

IL COMPORTAMENTO DELL'ACQUA A LIVELLO MOLECOLARE

Per comprendere più a fondo la natura dell'acqua, il percorso di ricerca si è spostato sull'indagine del comportamento dell'acqua a livello molecolare, analizzando le recenti teorie sulla sua struttura bifasica che la descrivono come un sistema dinamico dissipativo.

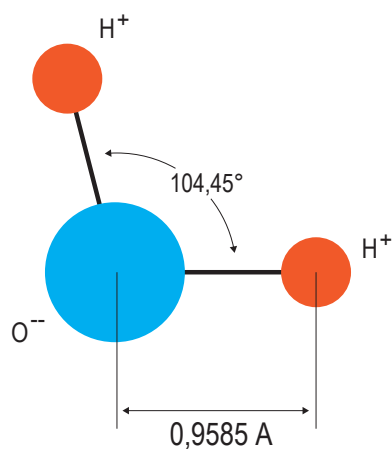
“Il messaggio dell'acqua è quello di farci capire che è un liquido straordinario, molto presente nell'universo, è un liquido che non ha le proprietà fisiche che noi ci aspettiamo, e siamo in tanti a pensare che può creare delle strutture interne, come dei “semi di materia” che hanno delle proprietà molto diverse, e in particolare che possono tenere la memoria di alcune molecole biologiche. Penso quindi che l'acqua abbia un ruolo fondamentale nell'origine della vita: il mio messaggio è che essa deve essere studiata sempre più”. (Luc Montagnier)

La molecola d'acqua

L'acqua è sulla Terra la molecola essenziale composta da un atomo di ossigeno e due atomi di idrogeno.

L'atomo di ossigeno è composto a sua volta da un nucleo contenente 8 protoni e 8 neutroni attorno a cui gravitano 8 elettroni.

L'atomo di idrogeno, il più elementare in natura, è composto invece da un protone e da un elettrone.



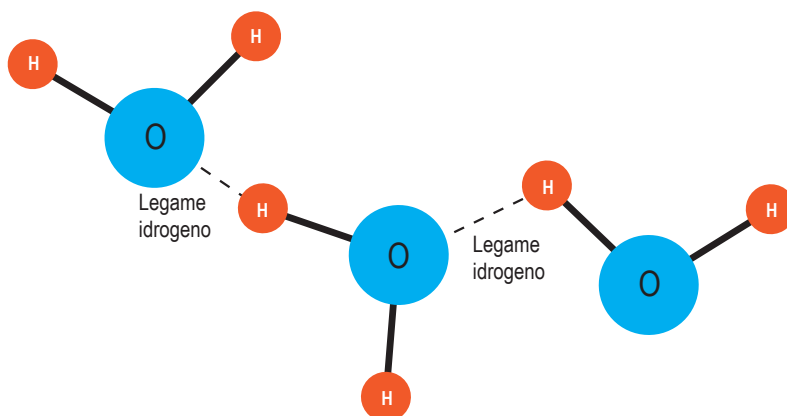
I due atomi reagendo mettono in comune due coppie di elettroni. L'attrazione che l'ossigeno esercita sugli elettroni dell'idrogeno è tale che questi ultimi rinforzano la carica elettrica negativa dell'atomo di ossigeno.

Questa attrazione polarizza positivamente gli atomi di idrogeno. Per questo motivo l'acqua è una molecola dipolare, l'ossigeno è elettronegativo mentre i due atomi di idrogeno risultano essere caricati positivamente.

Le cariche elettriche positive dell'idrogeno e quelle negative dell'ossigeno si attraggono formando un legame con un'angolazione stabile, detto legame covalente. Tale proprietà è legata alla forma molecolare e al fatto che gli elementi chimici che costituiscono la molecola d'acqua abbiano una diversa elettronegatività (L'ossigeno è più elettronegativo dell'idrogeno).

Questo dipolo elettrico è abbastanza grande da permettere all'acqua di orientarsi in un campo elettrico esterno. Per motivi legati alla distribuzione degli elettroni attorno all'atomo di ossigeno, la molecola d'acqua non può avere una forma lineare, ma la sua struttura è angolare, con l'atomo di ossigeno al vertice centrale, legato ai due atomi di idrogeno.

Dall'analisi spettrale si è dedotto che i due legami covalenti O-H sono perfettamente equivalenti, hanno lunghezza media pari a 0, formano un angolo di valenza di circa 97° e $104,5^\circ$ (Silvestroni, 1996). Proprio dall'asimmetria del suo assetto dipendono molte delle proprietà uniche dell'acqua.



Le molecole d'acqua sono associate da un legame idrogeno dovuto all'attrazione tra il nucleo positivo dell'idrogeno e l'atomo negativo dell'ossigeno

Per effetto della polarità, le molecole d'acqua tendono a unirsi attraverso dei legami detti a ponte di idrogeno e possono formare 4 legami d'idrogeno con altre 4 molecole d'acqua (2 con gli idrogeni e 2 con i lone pairs). Si formano così aggregati che possono ruotare tra di loro attorno ai legami a ponte, determinando in tal modo varie configurazioni nello spazio molecolare dell'acqua.

I fenomeni e le caratteristiche proprietà dell'acqua, che la rendono così diversa dagli altri liquidi esistenti in natura, si spiegano principalmente con il legame a idrogeno che si crea e si distrugge milioni di volte al secondo, donando all'acqua la sua straordinaria adattabilità.

In media una goccia d'acqua rimane dispersa nell'aria sotto forma di vapore per un periodo di 10 giorni, può cristallizzare in un ghiacciaio per oltre 40 anni, ristagnare in un lago per 100 anni o sotto terra dai 200 ai 10.000 anni.

Qualsiasi sia il suo destino però, ogni goccia passa attraverso le diverse fasi del ciclo idrologico. Anche in questo l'acqua dimostra di essere un complesso di cambiamento e permanenza (Consigli, 2005).

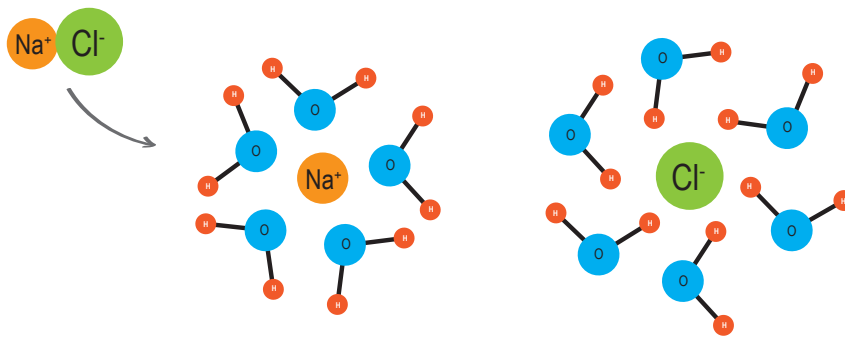
In condizioni normali l'acqua pura non ha né odore né gusto, è trasparente per permettere alla luce di penetrare e avviare il processo di fotosintesi nelle piante acquatiche.

Il solvente universale

Grazie alla sua struttura l'acqua ha un'enorme capacità solvente. Un composto ionico o polare immerso nell'acqua viene, infatti, circondato dalle sue molecole le quali, grazie alle loro piccole dimensioni, si inseriscono tra uno ione e l'altro o tra una molecola e l'altra di soluto.

Esse si orientano in modo da presentare a ogni ione o estremità polare del soluto, la parte che reca la carica opposta, interagendo elettrostaticamente o formando legami a idrogeno.

Questo indebolisce l'attrazione tra gli ioni o tra le molecole polari e rompe la struttura cristallina. Quindi, ogni ione o molecola polare si trova circondato completamente da molecole d'acqua, cioè è solvatato.

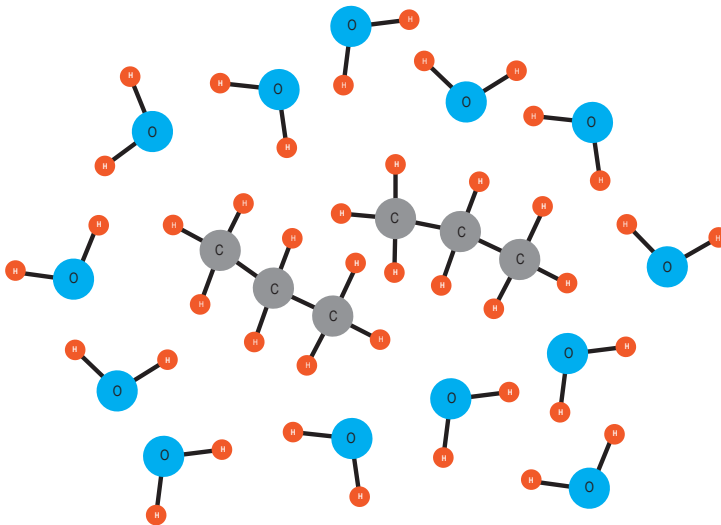


Rappresentazione schematica dell'entrata in soluzione di ioni di una molecola di NaCl.

Le sostanze che si sciolgono facilmente in acqua sono denominate "idrofile"; al contrario le sostanze, le cui molecole non posseggono cariche elettriche localizzate, mostrano una limitata solubilità in acqua e vengono denominate sostanze "idrofobe".

Tra queste ultime ci sono ad esempio gli idrocarburi e i grassi.

Quando tali elementi vengono a contatto con l'acqua, non danno luogo alla formazione di gusci di idratazione, come fanno le sostanze idrofile; al contrario, attorno alle molecole non polari il reticolo regolare dell'acqua riforma delle strutture a "clatrato" o "gabbie" simili a quelle del ghiaccio (Spaggiari, 2005).



Molecole di acqua e propano in soluzione

Quindi, in acqua si sciolgono sia le specie chimiche in grado di dissociarsi in essa in ioni, comportandosi cioè da elettroliti, sia le specie molecolari, indissociabili: in entrambi i casi il fattore chiave che permette al soluto di restare in soluzione è dato dai legami idrogeno che permettono l'isolamento, molecola per molecola o ione per ione, della specie chimica che resta circondata tutto intorno, ovvero "solvatata", dal solvente acquoso.

Seppur con una certa approssimazione, è infatti possibile affermare, almeno nell'ambito della chimica organica, che le molecole che mostrano la minore solubilità in acqua sono quelle incapaci di formare legami d'idrogeno extra molecolari e, in primis, quelle che scarseggiano nel loro insieme di legami fortemente polarizzati. Si tratta delle cosiddette sostanze "apolari".

Le sostanze necessarie al funzionamento delle cellule (proteine, polisaccaridi e DNA) sono dissolte nell'acqua grazie al suo potere solvente.

Le Anomalie dell'acqua

L'acqua ha proprietà molto diverse da quelle degli altri liquidi.

Sono state individuate circa 70 anomalie dell'acqua e queste caratteristiche fisiche cambiano nel tempo e nello spazio, in particolare in base alla pressione atmosferica (Chaplin, 2001)¹.

L'acqua bolle a 100°C ma la sua molecola è talmente piccola e il suo peso molecolare è talmente basso che dovrebbe trasformarsi in vapore a circa -80°C .

Il punto di ebollizione di una sostanza, secondo le leggi della fisica, è legato generalmente al suo peso molecolare; quello dell'acqua dipende fortemente dalla pressione: se è di parecchie atmosfere, l'acqua può bollire anche a 250°C gradi.

In cima all'Everest, ad esempio, l'acqua bolle a una temperatura di 68°C, al livello del mare a 100°C, mentre nelle profondità marine riesce a rimanere liquida nonostante le alte pressioni e temperature.

L'acqua congela a 0°C ma, se seguisse gli altri liquidi della propria classe (idridi: composti di elementi dello stesso gruppo dell'ossigeno), il punto di congelamento dovrebbe trovarsi a circa -100 °C.

L'acqua, quindi, a temperatura ambiente dovrebbe essere allo stato di vapore e, in tal caso, l'acqua liquida sul nostro pianeta sarebbe davvero poca.

Il legame idrogeno è inoltre responsabile dell'elevato calore

1 www.lsbu.ac.uk/water/anmlies.html]:

specifico² dell'acqua (4.187 J/kg °C).

Fornendo calore all'acqua, questo viene impiegato non soltanto per aumentare la temperatura, ovvero l'energia cinetica delle molecole, ma anche per rompere i legami idrogeno.

Il calore specifico del ghiaccio è, invece, minore (2.935 J/kg °C alla temperatura di 3°C) poiché, fino a che permane la struttura cristallina, il calore fornito viene impiegato per aumentare l'energia cinetica, mentre i legami idrogeno permangono e iniziano a rompersi solo alla fusione del ghiaccio (Silvestroni, 1996).

Questo porta con sé conseguenze di vitale importanza per l'esistenza stessa del nostro pianeta così come lo conosciamo oggi e per la vita su di esso:

1. l'acqua ha la tendenza a opporsi alle brusche variazioni di temperatura causate da fattori esterni mitigando questi effetti e preservando le condizioni degli habitat viventi (ad es. la temperatura interna del nostro corpo);
2. favorisce il trasferimento di calore tramite lo spostamento stesso di grandi masse di acqua, ovvero con modalità convettiva.

L'acqua ha un alto calore latente, definito come la quantità di energia necessaria allo svolgimento di una transizione di fase.

Il calore di vaporizzazione è infatti di ben $2,250 \cdot 10^6$ J/kg, mentre quello di fusione è di $3,33 \cdot 10^5$ J/kg.

Il clima sulla terra è largamente regolato dalla capacità dell'acqua di assorbire e trattenere il calore (calore latente) controllando e moderando le fluttuazioni di temperatura.

