttivo. Per alcune è strettamente necessario che l'acqua sia di prima qualità perché farà parte del prodotto finito, per esempio:

- le industrie alimentari che producono paste, sughi, bibite che possono arrivare a contenere fino al 90 % di acqua, sono forti consumatori di acqua pulita (per produrre 1 kg di zucchero occorrono 10-15 litri di acqua);



Di molte industrie esistenti all'inizio del novecento nel territorio della provincia di Milano ne sono rimaste poche e tutte, considerando i costi dell'acqua, effettuano un riciclo e cercano di utilizzarne il meno possibile. Grazie a questi risparmi ed alla chiusura di grossi insediamenti industriali, la falda è ritornata a livelli inferiori a 70 allungando strutture sotterranee costruite senza impermeabilizzazione negli anni passati in cui l'acqua era a livelli molto bassi.

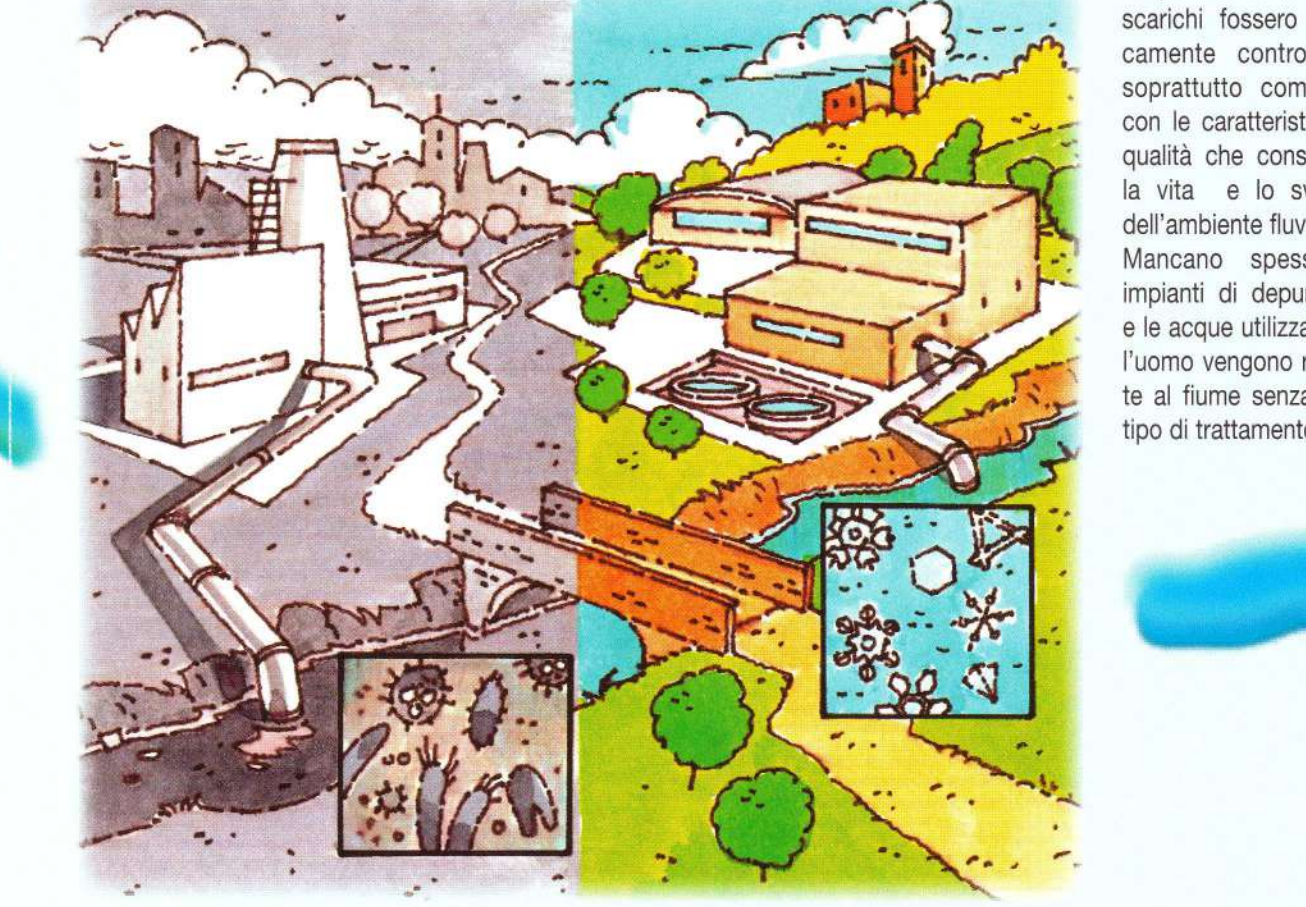


## 8 ...il ritorno al mare: il fiume...

Per ritornare all'oceano da cui era iniziato il viaggio l'acqua che ha attraversato le città e le campagne, percorre una fitta serie di tubazioni, canali e reticoli fognari che collegano ogni industria ed ogni casa dapprima ai fiumi e poi al mare o all'oceano. Nella provincia di Milano i due grossi ricettori finali sono l'Adda ed il Ticino, che confluiscono nel Po ed infine nel mare Adriatico; in questi due grandi fiumi, convergono gli scarichi di una metropoli come Milano e di tutta una serie di piccoli paesi e importanti centri industriali.



Una caratteristica molto importante dei corsi d'acqua è l'autodepurazione, ossia la capacità delle acque del fiume di demolire la sostanza organica inquinante attraverso i batteri, piante superiori ed altri microrganismi contenuti nelle acque "sane". Chiaramente una quantità eccessiva di scarichi sovraccarica queste funzioni vitali e porta comunque alla distruzione dell'ambiente fluviale e alla trasformazione del corso d'acqua in una vera e propria fogna a cielo aperto. Sarebbe auspicabile che tutti gli scarichi fossero chimicamente controllati e soprattutto compatibili con le caratteristiche di qualità che consentono la vita e lo sviluppo dell'ambiente fluviale. Mancano spesso gli impianti di depurazione e le acque utilizzate dall'uomo vengono restituite al fiume senza alcun tipo di trattamento.



# ACQUA