L'acqua raggiunge la sua massima densità a 3,98°C, quello che Schauberger definì il "punto anomalo" dell'acqua, ovvero lo stato di indifferenza che corrisponde al massimo grado di vitalità.

Sono poche in natura le sostanze (vedi la ghisa) che, come l'acqua, mostrano una densità dello stato solido inferiore a quella dello stato liquido.

2 Per calore specifico si intende la quantità di calore necessaria per innalzare di 1 K (o 1°C) la temperatura di 1 kg di sostanza

L'acqua, infatti, espande del 9% la sua struttura al momento del congelamento.

Questo consente al ghiaccio di flottare sulla superficie dell'acqua permettendo la vita sotto le superfici ghiacciate dei laghi, dei mari e dei fiumi.

Stupisce inoltre la viscosità relativamente bassa dell'acqua nonostante l'alto numero di legami idrogeno. I legami idrogeno dell'acqua, per quanto fitti e forti, risultano facilmente ovviabili; le singole molecole possono mutare facilmente e velocemente la loro connettività, riorganizzandosi in modo differente e consentendo alla massa di liquido di scorrere velocemente, riequilibrando in un brevissimo istante eventuali differenze di pressione.

L'acqua ha inoltre una costante dielettrica estremamente elevata, che le consente di interagire con i campi elettromagnetici che investono le sue molecole.

La caratteristica dell'acqua di avere una costante dielettrica alta la rende in grado di solubilizzare i composti ionici o fortemente polari.

La maggior parte delle anomalie sopra descritte possono essere ricondotte ad una elevata differenza di elettronegatività dei suoi elementi costitutivi (ossigeno e idrogeno) e al fatto che i due atomi di idrogeno creino, rispetto all'ossigeno al quale sono legati, un angolo che è diverso da 180° rendendo la molecola asimmetrica e dipolare.

Inoltre, alcune proprietà dell'acqua, specie nei riguardi dell'interazione con macromolecole, derivano dalle dimensioni ridotte della molecola, con soli 0.9584 \AA (circa $0,1 \text{ nm}$) di distanza internucleare fra l'ossigeno e l'idrogeno della stessa molecola.

Probabilmente, alla luce delle caratteristiche peculiari della molecola d'acqua, sarebbe più opportuno riferirsi alle sue proprietà non tanto come a delle anomalie, ma come a delle conseguenze logiche della sua struttura.

Da un lato si nota la sua estrema semplicità e sintesi nel suo minimo comune denominatore costitutivo e, dall'altro, un'incredibile complessità nella sua capacità di creare strutture e interazioni anche

ai livelli più articolati di organizzazione della materia.

LA STRUTTURA DELL'ACQUA

Le proprietà fisiche di interazione tra le molecole d'acqua restano un mistero, tanto che ancor oggi ci si interroga sulla natura delle sue reazioni a certi stimoli. Sono nate diverse teorie che, articolandosi su basi collettive, includono i modelli e i metodi usati per studiare i fenomeni critici, le cinetiche di aggregazione, i polimeri ed i colloidali, i sistemi con strutture gerarchiche e con dinamiche vincolate, e finalmente i sistemi complessi in generale (Mallamace, 2004).

Un aspetto affascinante risiede nel fatto che tutti questi studi si mostrano, in linea di principio, in sintonia con le intuizioni dei filosofi greci e indicano che l'acqua e la biologia possono essere legate in un unico ordinamento concettuale capace di provvedere ad una descrizione coerente e precisa dei fenomeni della vita.

E' stato dimostrato che a livello molecolare l'acqua non ha una struttura omogenea ma, piuttosto, è in equilibrio dinamico tra le mutevoli percentuali di assemblaggi di diverse specie di oligomeri e polimeri. La struttura di questi "cluster" o delle unità stesse è dipendente dalla temperatura, dalla pressione e dalla composizione (Roy, 2005).

Tra i 30° e i 40°C l'acqua è labile e instabile. Non si decompone spontaneamente ma, eventualmente, sotto l'azione di certi stimoli e allora le sue costanti cessano di esserlo e le proprietà fisiche cambiano.

E' stato **M. Magat** (1935) che, analizzando gli spettri Raman dell'acqua ($T > 37^{\circ}\text{C}$), scoprì che alcune proprietà dell'acqua (come l'indice di rifrazione, la viscosità, il calore specifico a temperatura costante, la solubilità in benzene, in sostanze non polari e in sostanze polari) rivelavano irregolarità nell'intervallo di temperatura tra i 30° e i 40°C.

Egli sottolineò, quindi, l'evidenza che qualcosa di grande interesse avesse luogo nella struttura dell'acqua attorno i 35°C, rimarcandone immediatamente l'importanza per i sistemi biologici.

Dopo qualche anno, **Morgan e Warren** (1938) studiarono la diffrazione a raggi X dell'acqua a varie temperature, interpretando i diversi risultati ottenuti, in termini di struttura: *“La struttura cambia con l'aumento della temperatura”*.

Il punto di ebollizione dei corpi varia con il loro peso molecolare. Ad esempio, il propano che ha p.m. 44, bolle a 42°C, l'acqua con un p.m. 18, dovrebbe bollire a 26°C.

Pauling, due volte premio Nobel, ha studiato questa reazione apparentemente illogica dell'acqua trovando che le cariche positive e negative di ogni molecola d'acqua non si neutralizzano a causa della presenza di gruppi simmetrici di cinque molecole aventi forma di piramide a base quadrata.

Successivamente **Bernal**, membro della Royal Accademy di Londra, ha dimostrato che l'acqua scorre grazie ai gruppi molecolari scoperti da Pauling (1960).

Pauling sosteneva inoltre che esistesse una sorta di sovrapposizione tra i due tipi di legami e che questa giustificasse alcuni dei comportamenti esclusivi dell'acqua, compreso il suo modo speciale di legarsi alle molecole biologiche.

La teoria di Pauling è stata confermata sperimentalmente nel 1998 da **Eric Isaacs** e dai suoi collaboratori dei laboratori Bell a Murray Hill (New Jersey).

Bombardando cristalli di ghiaccio con raggi X, i ricercatori hanno scoperto che i legami idrogeno sono al 90% elettrostatici, mentre il 10% di essi si mescola con legami covalenti adiacenti (con gli atomi che condividono i loro elettroni) (Consigli, 2005).

Recenti studi stanno dimostrando che le molecole d'acqua hanno la proprietà di organizzarsi in cluster in base ai campi elettromagnetici ai quali vengono sottoposte. L'acqua liquida non appare più come un fluido omogeneo.

“Ci sono decine di anomalie nell'acqua. Una cosa assolutamente certa è che non potrebbe avere queste caratteristiche insolite se non avesse una particolare struttura. Le anomalie dell' acqua sono

la nostra migliore chiave per capire la sua configurazione così unica....” (Martin Chaplin)

Nell'ultimo secolo tutte queste “anomalie” sono state oggetto di studio con l'obiettivo di descrivere la struttura dell'acqua per comprendere meglio il suo comportamento.

Le prime misure effettuate ai raggi X, intorno agli anni '30, portarono, infatti, a pensare che la struttura dell'acqua liquida fosse simile a quella del ghiaccio e partendo da questa ipotesi furono sviluppate varie teorie (Roentgen, 1891) e modelli classificabili in 3 grandi famiglie: continui, discontinui, statistici (Licata, 2012); caratterizzati rispettivamente:

1. da una rete molecolare con legami idrogeno distorti (Pope).
2. da aggregati molecolari (clusters) fluttuanti all'interno di una fase libera (Frank e Wen).
3. da simulazioni che hanno cercato di descrivere, dalla fine dell'Ottocento in poi, il comportamento fisico dell'acqua.

Nel 1891 **Wilhelm Roentgen**, scopritore dei raggi X, propose un modello di acqua liquida composto da due fasi (liquida e “ghiacciata”), costruito in modo da accordarsi con il comportamento osservato dei coefficienti di solubilità dei “buoni” soluti con la temperatura (Roentgen, 1891).

Roentgen suppose, infatti, che l'acqua fosse composta da due differenti tipi di molecole, che egli chiamò “super-cooled molecules” e “water molecules”.

Le prime, come avviene per il ghiaccio, formano una massa meno densa rispetto alle “water molecules”.

Quando la temperatura aumenta, il numero delle “super-cooled molecules” diminuisce e il numero delle seconde aumenta.

Nel 1933 **Bernal e Fowler** formularono l'ipotesi della coordinazione tetraedrica delle molecole nell'acqua liquida che le attribuisce uno

stato semi-cristallino che presenta due tipi di strutture:

1. una struttura viscosa che richiama quella del ghiaccio e che ha una configurazione esagonale della “tridimite” (una forma cristallina della silice) e quasi esclusiva tra 0 a 4°C;

2. una struttura, meno viscosa, vicina a quella del quarzo, fino all’ebollizione. Nell’acqua, però, esistono anche molecole H₂O che formano tra loro 3,2,1 oppure nessun legame idrogeno, in percentuali relative che sono funzioni della temperatura a parità di quantità di H₂O, nell’acqua a 50°C esistono ~50% dei legami idrogeno esistenti nel ghiaccio (Silvestroni, 1996).

Nel 1957 **Franck e Wen** introdussero quella che viene considerata oggi la visione classica dell’interazione acqua-acqua ovvero il “flickering cluster model”.

I due postularono una risonanza del legame idrogeno, fra legame elettrostatico e legame covalente, che porta alla formazione e distruzione di aggregati di molecole di acqua legate tetraedricamente con legami dipolari.

In questo modello, dall’acqua circostante si creano clusters di molecole d’acqua. Feedback positivi portano i cluster a crescere fino ad una dimensione critica per poi disperdersi spontaneamente. Anche se obsoleto, il modello del raggruppamento instabile appare ancora in molti libri di testo per descrivere la fase bifasica dell’acqua, composta da alcuni raggruppamenti con i legami idrogeno e da alcune molecole non associate dell’acqua liquida.

Gli studi condotti da **G. Nemethy e H. Sheraga** (1962) giunsero alla conclusione che gli aggregati a struttura tetraedrica di molecole H₂O presenti nell’acqua liquida fossero costituiti da un numero di molecole variabili, con la temperatura da ~25 (70°C) a ~100 (100°C). I predetti autori hanno anche calcolato le percentuali di molecole d’acqua che non fanno parte degli aggregati e che danno luogo a 1, 2, 3 legami H, ottenendo infine, con elaborazioni teoriche del loro modello, valori delle funzioni termodinamiche nell’acqua liquida, in accordo soddisfacente con quelli ottenuti sperimentalmente.

Nei modelli continui, presentati per la prima volta da **John Pople** (1951), l'acqua liquida è vista come un interrotto reticolo tridimensionale di molecole legate mediante legami idrogeno, posti su coordinate tetraedriche; sulle perturbazioni termiche, elettriche e steriche producono piuttosto che una rottura, una curvatura ed uno stiramento.

Secondo **M. Mathouthi** (1986) quando la temperatura dell'acqua si eleva, i legami idrogeno si spezzano sempre più e le associazioni molecolari cominciano a disgregarsi.

Le agitazioni di tipo termico (caotiche) diventano sempre più preponderanti rispetto allo spiegamento dinamico (organizzato). Tuttavia, a 100°C l'acqua liquida comprende ancora sempre una forte proporzione di legami idrogeno; questo fatto è avvalorato dal calore latente di vaporizzazione e dalla costante dielettrica dell'acqua, entrambe elevate a questa temperatura.

Il **dr. Mu Shik Jhon** (2004), padre della teoria sulla struttura esagonale dell'acqua liquida, ha ipotizzato un modello in cui nell'acqua liquida le molecole sono caratterizzate da una struttura tetraedrica che può ulteriormente organizzarsi in configurazioni più complesse. Le molecole d'acqua, infatti, assumerebbero stabilità unendosi in gruppi di molecole di varie dimensioni, secondo anelli pentagonali e per lo più esagonali che risulterebbero essere i più stabili.

Il dr. Jhon nelle sue ricerche sulla struttura dell'acqua si è avvalso del metodo di risonanza magnetica nucleare (NMR), uno dei pochi sistemi in grado di verificare la dimensione molecolare. Bisogna però tenere presente che la struttura dell'acqua liquida non è fissa come quella del ghiaccio.

Di conseguenza il dr. Jhon individua nella temperatura uno dei fattori in grado di determinare se l'acqua sia combinata in forma esagonale o pentagonale. A 10°C il 22% di acqua ha le caratteristiche esagonali così come a 0°C il 26%. In alcuni casi, quando si arriva tra -30°C e -40°C l'acqua raggiunge lo stato "super cooled" in cui le strutture esagonali rappresentano il 100% (Jhon, 2004).

In Inghilterra **Martin Chaplin**³ della London South Bank University, presenta un modello con un livello più alto di organizzazione. Chaplin suggerisce che l'acqua liquida sia costituita da due tipi di nanocluster mescolati.

Un tipo è vuoto come una conchiglia, e più o meno compresso, mentre il secondo è piuttosto solido e più regolarmente strutturato. Le molecole di acqua hanno la capacità di cambiare rapidamente tra queste due fasi e sotto certe specifiche condizioni; il numero medio di molecole in ogni categoria rimane la stessa.

Chaplin propone un modello in cui i cluster si organizzano in strutture a icosaedro, composte da 280 molecole d'acqua (Chaplin, 2000).

Anche il lavoro condotto da **Anders Nilsson**, della Stanford University, e **Lars Petterson** (2004) dell'Università di Stoccolma conferma la presenza di una struttura bifasica dell'acqua liquida.

Il loro modello pone due tipi di acqua liquida coesistenti: strutture come quelle presenti nel ghiaccio o catene contenenti fino a circa 100 molecole, e un tipo disordinato di organizzazione molecolare che circonda queste strutture ordinate.

Gli autori prevedono una sorta di mare disordinato, contenente anelli e catene di atomi di idrogeno e di ossigeno.

Il modello proposto da **Emilio Del Giudice e Giuliano Preparata** (1988) è caratterizzato da una scala più ampia di cluster. Sulla base della teoria quantistica del campo, I fisici italiani descrivono domini di coerenza di dimensioni inferiori al micron di acqua, ognuno dei quali può contenere molti milioni di molecole.

I legami tra le molecole d'acqua all'interno di tali domini possono essere pensati come antenne che ricevono energia elettromagnetica dall'esterno.

Con tale energia, le molecole d'acqua possono rilasciare elettroni, rendendoli disponibili per le reazioni chimiche.

La dimensione dei domini di coerenza corrisponde alla lunghezza d'onda del campo coerente e, nel caso dell'acqua, corrisponde a circa 1/10 micron (Spaggiari, 2005).

3 <http://www1.lsbu.ac.uk/water/molecule.html>

Per ogni dato valore della temperatura, e quindi per un dato numero di collisioni con le molecole dell'ambiente, una frazione delle molecole d'acqua "perde il ritmo" e va ad alimentare una frazione non coerente che, come un gas denso, circola negli interstizi tra i domini di coerenza.

Il restante 60% di acqua non è dominato dal campo magnetico coerente e rappresenta appunto la frazione non coerente che si comporta come un sistema fisico che segue le leggi dei gas.

La frazione di acqua coerente è organizzata in complesse strutture in grado di interagire con segnali elettromagnetici estremamente deboli e costituire il mezzo di trasporto dell'informazione elettromagnetica. Quindi, la frazione coerente può ricevere e trasportare informazione elettromagnetica, mentre la parte non coerente, ugualmente fondamentale per la vita, rappresenta il solvente degli ioni e degli elementi fondamentali per l'economia cellulare (Del Giudice et.al., 1998).

Un modello popolare, che si basa sulle associazioni inerenti a tutti i modelli precedenti, viene proposto dal fisico **Eugene Stanley** della Boston University (Stanley, 2013).

Stanley suggerisce che l'acqua abbia due stati distinti, a bassa e ad alta densità.

Questa distinzione appare più chiara nell'acqua super raffreddata, una fase metastabile detta "supercooled" senza che avvenga il congelamento. L'acqua a bassa densità ha una struttura tetraedrica aperta, mentre l'acqua ad alta densità ha una struttura più compatta. I due stati si interscambiano dinamicamente tra loro.

Il gruppo di ricercatori dell'**Università di Firenze** (Andrea Taschin, Paolo Bartolini, Roberto Righini, Renato Torre), in collaborazione con un ricercatore (Roberto Eramo) dell'Istituto Nazionale di Ottica del Consiglio Nazionale delle Ricerche presso i laboratori del Lens (Laboratorio Europeo di Spettroscopia non Lineare), ha raggiunto conclusioni analoghe indagando le proprietà dell'acqua "supercooled", grazie all'utilizzo della spettroscopia ultraveloce, basata su sorgenti laser a femtosecondi⁴ (per 10-15 secondi).

4 Un femtosecondo è un'unità di tempo pari ad un milionesimo di

La misura delle vibrazioni intermolecolari ha rilevato la presenza di due principali organizzazioni molecolari: una caratterizzata da un elevato ordine tetraedrico dei legami a idrogeno, molto simile a quelle presenti nel ghiaccio, e un'altra che mostra forti distorsioni del reticolo locale e dunque strutture meno ordinate e più compatte.

Un altro modello a due stati si basa sul fatto che le molecole di acqua possano esistere come immagini speculari.

Cioè, una frazione di molecole d'acqua è nella "mano sinistra", mentre l'altro nella "mano destra".

I principali fautori di questa teoria sono il russo **Sergey Perscin** e gli israeliani **Meir Shinitzky e Yosi Scolnik**. Essi sostengono che le proporzioni relative di queste due specie siano in grado di spiegare le diverse caratteristiche dell'acqua.

Il modello strutturalmente più complesso è stato avanzato da **Rustum Roy**, che sottolinea l'eterogeneità della struttura dell'acqua, nonché la facilità delle sue molecole di interscambiarsi con pochissima energia.

Secondo Rustum Roy esistono numerose differenti strutture dell'acqua liquida nel range di osservazioni e processi incontrati nell'intorno delle condizioni ambientali. Un tipico campione d'acqua in questo range di esperimenti è costituito senza dubbio da un assemblaggio, determinato statisticamente e meccanicamente, di monomeri ed oligomeri (cluster) di varie dimensioni che arrivano fino ad almeno diverse centinaia di unità di H₂O.

Si ipotizza che, oltre al ben noto legame idrogeno, sia necessaria la presenza di un ampio range di legami di "van der Waals" tra le varie unità strutturali.

È questa gamma di legami molto deboli che potrebbe spiegare la facilità con cui l'acqua modifica la sua struttura.

Questa ipotesi potrebbe anche contribuire a rendere comprensibili le ben note anomalie dell'acqua.

Tali legami deboli nelle forme più sottili permetterebbero anche di illustrare i cambiamenti della struttura dovuti ai campi elettrici,

miliardesimo di secondo che corrisponde al tempo necessario ad un elettrone per passare da un atomo all'altro

magnetici e per l'irraggiamento di tutte le tipologie energetiche, incluse eventualmente le cosiddette "energie sottili" (Roy, 2005).

L'aspetto altamente innovativo della ricerca di Rustom Roy risiede nel cambiamento di paradigma in cui è prevalentemente la struttura e non tanto la composizione chimica a determinare in maniera fondamentale le proprietà dell'acqua.

Questa teoria, come riportato in seguito, è alla base dell'omeopatia. L'acqua può, secondo la tesi di Roy, cambiare le sue proprietà e la sua organizzazione strutturale piuttosto facilmente, in maniera non lineare, senza che avvenga alcun cambiamento nella sua composizione.

La struttura dell'acqua liquida è vista come eterogenea alla nano scala; un organismo al cui interno si trovano regioni, o cluster, o "oligomeri", causa delle diverse strutture che si formano a un solo grado Celsius sotto la temperatura critica (Roy, 2005).

La concentrazione dei diversi cluster o frammenti simili al ghiaccio presenti nell'acqua liquida tra i 3 e i 4 ° C, è molto più alta rispetto a quella presente a temperatura ambiente.

Questa tesi, avanzata da Rustom Roy, potrebbe in qualche modo spiegare le caratteristiche proprietà dell'acqua a 4°C, evidenziate da Schauburger e Schwenk.

Questi cluster inoltre non scompaiono in seguito alla rottura dei legami a idrogeno tra le varie molecole ma si trovano in un equilibrio termodinamicamente stabile. Possono quindi individuarsi delle sovrastrutture che si mantengono nonostante l'interscambio delle singole molecole, come avviene ad esempio per la macrostruttura del corpo umano (che si mantiene al cambiare delle singole molecole al suo interno).

La struttura "ordinata" dell'acqua è stata evidenziata anche da **Mae-Wan Ho** attraverso le osservazioni al microscopio ottico polarizzatore a luce trasmessa, sul corpo di varie larve animali.

Questa tecnica è particolarmente diffusa nell'analisi delle strutture ordinate dei minerali.

Mediante l'uso della luce polarizzata Mae-Wan Ho ha osservato nel corpo della larva un allineamento delle molecole nelle cellule e nei

tessuti.

Dal momento che la luce oscilla molto più velocemente del moto delle molecole, esse appaiono allineate alla luce che le attraversa in ogni istante, fin quando il moto molecolare è coerente (Mae-Wan Ho, 1993).

Queste osservazioni evidenziano come all'interno delle cellule e dei tessuti l'acqua appaia ordinata strutturalmente e quindi come ci possa essere una forte relazione tra struttura e qualità dell'acqua.

Il Gruppo di Ricerca guidato da **J. Muncan**, dell'Università di Belgrado, ha studiato diverse tipologie di acque di sorgente e acque minerali mediante i metodi di interazione luce-materia, ovvero attraverso la spettroscopia IR (applicando l'approccio Aquaphotomics) e attraverso la spettroscopia Opto-magnetica.

I risultati evidenziano che le acque analizzate hanno una loro struttura peculiare e rispondono in maniera differente a cambiamenti delle condizioni ambientali (pressione atmosferica, temperatura e umidità) (Muncan, 2012).

Gli studi sulla struttura dell'acqua e sulle possibili qualità della cosiddetta acqua strutturata sono andati moltiplicandosi negli ultimi anni, contribuendo ad aggiungere dei pezzi al complesso puzzle sulla comprensione del comportamento dell'acqua.

Grazie a queste nuove scoperte è possibile definire l'acqua come un sistema dissipativo complesso in cui sono riconoscibili delle sovrastrutture che determinano l'organizzazione molecolare in una struttura composta da due fasi.

L'indagine su quello che viene definito comportamento sociale dell'acqua è quindi fondamentale per comprendere, attraverso una lente olistica e allargata, la natura e le proprietà di questa risorsa così stupefacente.

Di seguito sono presentate in modo approfondito le teorie sul comportamento molecolare dell'acqua ritenute di particolare interesse per questo percorso di ricerca.

TEORIA QUANTISTICA DEI CAMPI

L'applicazione della teoria quantistica dei campi allo studio del comportamento dell'acqua costituisce un cambiamento radicale di paradigma, una visione olistica non atomistica, che cerca di comprendere la realtà delle cose nel suo insieme.

Questo approccio ha spinto Emilio Del Giudice, Giuliano Preparata e tanti altri ricercatori a studiare sotto altre ottiche l'acqua e le sue caratteristiche.

“L'acqua è un insieme di due fluidi, c'è una parte dello spazio con queste molecole che si muovono in fase, ma esistono anche regioni in cui si addensano “gli esuli”, cacciati da fluttuazioni termiche particolarmente forti: la frazione non coerente cresce con l'aumento di temperatura, in essa le molecole si muovono come un gas, dando luogo all'entropia, ossia la temperatura osservata del liquido. Il sistema coerente ha entropia e temperatura zero.

L'esistenza di queste frequenze non coerenti è importante anche per la vita: nel sistema coerente possono infiltrarsi degli “ospiti”, cioè molecole non di acqua; ma in un sistema coerente tutte le molecole si devono muovere con lo stesso ritmo... per cui gli intrusi vengono cacciati, e una coerenza locale diventa nemica di una coerenza universale” (Del Giudice, 2005).

Questa è un'anomalia rispetto al modo classico di studiare tali fenomeni.

Roberto Germano, per spiegare questo paradosso, utilizza una metafora molto efficace paragonando un insieme disgiunto di molecole di un gas ad un cumulo di mattoni. *“Orbene – dice Germano – per fare un palazzo con questi mattoni, non soltanto non devo fare nulla, ma ottengo energia gratis!! Costa di meno avere il palazzo che i mattoni separati!!” (Germano, 2007).*

Il modello generalmente accettato assume che le molecole d'acqua siano connesse tra di loro attraverso i “ponti-idrogeno” che sorgerebbero dai loro atomi idrogeno, che si suppone verrebbero abbandonati dagli elettroni migrati nella nuvola elettronica della molecola.

Secondo il modello classico, gli atomi idrogeno abbandonati divengono una sorgente di attrazione delle nuvole elettroniche delle molecole adiacenti che, rigonfiandosi verso l'esterno, danno origine a un ponte insieme al nucleo dell'Idrogeno.

Rispetto a questo fenomeno Emilio Del Giudice e Giuliano Preparata, nel tentativo di descrivere l'acqua attraverso la Teoria Quantistica dei Campi, si sono domandati da dove potesse arrivare l'energia necessaria per la ristrutturazione delle molecole coinvolte (Germano, 2007).

La fisica quantistica interpreta infatti i ponti-idrogeno come la conseguenza della dinamica della coerenza quantistica elettrodinamica che conduce il gas a collassare in liquido, e non come la causa della coesione del liquido.

Nei processi biologici le molecole seguono dei codici chimici (es. DNA, Ciclo di Krebs, Respirazione, etc.) che portano una data molecola ad interagire unicamente con una molecola predefinita. Del Giudice e Preparata si sono quindi chiesti quale sia la dinamica fisica che dà luogo a questo ordinamento, ovvero che fa sì che la molecola interagisca solo con una data e non con le altre.

La risposta a queste domande arriva dall'applicazione della fisica quantistica dei campi per descrivere il modello molecolare dell'acqua e il suo comportamento.

Alla luce della fisica quantistica l'acqua assume la forma di un sistema complesso autopoietico descritto da una struttura costituita da due fasi: coerente e incoerente.

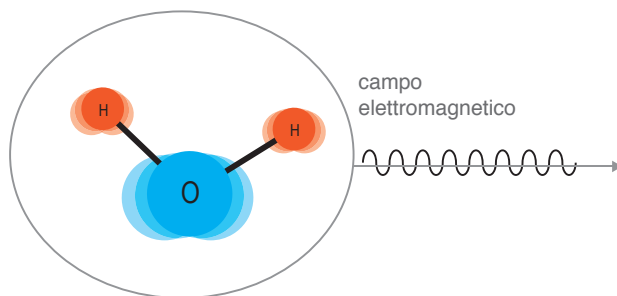
E' bene a questo punto introdurre il teorema postulato da Giuliano Preparata (1995) che racchiude anni di sperimentazioni e il lavoro di molti scienziati.

“Dato un campo elettromagnetico esteso con frequenza F_0 e due molecole con frequenza rispettivamente F_1 e F_2 , se le frequenze di queste molecole sono differenti non “succede nulla”, ovvero possono avvenire interazioni di corto raggio. Se le frequenze di tali

molecole e del campo sono uguali allora le molecole si attraggono con una forza molto grande.

Questo può avvenire anche a distanza, in funzione delle dimensioni del campo.

Esiste quindi un principio di selezione che può avvenire anche a grande distanza dando quindi una spiegazione della rapidità delle reazioni biologiche”.



le molecole sono costituite da particelle cariche che sono costantemente in moto oscillatorio.
Le particelle emettono e assorbono campi elettromagnetici la cui frequenza è connessa con le proprietà delle particelle

Sulla base di questo teorema, il gruppo guidato da Del Giudice ipotizza l'esistenza di un campo elettromagnetico di background con una data frequenza che è in grado di attirare le molecole che vibrano alla stessa frequenza⁵.

Queste si incontrano e danno luogo a reazioni chimiche che interagiscono con il campo elettromagnetico di background, che modificherà ulteriormente la sua frequenza attirando altre molecole e così via.

In questo modo si spiega l'autorganizzazione del sistema.

Le oscillazioni delle molecole producono automaticamente un campo elettromagnetico.

Secondo i calcoli effettuati da Giuliano Preparata (Preparata, 1995), c'è una soglia di densità della materia oltre la quale avviene una "transizione di fase superradiante": il sistema si riorganizza e raggiunge una nuova configurazione stabile, in cui il campo di materia e il campo elettromagnetico oscillano coerentemente ad una frequenza comune.

⁵ Due frequenze sono definite uguali se la loro differenza è minore del rumore termico Kt

Questo porta ad avere un grosso guadagno energetico proporzionale alla densità, quindi la densità aumenta enormemente fino al valore limite determinato dalle forze repulsive legate al principio di Pauli, nonché a quelle legate alla repulsione di Coulomb (Germano, 2007).

“Dal mio studio venne fuori un’acqua completamente diversa: l’horror quietis porta le molecole dell’acqua ad oscillare nel loro stato più basso, con frequenze caratteristiche: la singola molecola è come una radio che manda una radiazione elettromagnetica di frequenza ben precisa... proprio quella su cui oscillano tutte!

Abbiamo 10 elevato a 23 oggetti per centimetro cubo che oscillano tutti alla stessa frequenza! Le molecole danzano in fase, si crea un campo elettromagnetico che le tiene insieme, per cui le molecole si conoscono le une con le altre, proprio come radio che comunicano la loro musica a distanza, producendo una grande armonia.

Anche nel laser c’è, ma c’è perché una grande energia viene confinata con delle cavità ottiche, senza le quali non funzionerebbe. Nell’acqua invece avviene spontaneamente, in virtù delle variabili termodinamiche, temperatura e densità.

Un mondo caotico quindi diventa un mondo di armonia, in cui l’interazione fondamentale è a lungo raggio, e condensa un campo elettromagnetico potentissimo che mantiene questo ordine infinitamente.

Mi sembra l’archetipo della vita: da un insieme slegato di oggetti individuali, a un oggetto che è un tutto... questo avviene spontaneamente ed è infinitamente stabile, pensate alla vita eucariota che è diventata procariota.

Questi tipi di comportamenti coerenti ci permettono di chiarire una serie di cose mai capite, come l’esistenza dei superconduttori o dei superfluidi o, addirittura, della calamita, che ancora oggi non aveva una spiegazione” (Preparata, 2005).

La struttura dell’acqua descritta dall’elettrodinamica quantistica presenta quindi una fase incoerente e una fase coerente.

Uno degli aspetti sicuramente più significativi della teoria avanzata

da Del Giudice e Preparata risiede nella considerazione dell'acqua come un unicum; grazie ad una visione olistica è possibile osservare comportamenti dell'acqua che la focalizzazione sulle singole molecole non permette.

La fase incoerente è costituita da molecole d'acqua nello stato fondamentale (ground state), come nella fase gassosa (vapore d'acqua); tali molecole sono disposte densamente negli interstizi attorno a dei grandi raggruppamenti in cui le molecole interagiscono coerentemente con un intenso campo elettromagnetico classico.

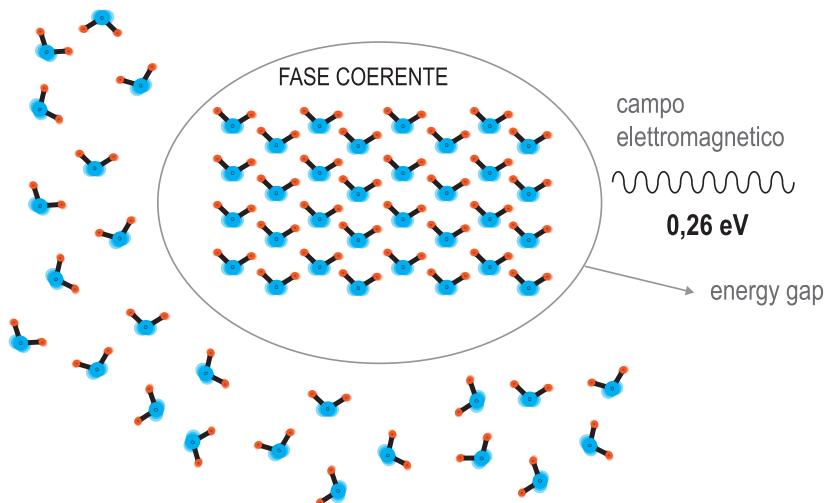
Nella parte incoerente dell'acqua, che caratterizza la sua plasticità, si trascina il sistema di ioni studiato, per i suoi aspetti di coerenza, dallo stesso Preparata, in collaborazione con Del Giudice e Fleischmann (Del Giudice et.al., 1999).

L'importanza degli ioni nel sistema energetico cellulare è universalmente riconosciuto e la nuova fisica dell'acqua getta finalmente luce sulla loro formazione e dinamica.

La fase coerente è costituita da domini di coerenza.

Tali domini hanno un raggio di circa 250 Å (25 nm) ed i rispettivi centri distano tra loro di circa 750 Å (75 nm).

FASE NON COERENTE



al di là di una soglia di densità le molecole d'acqua si condensano in un liquido formato da un insieme di grandi aggregati, denominati domini di coerenza, all'interno dei quali oscillano all'unisono tra due configurazioni della loro nuvola elettronica, producendo un campo elettromagnetico oscillante con la stessa frequenza e incapace di separarsi da esse finché il regime coerente dura.

I domini di coerenza sono sopravvissuti all'attacco delle fluttuazioni termiche che tendono a imporre loro il disordine; essi presentano una densità simile a quella del ghiaccio.

Tutte queste molecole oscillano in fase con un campo elettromagnetico auto generato, del valore di 0,26 eV.

La parte coerente, altamente strutturata in forma tetraedrica, che simula il così chiamato legame idrogeno, genera strutture magnetiche capaci di interagire in principio con segnali elettromagnetici deboli ed immagazzinare le informazioni che trasportano (Del Giudice, 2005).

Secondo la struttura bifasica qui descritta, i ponti-Idrogeno sono gli effetti della dinamica coerente nell'acqua liquida, che rimescola le nuvole elettroniche producendo così le protuberanze.

La formazione di un insieme di Domini di Coerenza è accompagnata dall'espulsione dei soluti, inclusi i gas atmosferici, dal loro interno cosicché, nel preciso momento della formazione del Dominio di Coerenza, all'interno della massa d'acqua appare una micro-bolla.

Nella normale acqua lontana dalle pareti le micro-bolle appaiono e spariscono in modo fluttuante, rispecchiando la distribuzione spaziale fluttuante dei Domini di Coerenza.

Al contrario, nelle acque in cui la coerenza estesa viene stabilita, la distribuzione spaziale dei Domini di Coerenza diventa molto meno fluttuante e questo è rispecchiato da una distribuzione spaziale ordinata, non fluttuante, delle micro-bolle.

Poiché la nascita di una coerenza estesa dell'acqua liquida dipende dalla presenza di molecole non acquose, un utile sistema-modello non biologico è fornito dalle rocce che contengono acqua. In accordo con la dinamica descritta in precedenza, l'acqua nelle rocce, attraverso le reazioni chimiche tra i carbonati e i gas atmosferici, produce acqua che ha una più alta coerenza della normale massa d'acqua lontana dalle pareti.

I fenomeni particolari osservati nell'acqua che viene dalle sorgenti, localizzate nelle grotte, possono essere analizzati proprio in questo contesto (Germano, 2007).

Si rimanda in seguito l'analogia tra i domini di coerenza e la

cosiddetta Exclusion Zone descritta da Pollack (Pollack, 2001).

L'acqua a 4° centigradi sembra avere una maggiore coerenza.

La coerenza interviene, infatti, quando il sistema cede una parte della propria energia all'ambiente, consentendo l'organizzazione di una coerenza di coerenze delle parti che lo compongono.

Diminuisce anche la viscosità dinamica causata dalla rotazione in fase dei domini di coerenza con forte calo della coesione tra loro. Questo fenomeno è stato osservato anche attraverso l'impiego della vortex technology.

Le molecole presenti negli interstizi tra i domini di coerenza, se vibrano alla stessa frequenza, possono essere attratte e dar vita a delle reazioni.

“L'energia prodotta da queste reazioni, ai bordi della regione coerente, non se ne va in forma di calore, ma in forma di onde e può dar luogo a una forma di coerenza.

La chimica e l'elettromagnetismo si incastrano l'una nell'altro, nel senso che le molecole non interagiscono casualmente, ma si incontrano per un principio di risonanza elettromagnetica, se le loro frequenze di oscillazione rispetto al campo si accordano. Per cui ci sono attrazioni privilegiate che daranno luogo a reazioni chimiche favorite rispetto ad altre.

Nell'acqua liquida semplice, la frequenza oscillatoria del campo responsabile della coesione delle molecole è una sola; quando abbiamo a che fare con più sistemi, ognuno con la sua frequenza, tenendo presente anche che cambiano nel tempo, cominciamo ad avere un insieme di 'note' che variano nel tempo e non sono più singole, ma accordi, voci, messaggi. Sembra l'archetipo della vita: da un insieme slegato di oggetti individuali, a un oggetto che è un 'tutto'. Questa può essere una delle strade per capire l'emergere della coscienza dalla materia” (Del Giudice, 2005).

L'energia emessa da queste reazioni chimiche può trasformarsi in alimentazione di eccitazioni elettromagnetiche, che a loro volta portano il gioco più lontano.

Un altro significativo sistema-modello è stato fornito da A. Tedeschi, che è stato capace di osservare mutamenti nelle proprietà fisiche dell'acqua liquida stimulate dagli eventi biologici che capitano al loro interno.

Questi eventi erano la risposta delle foglie e delle alghe sottilmente triturate, quindi biologicamente irritate, in modo da esaltare il più possibile la loro dinamica vivente.

In accordo ai risultati di Montagnier (2009), è concepibile che, in queste condizioni, segnali elettromagnetici potrebbero essere emessi dal sistema vivente, mutando allora la fase dei Domini di Coerenza dell'acqua.

Secondo il modello elaborato da Tedeschi, l'acqua trattata nel modo precedente mantiene le sue proprietà per un lungo periodo e, quindi, diventa capace di rispondere all'ambiente molto di più di quella non trattata.

È possibile che quest'ultima proprietà possa segnalare l'emergenza di un più alto livello di coerenza interna, una sorta di "Super Coerenza" come l'ha definita lo stesso Tedeschi.

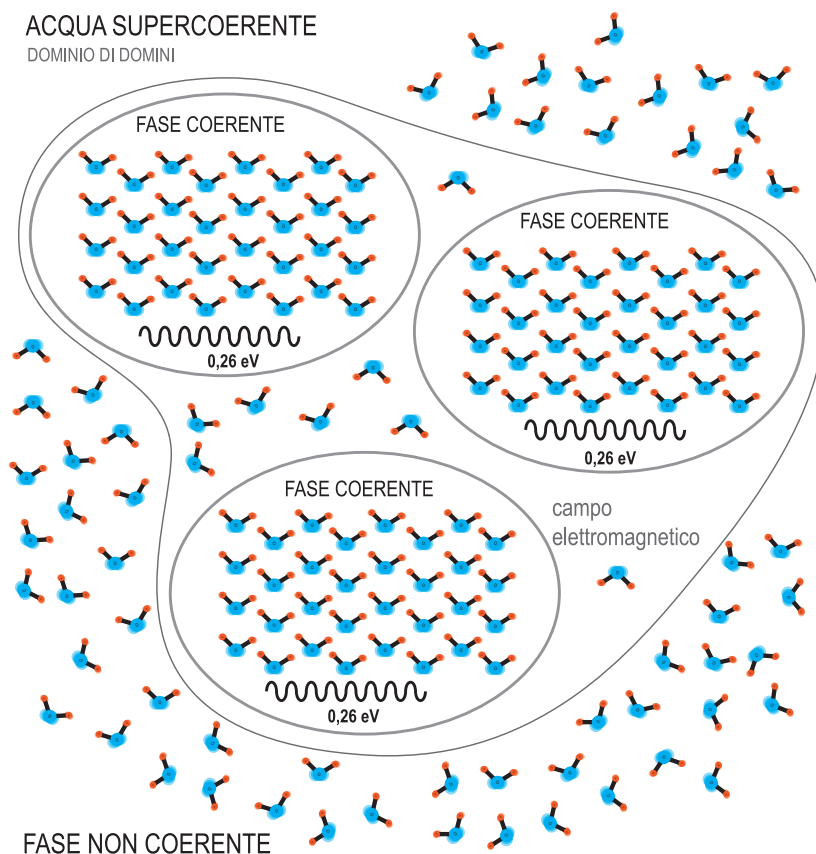
Attraverso il suo accoppiamento con l'ambiente, quest'acqua diventa un metodo efficiente per trasmettere informazione agli organismi viventi (Tedeschi, 2010).

La Teoria Quantistica dei Campi ha prodotto una visione dell'acqua liquida come di un mezzo che, per una peculiarità dello spettro elettronico della molecola, si rivela uno strumento essenziale per comunicazioni a grande distanza, essendo capace di mutare la sua organizzazione supramolecolare in accordo all'interazione con l'ambiente.

I campi elettromagnetici, intrappolati nei Domini di Coerenza e nelle loro reti coerenti, producono potenziali elettromagnetici governanti la fase dell'intero sistema, che a sua volta dà luogo ad attrazioni selettive tra le molecole dissolte.

In questo modo una rete di reazioni biochimiche (soma) e una informazione che si sviluppa con il tempo si evolvono simultaneamente, conducendo all'apparizione di quell'auto-

ACQUA SUPERCOERENTE DOMINIO DI DOMINI



consistenza che apre una nuova prospettiva per auto-mantenere e stabilizzare il sistema.

La possibilità di stati eccitati coerenti dei Domini di Coerenza dell'acqua apre un'affascinante prospettiva: la possibilità di coerenza tra Domini di Coerenza dell'acqua.

In questo modo, molte regioni coerenti – ognuna avente una taglia di 0,1 micron – potrebbero dar luogo a regioni coerenti molto più estese, come succede negli organismi viventi.

Può emergere una gerarchia di regioni organizzate, ognuna contenuta nella precedente.

Di fatto, questa possibilità vale soltanto per liquidi in cui la componente eccitata dello stato coerente giaccia proprio al di sotto della soglia di ionizzazione e questo è proprio il caso peculiare dell'acqua.

Tuttavia questa prospettiva può diventare reale soltanto se un certo

numero di condizioni sono soddisfatte.

La rete coerente di Domini di Coerenza dell'acqua diventa allora un candidato per essere un sistema dissipativo, come descritto da Prigogine (Del Giudice et.al, 2009).

L'esistenza di una struttura dissipativa costituita da un insieme coerente di Domini di Coerenza dell'acqua, la cui coerenza estesa dipende dalla presenza in essa di molecole ospiti non acquose, fornisce a questo liquido la capacità di comunicare con l'ambiente (Del Giudice et.al, 2010).

Il modello proposto da Del Giudice e Preparata costituisce sicuramente un'avvincente illustrazione del comportamento sociale dell'acqua in grado di spiegare molte di quelle che vengono ad oggi ritenute delle anomalie secondo il modello tradizionale.

Vi è quindi una crescente evidenza a favore delle basi fisiche dell'approccio proposto da Del Giudice.

Questa teoria apre inoltre delle affascinanti considerazioni di carattere filosofico e sociale come ben riporta Emilio Del Giudice:

“Il dogma che gli individui sono sempre gli stessi qualunque sia la società di cui sono membri si rivela, almeno a livello molecolare, falso. Supponete che esista qualcosa che sia il sé delle molecole; nel gas sperimenta la sua configurazione di minima energia, quando passa al liquido sperimenta un'altra parte di sé, l'oscillazione di cui non aveva la minima consapevolezza finché non si fosse iniziato quel processo collettivo. Inoltre gli individui hanno perso una libertà fondamentale: non possono più oscillare indipendentemente come nel gas, ma nel liquido almeno in parte sono bloccati, non abbiamo più l'esistenza di una folla, ma di un “corpo” liquido.” (Del Giudice, 2005)

ACQUA INTERFACCIALE e LA QUARTA FASE DELL'ACQUA

Le proprietà dinamiche e di struttura dell'acqua alle interfacce costituiscono un ambito di studio molto interessante che ha visto negli ultimi anni il moltiplicarsi di teorie e modelli volti a spiegare le interazioni su lungo e medio raggio tra le superfici e le molecole d'acqua.

Il comportamento dell'acqua alle interfacce riveste un ruolo centrale per comprendere i meccanismi biologici e fisiologici, ma anche per il trattamento di purificazione dell'acqua e la sua depurazione. La maggior parte delle interazioni molecolari nei sistemi viventi avviene, infatti, in ambiente acquoso, e le strutture geologiche sono costantemente esposte all'acqua.

L'interazione delle superfici idrofile con i liquidi e le soluzioni a contatto con esse rendono le proprietà dell'acqua interfacciale diverse da quelle dell'acqua della zona centrale (Mante et al. 2014; Israelachvili & Wennerstrom 1996).

Questa interazione è stata recentemente indagata con tecniche ultrasoniche al fine di ottenere una mappatura completa delle proprietà viscoelastiche e della densità in tutta la zona d'acqua all'interfaccia con superfici idrofile (Mante et al. 2014).

In particolare si è osservato che l'acqua interfacciale risulta essere cinque volte più densa, due volte più rigida nonché più viscosa dell'acqua della zona centrale, rivelando una struttura "solid-like" e forti interazioni tra le molecole d'acqua e la particolare superficie idrofila indagata.

Altri risultati sperimentali, riguardanti l'analisi della struttura dell'acqua in prossimità di membrane fosfolipidiche, suggeriscono che le molecole di acqua interfacciale si orientino in accordo con la carica netta delle teste fosfolipidiche di tali membrane (Chen et al. 2010).

Le teorie e i modelli avanzati fanno riferimento generalmente alle proprietà caratteristiche delle molecole d'acqua dividendosi tra quelle che non riconoscono un particolare ruolo alla sua struttura (Israelachvili e Wennerstrom, 1996), a quelle che invece prevedono

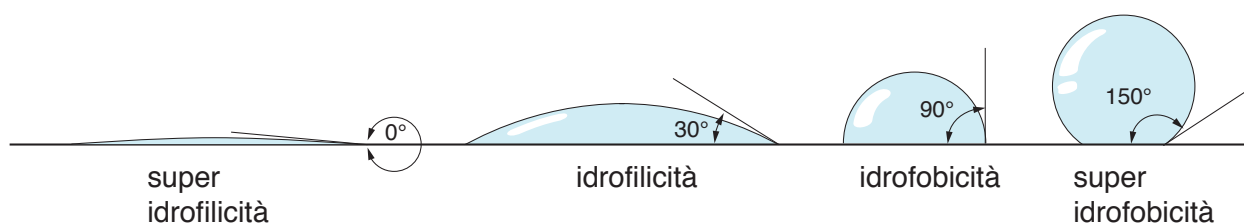
addirittura la presenza di una quarta fase dell'acqua (Pollack, 2013).

Israelachvili e Wennerstrom, ad esempio, considerano l'acqua come un liquido ordinario le cui molecole di piccole dimensioni stabiliscono forti interazioni intramolecolari con le superfici e le molecole in soluzione, senza tuttavia formare particolari strutture.

Al contrario, diverse ipotesi suggeriscono che la struttura che le molecole d'acqua assumono in fase liquida possa avere un ruolo fondamentale per spiegare le forze attrattive e repulsive fra le superfici di due particelle disciolte in acqua (Franks, 1981; Davenas, 1988).

L'interesse per questo progetto di ricerca si focalizza in particolar modo sull'indagine dell'interazione tra le superfici idrofile e l'acqua, con l'obiettivo di meglio comprendere il comportamento di esclusione dei soluti dall'area interfacciale che corrisponde a una sorta di autodepurazione dell'acqua.

L'influenza delle superfici idrofile sul comportamento dei soluti a distanze relativamente macroscopiche era già stato evidenziato da precedenti studi (Kepler e Fraden, 1994; Crocker and Grier, 1996; Xu e Yueng, 1998), lasciando intendere che si tratta di un fenomeno noto.



Il grado di idrofilicità di una superficie si determina misurando la bagnabilità, ovvero l'angolo formato da una goccia di acqua posta a contatto con essa (detto "angolo di contatto"). Minore è l'angolo di contatto (cioè più "schiacciata" è la goccia), più elevata è l'idrofilicità del materiale.

Nonostante, infatti, le prime evidenze del fenomeno dell'Exclusion Zone (EZ) in prossimità di superfici idrofile siano state riportate già negli anni seguenti alla seconda guerra mondiale (Henniker, 1949), il fenomeno è stato approfondito e studiato in maniera sistematica solo recentemente, grazie soprattutto al lavoro svolto dal gruppo di ricerca guidato dal prof. Gerald H. Pollack presso il Bioengineering Department della University of Washington, (Seattle, USA).

Pollack ha avuto, infatti, il merito di indagare profondamente il comportamento dell'acqua in prossimità di superfici idrofile e le implicazioni che questo fenomeno possa avere nello svolgersi della vita.

Il fenomeno dell'exclusion zone è ancora in fase di studio con l'obiettivo di individuare un modello comunemente accettato per descriverlo.

Pollack ha proposto un modello con il quale spiegare tutta una serie di osservazioni che prevede un ruolo determinante dell'organizzazione delle molecole d'acqua secondo una struttura che ha definito come quarta fase dell'acqua (Pollack, 2013).

Nonostante l'impatto delle superfici sulla contigua fase acquosa sia tradizionalmente ritenuto estendersi non più di pochi strati acqua-molecola (Deryaguin, 1941), le osservazioni di Pollack hanno evidenziato che i soluti colloidali e molecolari sono profondamente esclusi dalle vicinanze di superfici idrofile a distanze che arrivano fino a diverse centinaia di micrometri (Zheng, 2003).

Tali ampie zone di esclusione (EZ) sono state osservate intorno a molte superfici idrofile differenti, con l'esclusione di diversi soluti. Pertanto il fenomeno dell'esclusione sembra essere piuttosto generale (Zheng, 2006).

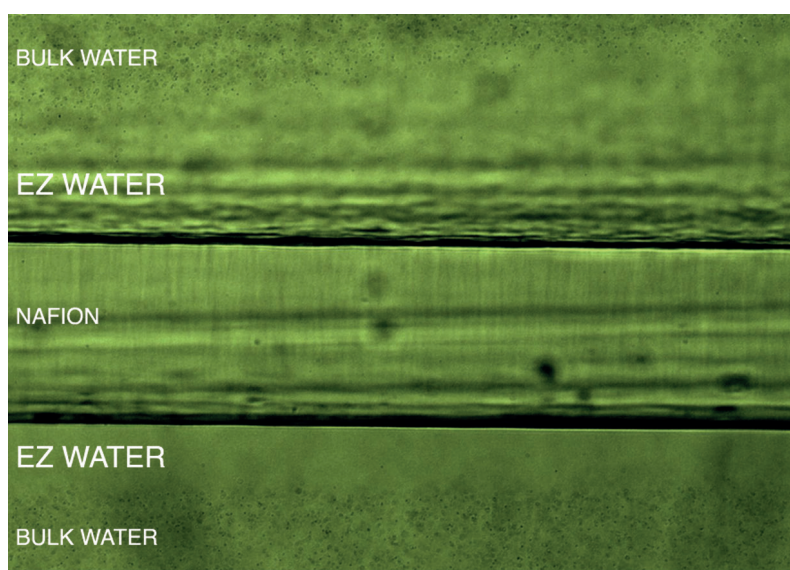
L'Exclusion Zone è stata, infatti, osservata in prossimità di varie superfici idrofile tra cui idrogel (PVA, alcol polivinilico; PAA, acido poliacrilico, PEG glicole polietilenico), tessuti biologici (muscoli, endotelio vascolare), polimeri (Nafion), fibre ottiche rivestite con poliacrilato, tubi capillari in vetro con monolayer superficiale contenente gruppi COOH (Zheng, 2006), tessuti vascolari vegetali (Ernst Zurcher, 2014).

Il processo di esclusione sembrerebbe richiedere quindi unicamente una superficie con caratteristiche di idrofilia, lasciando presupporre che il fenomeno potrebbe iniziare attraverso la creazione di ponti idrogeno con la superficie nucleante, superando l'ipotesi fino ad ora comunemente riconosciuta che il fenomeno di strutturazione dei layer successivi possa essere facilmente inibito dagli effetti del

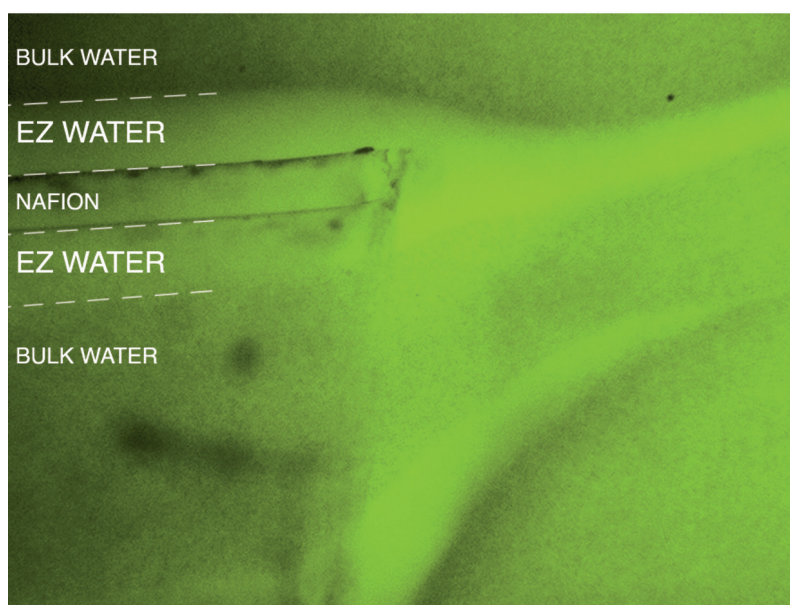
calore.

Gli esperimenti condotti da Pollack hanno dimostrato inoltre come la carica della superficie e la polarità del soluto non costituiscano un fattore critico per l'esclusione.

Per l'analisi del fenomeno è stata spesso utilizzata una soluzione composta da acqua deionizzata e microsfere funzionalizzate sia con cariche positive (amidine-functionalized microspheres) che negative (carboxylate-functionalized microspheres).



Zona di Esclusione osservata in prossimità di un tubo di Nafion (TT110) in una soluzione di microsfere (carboxylate-functionalized, 1 μ m) in acqua deionizzata



Zona di Esclusione osservata in prossimità di un tubo di Nafion (TT060) in una soluzione di microsfere (carboxylate-functionalized, 1 μ m) in acqua deionizzata. Si può osservare una "coda" di EZ che si estende per qualche mm oltre la superficie idrofila.

Questa osservazione sembrerebbe confermare che il fenomeno non venga indotto da una semplice forza elettrostatica.

E' stato inoltre osservato che il fenomeno di esclusione avviene in maniera più profonda quando le microsfele sono maggiormente caricate.

Dei test con soluzioni a pH differenti hanno evidenziato, infatti, come le microsfele cariche positivamente (amidine-functionalized microspheres) siano escluse maggiormente con valori di pH bassi,

mentre le microsfele cariche negativamente siano maggiormente escluse in soluzioni alcaline (carboxylate-functionalized microspheres) (Zheng, 2003).

Ulteriori osservazioni dimostrano come la dimensione delle particelle giochi un ruolo fondamentale sulla loro esclusione, in particolare le i soluti di maggiori dimensioni vengono esclusi con più facilità (Zheng, 2003).

Le differenze tra l'acqua compresa nella zona di esclusione e l'adiacente "bulk water" sono state valutate attraverso diverse analisi e metodologie, dalla spettroscopia di risonanza magnetica nucleare (NMR), alla fotografia di birifrangenza, alla misurazione del potenziale elettrico e della viscosità, all'assorbimento dei raggi UV-VIS e NIR (Zheng, 2006).

Tutte queste prove hanno rivelato che la zona priva di soluto (exclusion zone) è fisicamente distinta e si trova in una fase strutturalmente più ordinata, più stabile e viscosa, molto simile a un cristallo liquido. Questa fase può coesistere indeterminatamente con la contigua fase contenente il soluto (bulk water).

Nell'acqua EZ è stato osservato un picco di assorbimento alla lunghezza d'onda di 270nm (UV) che potrebbe indicare una delocalizzazione degli elettroni liberi in grado di muoversi all'interno della struttura.

Questa situazione esiste comunemente nelle strutture aromatiche

e nei cosiddetti “eteri corona” la cui struttura esagonale è simile a quella proposta per l’acqua EZ (Pollack, 2013).

Il modello teorico avanzato da Pollack per descrivere l’acqua nella zona di esclusione prevede quindi una struttura ordinata di molecole simile a quella del ghiaccio ma in realtà composta da H_3O_2 e pertanto definita dallo stesso Pollack come la quarta fase dell’acqua (Pollack, 2013).

L’ipotesi avanzata da Pollack rispetto alla quarta fase dell’acqua suggerisce che gli atomi di idrogeno e ossigeno si dispongono in forma esagonale, ma a differenza di quanto avviene nel ghiaccio, i vari layer hanno la possibilità di scorrere gli uni sugli altri.

La carica negativa e il pH acido misurati in prossimità dell’EZ fanno ipotizzare che ci sia un allontanamento di protoni (H^+) verso la bulk water, gli stessi protoni che nel ghiaccio tengono ben saldi i layer tra di loro in un reticolo cristallino tridimensionale.

L’aspetto più sorprendente risiede nel fatto che la differenza di potenziale elettrico tra la frazione EZ e la bulk water permanga per diverse ore, le molecole d’acqua si sono quindi divise dando origine ad una carica positiva e ad una negativa (Pollack, 2013).

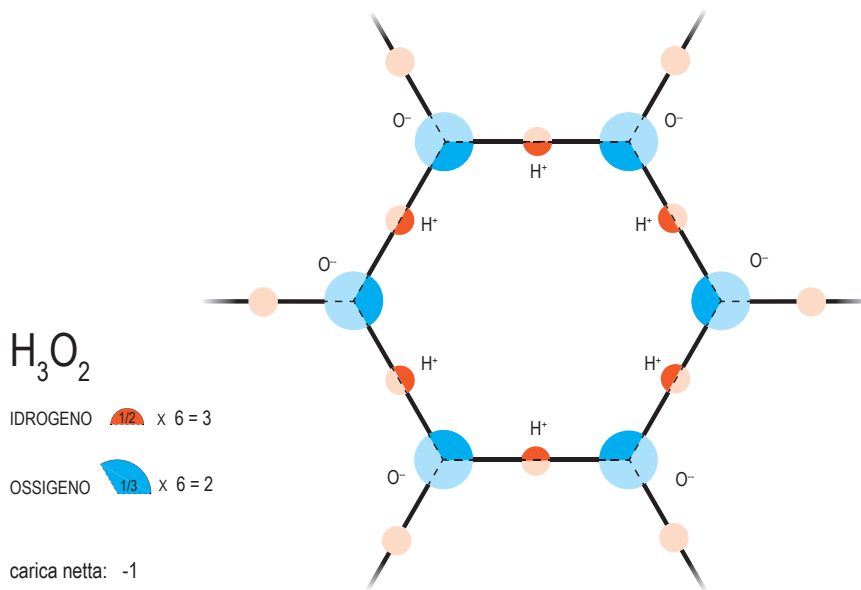
E’ incredibile pensare ad una batteria costituita esclusivamente da acqua, ma come si vedrà in seguito è proprio quello che è stato realizzato in via sperimentale presso il Pollack Laboratory di Seattle.

Questo modello ricorda da vicino quello a nido d’ape che Lippincott (1969) aveva ipotizzato per la “polywater”, sia per l’organizzazione strutturale delle molecole di idrogeno e di ossigeno sia per il fatto che la combinazione risultante non possa essere più assimilata all’acqua nella forma H_2O .

L’ipotesi di Lippincott e quindi di Pollack, prevede, infatti, un rapporto tra atomi di idrogeno e di ossigeno di 3:2 differente dal rapporto 2:1 presente nell’acqua liquida (bulk water).

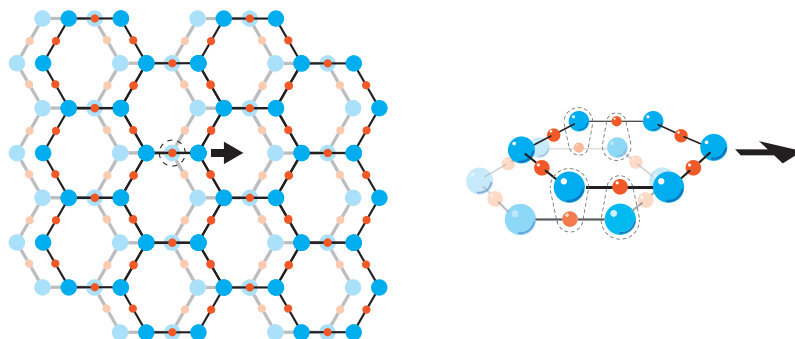
Il punto chiave per entrambe i modelli consiste nella struttura

esagonale in cui si combinano gli atomi di idrogeno e di ossigeno, una struttura verificata sperimentalmente in altri contesti vicino a differenti superfici, inclusi metalli (Henderson 2002), sotto unità proteiche (McGeoch et.al., 2008), grafene (Kimmel et.al., 2009), quarzo (Ji et.al., 2008) e nella “supercooled” water (Michaelides and Morgenstern, 2007).



La struttura esagonale si candida quindi a essere uno tra i modelli più efficaci per descrivere l'exclusion zone evidenziando quindi un ruolo centrale della struttura delle molecole d'acqua nelle forti interazioni tra queste e le superfici di particelle disciolte.

Questa struttura come ipotizza Pollack è quindi costituita da differenti layer disposti in modo tale che la carica negativa di un layer sia attratta da quella positiva del layer successivo.



Questa disposizione confermerebbe la maggior densità dell'exclusion zone rispetto alla bulk water e il fatto che attraverso la costruzione dei layer di EZ i soluti vengano allontanati.

I soluti, infatti, dovrebbero riuscire a passare unicamente attraverso gli spazi esagonali che si riducono ulteriormente se si pensa a una struttura i cui piani sono sfalsati.

Solamente i protoni e le piccole particelle avrebbero quindi teoricamente la possibilità di accesso.

Tuttavia in acqua i protoni tendono a formare ioni idronio (idrossonio, H_3O^+) che per dimensioni sarebbero esclusi.

Questo modello di struttura, e la capacità di escludere gli ioni idronio (con carica positiva), potrebbe spiegare la differenza di carica elettrica esistente tra la EZ water e la bulk water.

E' stato registrato, infatti, un pH molto acido nella zona che separa l'EZ dalla bulk water a dimostrazione del fatto che ci sia un alta concentrazione di protoni (Zheng, 2006).

L'acqua, secondo il modello di Pollack, costituisce quindi la materia prima per costruire l'EZ attraverso l'interazione con una superficie idrofila la quale contiene degli atomi di ossigeno che potrebbero costituire il template per la formazione dei successivi layer di EZ.

Basterebbe quindi anche un singolo layer superficiale per dare vita al processo e allo stesso tempo la conformazione di questo monolayer influirebbe sulla qualità strutturale dell'EZ.

E' stato osservato, infatti, che, in presenza di superfici ruvide, si possono creare delle discontinuità all'interno dell'EZ le cui caratteristiche di esclusione diminuirebbero a causa di una struttura non omogenea.

Ci sono evidenze del fatto che l'energia radiante incidente, compresa tra gli UV, il visibile e il vicino infrarosso, sia in grado di indurre la crescita delle zone di esclusione in maniera sensibile (Zheng, 2006). Cinque minuti di esposizione a radiazioni di 3,1 micron provocano una crescita di 3 volte della zona di esclusione.

Si è ipotizzato che i fotoni incidenti causino un qualche cambiamento nella struttura dell'acqua che predisponga la riorganizzazione delle molecole dando la carica energetica necessaria per la creazione della zona di esclusione con un passaggio dal disordine all'ordine (sistema dissipativo).

L'energia assorbita dall'acqua, secondo l'ipotesi di Pollack, viene quindi impiegata per compiere il lavoro che permette alle microsferi di separarsi, ovvero alle molecole d'acqua di strutturarsi.

Evidenze dell'influenza delle radiazioni incidenti sulla struttura dell'acqua erano state osservate in precedenza anche da Giorgio Piccardi e da Simon Shnoll (1979), con degli esperimenti che hanno messo in relazione il comportamento dell'acqua e determinati impulsi geofisici o cosmo-fisici (come ad esempio la comparsa di macchie solari, etc.).

I fotoni provenienti dalla luce solare, quindi, sembrano avere un inaspettato effetto che va al di là del semplice riscaldamento.

Si ipotizza che l'energia solare sia in grado di costruire ordine separando le cariche tra la zona di esclusione in prossimità della superficie e la massa d'acqua (bulk water).

Questa separazione di carica indotta dalla luce ricorda i primi passi della fotosintesi e crea una sorta di batteria. In effetti, questa azione indotta dalla luce sembrerebbe rilevante non solo per i processi fotosintetici, ma anche per tutti i processi in natura che coinvolgono l'acqua e le interfacce. In altre parole, l'acqua agisce come un sistema in grado di convertire l'energia radiante in differenti tipologie di energia (Pollack, 2013).

Già nel 1960, Szent-Gyorgyi fu in grado di riconoscere che l'acqua interfacciale era fornitrice di elettroni e suggerì che, almeno negli organismi viventi, potessero coesistere due differenti livelli energetici degli elettroni delle molecole d'acqua: lo stato eccitato e lo stato base (Szent-Gyorgyi, 1960).

Szent-Gyorgyi suggerì inoltre che questa proprietà possa aumentare l'energia trasferita nei sistemi biologici e la durevole e lunga eccitazione elettronica che poteva essere osservata.

In accordo con questa ipotesi, l'equipe di Pollack ha misurato una differenza di potenziale elettrico tra l'acqua interfacciale e la bulk water in grado di rimanere inalterato per diverse ore.

Inserendo due mini elettrodi nelle regioni di cariche opposte (EZ e bulk water) è stato possibile produrre energia elettrica in grado di accendere una luce a led (Kung, 2014).

Si tratta di un esperimento preliminare che lascia tuttavia spazio alla notevole possibilità di produrre energia elettrica dall'acqua interfacciale.

Le proprietà fisiche dell'acqua EZ a oggi descritte possono essere quindi riassunte come segue:

1. L'acqua EZ è considerevolmente più viscosa dell'acqua normale (di circa dieci volte).

2. L'acqua EZ ha un potenziale elettrico negativo (gel: 120 mV; Nafion 200 mV) rispetto alla normale acqua circostante; quindi la coppia acqua EZ – acqua normale è una pila redox.

Questa proprietà dell'acqua EZ potrebbe render conto dell'origine delle eccitazioni elettroniche considerate da Szent-Gyorgyi.

3. I protoni si concentrano al confine tra l'acqua EZ e l'acqua bulk.

4. L'acqua EZ mostra un picco di assorbimento di luce a 270 nm; esso emette fluorescenza quando viene eccitata da luce che abbia questa lunghezza d'onda.

Lo stesso tipo di assorbimento è stato evidenziato per l'acqua sottoposta a filtrazione dal gruppo di ricerca di Elia evidenziando la presenza di una struttura simile a quella del ghiaccio (Elia, 2014).

5. L'illuminazione dell'acqua EZ attraverso la luce (specialmente la radiazione infrarossa) accresce lo spessore dello strato.

L'evidenza di cambiamenti duraturi nella struttura dell'acqua liquida indotta dal contatto con superfici idrofile come le membrane di Nafion è stata provata anche dal Gruppo di Ricerca guidato da Vittorio Elia (Elia, 2013).

È stata, infatti, evidenziata la comparsa di strutture stabili che implica la formazione di strutture dissipative, come descritte da Del Giudice, in grado di scambiare energia con l'ambiente esterno.

Da queste scoperte come si è visto, sono sorte nuove opportunità tecnologiche per affrontare le pressanti esigenze della società rispetto al fabbisogno di acqua potabile di buona qualità e alla produzione di energia da fonti rinnovabili.

Ai fini di questo progetto di ricerca si è scelto di approfondire la tecnologia di autopurificazione dell'acqua in prossimità di superfici idrofile grazie alla formazione dell'Exclusion Zone.

La scoperta di grandi zone di esclusione del soluto prossime alle superfici idrofile implica la possibilità di ottenere una purificazione spontanea dell'acqua contenuta nella zona di esclusione.

Sulla base di questo principio il Pollack Laboratory ha brevettato un dispositivo di filtrazione che prevede la separazione della frazione diluita da quella concentrata mediante il contatto con la superficie idrofila. (US Patent number 20110036780)

Prove di laboratorio eseguite su un prototipo in acciaio inox basato su questo principio, hanno confermato l'efficacia del sistema di purificazione mediante la separazione dei contaminanti dalla frazione diluita in un rapporto 200:1 attraverso un singolo passaggio (Klyuzhin et al, 2008).

Il fenomeno è stato osservato trattando sia una soluzione di microsferi che di argilla in acqua deionizzata. E' stata inoltre verificata l'esclusione dei batteri.

SENSIBILITA' DELL'ACQUA A INFLUSSI COSMICI

A metà del XX° Secolo, attraverso una mole impressionante di esperimenti, Giorgio Piccardi rilevò che mutamenti significativi nelle proprietà fisiche dei sistemi molecolari sospesi nell'acqua liquida capitavano simultaneamente ad eventi cosmici o ambientali.

Scoprì ad esempio variazioni nelle velocità di precipitazione dei colloidali che seguivano l'evoluzione temporale delle macchie solari o di eventi climatici.

Di fatto l'acqua appariva come un accurato strumento di misura per un gran numero di avvenimenti esterni.

Questa proprietà dell'acqua può essere in grado di spiegare la capacità degli organismi viventi di percepire avvenimenti esterni anche al di sotto della soglia di risoluzione di strumenti tecnici.

“Forse è per mezzo dell'acqua e dei sistemi acquosi che le forze esterne possono reagire con gli organismi viventi” (G. Piccardi).

Di particolare interesse in questo contesto è la ricerca di V.L. Voeikov (2010) e della sua equipe; essi hanno registrato picchi nell'intensità di fotoni emessi nell'acqua arricchita con bicarbonato e Luminol, in coincidenza di eclissi di sole e di luna o anche di terremoti che capitavano molto lontano da Mosca, dove era situato il laboratorio. Secondo Voeikov è importante ricordare che l'acqua pura non ha questa proprietà di sensibilità, presente invece nell'acqua contenete soluti o particelle sospese, come le soluzioni colloidali.

Questa caratteristica ricorda molto i requisiti necessari, nell'approccio teorico dell'Elettrodinamica Quantistica, per ottenere la coerenza estesa nell'acqua e le condizioni di maturità dell'acqua definite da Schauberger.

Queste evidenze sperimentali sembrano da un lato confermare la sensibilità dell'acqua, descritta da Schwenk come un organo di senso e, dall'altro, evidenziare l'emergere della rete della vita in cui tutto è in connessione.

“Il mantenimento della vita è qualcosa che riguarda più un sistema ecologico che non un singolo organismo o una singola specie”.
(Morowitz, 1992)

L'ACQUA E IL CORPO UMANO

Lo studio dell'acqua e la progettazione in ottica sistemica di trattamenti in grado di garantire una sua buona qualità complessiva, implicano necessariamente una riflessione sul comportamento che l'acqua svolge all'interno dell'organismo umano.

Per questo motivo, l'attività di ricerca ha indagato le teorie emergenti dall'analisi del comportamento dell'acqua a livello molecolare, rispetto alle implicazioni del comportamento dell'acqua a livello fisiologico con l'obiettivo di comprendere meglio le qualità che questa debba avere per essere non solamente salubre, ma anche salutare.

Talete definì **l'acqua come la matrice della vita**.

Secondo quanto riportato da Del Giudice e Tedeschi:

“Nei sistemi viventi l'acqua è coinvolta in toto nella dinamica della vita. Non solo per la sua presenza numerica (oltre il 99% della totalità delle biomolecole) ma anche per il contributo energetico che questa garantisce continuamente alla materia vivente.

La sua caratteristica di trovarsi distribuita tra superfici biologiche come le membrane le consente di assumere una estesa forma di organizzazione che mette in fase i vari Domini di Coerenza presenti in essa.

È lecito quindi parlare di Coerenza di Coerenze (Supercoerenza) per l'“acqua biologica” dei sistemi viventi: un vero e proprio secondo ordine di organizzazione di fase dell'acqua.

La caratteristica del singolo Dominio di Coerenza di “caricarsi” dell'energia ambientale viene massimizzata dalla rete supercoerente (neghentropia).

Si avvia così un efficiente meccanismo di conversione energetica, dai Domini di Coerenza alle biomolecole presenti nella materia vivente, che garantisce un continuo apporto di energia biochimica necessaria al mantenimento dei cicli vitali.

Tale meccanismo agisce in sinergia con la dinamica biologica delle corrispondenti reazioni energetiche biochimiche e costituisce una vera e propria respirazione dell'acqua.

L'acqua biologica dei sistemi viventi ha la caratteristica di essere

supercoerente, ovvero di avere una organizzazione estesa della stessa, un ritmo collettivo di oscillazione tra i Domini di Coerenza (Coerenza tra Domini di Coerenza).

In condizioni di normalità e di salute l'acqua del sistema vivente si trova nella condizione di supercoerenza, facilitata dalla presenza di continue superfici biologiche interfacciali che ne inducono l'organizzazione, mentre la semplice acqua ("bulk water", come quella contenuta in un rimedio o in un bicchiere d'acqua) non presenta normalmente questa caratteristica fondamentale.

La possibilità invece di realizzare acqua supercoerente anche nella forma di semplice acqua (bulk water) consente la progettazione di rimedi che possono regolare (in accordo con la specificità delle specie molecolari disciolte o diluite in acqua) le caratteristiche di supercoerenza naturalmente presenti in un corpo sano. In particolare si interviene su vari fattori:

- regolazione dell'accesso al fondo elettromagnetico (Vuoto), ovvero della capacità di essere costantemente "nutriti" di energia di alta qualità (neghentropica) convogliata dall'ambiente a favore dell'attività biologica vitale.

- regolazione ed estensione dei livelli di coerenza biologica che si manifestano nella capacità di dialogare e risuonare con l'ambiente circostante a più livelli.

Ogni organismo vivente non può essere considerato un corpo isolato ma un elemento biologico che dinamicamente dialoga con il proprio ambiente costituito non solo da altri organismi viventi ma anche da materia inanimata.

In generale si può quindi affermare che il corpo dialoga naturalmente con l'interezza dell'esistenza (la vita è un sistema aperto!).

La coerenza e i fenomeni dissipativi che la fondano determinano infatti le caratteristiche del continuo scambio tra corpo e ambiente (G.Vitiello, 2008), propriamente regolato dalla struttura supercoerente dell'acqua biologica.

Quanto è allora più ampia la dinamica delle coerenze nel corpo,

tanto maggiore e più efficiente risulterà il dialogo, la risonanza e l'integrazione con l'ambiente; di conseguenza si avranno minori aspetti conflittuali, stress e problemi di adattamento disfunzionale e una aumentata capacità di risoluzione dei conflitti biologici e psichici di varia natura" (Del Giudice et.al., 2010).

L'acqua gioca un ruolo di primo piano nei processi biologici: la maggior parte delle reazioni chimiche che avvengono nel nostro organismo e in quello di altri esseri viventi sono in fase acquosa, ovvero in presenza di acqua come solvente; essa, il "solvente del corpo umano", è mezzo di comunicazione tra i tessuti cellulari (liquido interstiziale) e mezzo regolatore di tutte le funzioni, incluse le attività dei soluti dissolti e circolanti in essa.; depura dalle scorie; trasporta i nutrienti; mantiene la pressione osmotica; veicola tutte le informazioni fisiche ed intellettive (Batmanghelidj, 1995).

Il ruolo fondamentale per lo svolgersi della vita si deve in parte alle anomalie fisico-chimiche dell'acqua.

La sua costante dielettrica elevata, ad esempio, permette la dissociazione degli elettroliti; l'elevata capacità termica le permette di funzionare da liquido termostatico; il suo alto calore latente di evaporazione è responsabile della sua capacità termoregolatrice.

Si intuisce facilmente come il metabolismo cellulare (e le funzioni da esso derivanti) sia strettamente connesso con il contenuto idrico degli organismi.

Secondo una schematizzazione di massima, l'acqua si trova all'interno del nostro organismo prevalentemente in forma libera nei liquidi organici (sangue, linfa, liquor, succhi interstiziali, succhi intercellulari, secreti) e, in forma legata, come parte integrante dei tessuti e dei liquidi dell'organismo (acqua di imbibizione dei biocolloidi; acqua di idratazione di numerosissimi biocostituenti organici e inorganici; nella composizione di alcune molecole organiche in rapporti definiti e costanti).

In sintesi, nei processi biologici l'acqua ha prevalentemente la funzione di:

- Solvente (matrice in cui avvengono le reazioni chimiche)
- Mezzo di comunicazione tra tessuti cellulari (liquido interstiziale)
- Veicolo di informazioni fisiche e intellettive (water wire)
- Veicolo di nutrimenti
- Ruolo idrolitico fondamentale nella “chimica della vita”
- Mezzo regolatore delle funzioni biologiche
- Generatore di energia durante i processi osmotici nelle membrane cellulari
- Depurare dalle scorie
- Mantenere la pressione osmotica

“Il senso fisico del calore genetico è determinato dalle caratteristiche della struttura e delle proprietà dell’acqua” (Volksytein, 1977).

Il lavoro del Dr. Alexis Carrel che esercita presso l’Istituto Rockefeller, può essere considerato, in questo senso, come una delle più celebri e incoraggianti opere scientifiche del nostro secolo.

Ha vinto il Premio Nobel per la Medicina per aver dimostrato la seguente ipotesi:

*“**La cellula è immortale.** È semplicemente il liquido in cui galleggia che degenera. Rinnovare questo fluido a intervalli regolari, dare alle cellule il nutrimento necessario, per quanto ne sappiamo, può consentire alla pulsazione della vita di andare avanti per sempre.”*
(Fossil et. al., 2004)

È noto che l’essere umano sia costituito per circa il 70% da acqua a livello extra cellulare e, per quasi il 90%, a livello intracellulare.

Il 99% delle molecole del nostro corpo sono molecole d’acqua.

Eppure lo studio sull’azione dell’acqua nei processi metabolici delle cellule e degli organismi viventi è stato a lungo ignorato e ci si è concentrati maggiormente sul “soluto” che costituisce l’1% a livello

molecolare del nostro corpo (Pollack, 2003).

Pertanto, la comprensione della natura e del funzionamento dell'acqua costituisce sicuramente un passo imprescindibile per comprendere meglio i meccanismi che regolano la vita sul nostro pianeta.

In accordo con questa visione stanno emergendo alcune teorie che rivalutano la funzione dell'acqua all'interno del corpo umano.

In accordo con le osservazioni del Dott. Gilbert Ling, l'acqua riveste un ruolo cruciale nell'organizzazione delle funzioni cellulari: **le superfici caricate delle cellule sono in grado di ordinare le molecole d'acqua vicine che assumono la proprietà di escludere i soluti**. Secondo questa teoria, l'ordine nella struttura dell'acqua è la vera ragione per cui molti soluti sono presenti in basse concentrazioni all'interno della cellula (Ling, 2001).

La maggior parte dell'acqua intracellulare è interfacciale; risiede, infatti, tra le superfici delle macromolecole all'interno della cellula. Ci sono evidenze del fatto che le proprietà dell'acqua vicino alle membrane cellulari rivelino la presenza di micro domini di acqua strutturata che si estendono da decine a centinaia di Angstrom rispetto ai confini delle cellule e delle macromolecole e le molecole di H₂O, responsabili dei processi di solvatazione. (Chaplin, 2001; Wiggins, 2008; Cartlidge, 2010)

La distanza misurata da Pollack tra le macromolecole è di circa 7 molecole d'acqua (Pollack, 2001). Secondo le teorie classiche più accreditate, i primi 2 o 3 strati di molecole d'acqua risultano quindi essere ordinati (DLVO theory: Derjaguin, 1941).

Tuttavia, come evidenziato in precedenza, recenti osservazioni mostrano come la struttura dell'acqua all'interfaccia di superfici idrofile si estenda per milioni di molecole, fino a centinaia di micrometri in acqua priva di sali e riducendosi sino a scale nanometriche in quella contenente sali (Zheng, 2003).

Quest'acqua è in grado di separare i soluti in una maniera simile al comportamento del ghiaccio. Inoltre, come visto in precedenza, l'acqua interfacciale possiede una carica negativa e una densità

maggiore rispetto alla bulk water.

L'energia radiante, incidente sull'acqua, viene assorbita all'interno di questa struttura ordinata aumentando le dimensioni dell'Exclusion Zone (Chai et al. 2009). (Questo aspetto potrebbe spiegare l'elevata capacità termica dell'acqua).

Pollack sostiene che ogni macromolecola e la contigua acqua interfacciale costituiscano un'unica unità funzionale che non può essere separata (Pollack, 2001).

Le azioni cellulari avvengono attraverso l'azione collettiva delle proteine e dell'acqua: quando le proteine si ripiegano, l'acqua diventa disordinata mentre, quando si dispiegano, essa riacquista l'ordine. Nell'ipotesi avanzata da Pollack, l'acqua assume un ruolo centrale nella funzionalità delle proteine.

Recenti studi sull'acqua confinata e sull'acqua di idratazione delle macromolecole di interesse biologico quali specificatamente la proteina lisozima, l'RNA ed il DNA hanno confermato che l'acqua rappresenta un costituente attivo della biochimica cellulare (Rupley, 1980).

In particolare vi è l'evidenza che l'acqua attorno alle proteine rivesta un ruolo fondamentale per "generare" le attività biologiche che altrimenti non avrebbero luogo (Gregory, 1995).

L'idratazione si identifica quindi come il processo di aggiunta incrementale di acqua alla proteina secca tanto da renderla bioattiva, fino a quando l'ulteriore aggiunta di acqua non cambia più le sue proprietà essenziali, risultando invece in una soluzione macromolecolare.

Lo strato di idratazione, ossia l'acqua associata con la proteina ai suoi punti terminali, rappresenta quindi una sorta di coperta monomolecolare, "monostrato", distesa sulla sua superficie.

Da queste osservazioni si evince quanto sia importante chiarire le relazioni tra la struttura e la dinamica della proteina e acqua ad essa associata e come molte funzioni biologiche, ad esempio la catalisi enzimatica, possano essere comprese solo tramite la precisa conoscenza delle funzioni del primo strato di idratazione (Mallamace, 2013).

Molte malattie sono state riconosciute essere causate da disfunzioni nelle proteine o nel sistema di regolazione delle proteine (Dobson, 2002; Wiggins et al., 2009).

In quest'ottica appare evidente come la qualità dell'acqua intracellulare possa ricoprire un ruolo chiave per il corretto funzionamento fisiologico del corpo.

Un recente studio condotto all'Università di Berkeley dallo stesso Pollack, ha evidenziato come intorno al muscolo a riposo ci sia una maggior quantità di acqua EZ rispetto al muscolo contratto, identificando una differenza di stato dell'acqua associata allo stato funzionale del corpo. Altri studi condotti sugli effetti dei farmaci (Lidocaina e Aspirina) sull'acqua intracellulare (Kundacina et al., submitted) conducono all'ipotesi che il ristabilimento funzionale delle cellule potrebbe avvenire grazie alla creazione di acqua EZ.

In maniera analoga, il Dott. Batmanghelidj attribuisce un ruolo fondamentale all'acqua presente nel nostro corpo come **regolatore di tutte le funzioni biologiche, incluse le attività delle sostanze disciolte in essa.**

La disidratazione potrebbe essere causa di patologie che non sono comunemente associate alla carenza idrica come ad esempio dispepsia, artriti reumatoidi, asma, infiammazioni all'apparato digerente, etc. Quando il corpo è disidratato si metterebbe in atto un sistema difensivo per preservare i liquidi nel corpo.

Attraverso l'istamina il corpo riorganizza l'acqua a disposizione al suo interno. (Batmanghelidj, 1992).

Sempre sull'importanza del ruolo svolto dall'acqua nel nostro organismo, il coreano Dr. Mu Shik Jhon ha svolto per molti anni approfondite analisi sulla struttura dell'acqua arrivando a formulare le sue teorie sull'acqua esagonale.

Grazie all'utilizzo dell'analisi di risonanza magnetica nucleare (NMR) il Dr. Mu Shik Jhon ha rilevato che la struttura dell'acqua presenterebbe delle aree ordinate in **unità esagonali.**

La percentuale di unità esagonali sembra dipendere da una serie di fattori, tra cui le influenze "energetiche" a cui l'acqua è esposta. Secondo il Dr. Mu Shik Jhon ci sono prove significative che l'acqua esagonale si muova con maggiore facilità all'interno degli organismi

biologici; essa sembra aumentare l'assorbimento dei nutrienti e la rimozione dei rifiuti metabolici.

Una spiegazione di questo comportamento può essere data dalla dimensione ridotta del gruppo molecolare e dalla sua capacità di entrare e uscire dall'ambiente cellulare con maggiore facilità. In base alla teoria del Dr. Mu Shik Jhon, l'acqua esagonale circonda il DNA sano, mentre l'acqua non organizzata circonda il DNA del tessuto malato (Jhon, 2004). Sembra quindi esserci un parallelo con le osservazioni del Dr. Pollack sull'acqua EZ.

L'equipe del Dr. Mu Shik Jhon ha evidenziato, infatti, che l'acqua che circonda la proteina forma un'alta percentuale di strutture esagonali e che quella che circonda una proteina "anomala" ha un numero significativamente ridotto di strutture esagonali.

Uno studio condotto in Giappone all'inizio degli anni novanta dimostra, attraverso l'uso della Risonanza Magnetica, che la quantità di acqua "strutturata" nel corpo sia direttamente correlata con l'età (Katayama, 1992).

Secondo il Gruppo di Ricerca guidato da Katayama, le molecole biologiche richiedono acqua strutturata al fine di svolgere le loro funzioni. Quando invece le molecole biologiche si trovano in uno stato non organizzato hanno una ridotta capacità di svolgere le funzioni previste.

Sempre secondo il Dr. Mu Shik Jhon, l'invecchiamento provoca, a livello cellulare, un cambiamento del rapporto tra l'acqua intracellulare e extracellulare a favore di quest'ultima.

Inoltre il tasso metabolico è stato correlato con il riciclo di acqua delle cellule del corpo e quindi con lo stato di salute e con l'invecchiamento. Da questa prospettiva, la qualità dell'acqua a livello cellulare diventa un indicatore per la salute generale e per la longevità della persona.

Gli studi del prof. Louis Claude Vincent, tra le massime autorità della bioelettronica e socio ad honorem dell'Associazione Internazionale di Medicina Ortomolecolare, incaricato dal governo francese di spiegare le variazioni d'incidenza dei tumori nelle diverse zone del proprio paese, hanno dimostrato che **esiste una precisa relazione tra malattia e qualità del rifornimento idrico**: infatti, nelle città a

minor incidenza di tumori, le acque avevano caratteristiche fisico-chimiche completamente opposte a quelle delle città a maggior incidenza di malattia (Vincent, 1956).

Dopo numerose misurazioni (più di 60.000) realizzate in Francia e soprattutto in Germania, estendendo il principio di misura alla saliva e all'urina dei malati, Vincent offrì nel 1972 un nuovo approccio globale alla misura del terreno biologico, che si fonda essenzialmente su considerazioni di tipo energetico.

Da questi studi emerge come sia **importante idratare il corpo non solo con la giusta quantità di acqua, ma anche con una qualità idonea a garantire il corretto funzionamento fisiologico del nostro organismo.**

Nel corso della storia, l'acqua ha sempre avuto un ruolo centrale associato al benessere dell'organismo.

Varie acque sono state considerate terapeutiche, dalle acque termali alle acque considerate sacre e curative come l'acqua di Lourdes, o quella del fiume Gange, alle acque con proprietà benefiche come quelle bevute da popolazioni particolarmente longeve come gli Hunza (quest'ultima studiata estensivamente dal Premio Nobel, Henri Coanda e da Patrick Flanagan).

Tuttavia, nonostante le tante testimonianze legate alle qualità di queste acque, gli studi in merito non hanno quasi mai dimostrato una forte consistenza scientifica.

Recentemente, grazie alle scoperte scientifiche in merito al ruolo fondamentale svolto dall'acqua sul nostro organismo, sono comparse sul mercato differenti tipologie di "acque terapeutiche" e dispositivi per "attivare" l'acqua.

Molte affermazioni di efficacia terapeutica sembrano tuttavia sospette e legate più ad azioni di marketing che ad effettive proprietà dell'acqua.

Tuttavia ce ne sono alcune che sono supportate da ricerche scientifiche apparentemente robuste, come ad esempio l'acqua alcalina ionizzata, (Kim e Yokoyama, 1997), l'acqua "IE " detta anche acqua "a doppia elica " (Ye et al., 2008, Li et al. 2010 e Parco et al. 2011), l'acqua sottoposta ad elettrolisi (Huang et al. , 2010).

Questi studi pubblicati sostengono l'ipotesi che la tipologia e quindi la qualità dell'acqua potabile sia fondamentale.

Il contenuto di minerali può contribuire a spiegare l'efficacia di alcune delle acque sopra menzionate tuttavia, secondo le teorie di Pollack, il fatto che l'acqua liquida non mineralizzata contenga non solo H₂O ma anche quantità variabili di H₃O₂ (acqua EZ) può offrire un indizio per determinare la differenza di efficacia sulla salute delle varie tipologie di acqua.

L'ipotesi è appunto che le acque ricche di acqua EZ abbiano un maggiore beneficio per la salute.

Alcune acque naturali evidenziano questo paradigma: l'acqua di alta montagna contiene l'acqua di fusione dei ghiacciai di cui è stata provata l'alta concentrazione di acqua EZ (Lo et al , 2012) .

L'acqua di sorgente dovrebbe contenere naturalmente molta acqua EZ dal momento che la pressione dovrebbe convertire la massa d'acqua in acqua EZ più densa (Ypma e Pollack).

Anche l'acqua in continuo movimento mostra il contenuto EZ (Pollack , 2013).

Tutti questi fenomeni sono riscontrabili anche nelle teorie enunciate da Viktor Schauberger e riprese nel tempo da vari scienziati. Pertanto, esiste una ragionevole spiegazione razionale e scientifica per capire come alcune determinate qualità di acqua abbiano degli effetti benefici sulla salute umana.

Un'adeguata idratazione è quindi necessaria per mantenere in buono stato le funzioni fisiologiche del nostro corpo. Tuttavia la quantità di acqua assunta deve essere associata ad una buona qualità dell'acqua stessa.

Descrivere la qualità dell'acqua è il nodo cruciale attorno a cui ruota questo progetto di ricerca. Allo stato attuale risulta molto complesso determinare quale sia la qualità di acqua migliore per ciascun organismo.

Singoli individui, infatti, mostrano reazioni differenti ad uno stesso stimolo.

Ciò nonostante è evidente che la qualità dell'acqua non possa

essere definita unicamente rispetto al contenuto di sostanze disciolte in essa, e che la sua struttura molecolare giochi un ruolo fondamentale.

Di conseguenza, come proposto da Popp, un'elevata flessibilità e plasticità nella struttura dell'acqua potrebbero essere generalmente desiderabili per il consumo umano (Popp, 1989).

PRINCIPI GENERALI

Questa prima parte di Ricerca ha portato alla definizione delle proprietà emergenti dell'acqua vista come un sistema aperto dissipativo. Quella che emerge è una descrizione dell'acqua che supera, in qualche modo, la visione tradizionale che la definisce come un “*composto chimico di formula H_2O* ” (Treccani), ovvero un fluido rispondente unicamente alle leggi della fisica e della chimica classica.

Come evidenziato più volte nel percorso di ricerca, si conosce ancora troppo poco per poter definire il comportamento dell'acqua con certezza; tuttavia la prospettiva sistemica evidenzia un comportamento complesso e talvolta organizzato delle molecole d'acqua che suggerisce una forte relazione con le dinamiche della vita.

La capacità di organizzarsi in domini di “supercoerenza” consentirebbe ad esempio all'acqua di trasmettere le informazioni necessarie allo sviluppo biologico sul nostro pianeta.

Obiettivo di questa Ricerca è la comprensione del comportamento dell'acqua e quindi il possibile trasferimento di queste conoscenze nei trattamenti dell'acqua a scopi umani e quindi in ambiente domestico, ridefinendo in questo modo un sistema di flussi in entrata e in uscita dal sistema in grado di valorizzare le qualità complessive di questa preziosa risorsa.

Di seguito si cerca di riassumere alcune proprietà dell'acqua descritte dalle teorie descritte in precedenza con l'obiettivo di agevolare il processo progettuale sui trattamenti alternativi dell'acqua:

L'acqua può essere descritta come un **sistema dissipativo complesso**, sia a livello macroscopico (autorganizzazione all'interno del vortice) che molecolare (domini di coerenza, quarta fase dell'acqua, etc.)

L'acqua liquida ha una **struttura molecolare bifasica** composta da uno stato **coerente** e da uno stato **non coerente** (Del Giudice,

1988), il cui comportamento riveste un ruolo fondamentale per lo svolgersi della vita.

La **temperatura** gioca un ruolo fondamentale nel determinare le qualità dell'acqua. Se la temperatura è sufficientemente bassa prevale l'ordine, se invece è sufficientemente alta prevale il disordine. Quando prevale il disordine abbiamo il gas, quando prevale l'ordine abbiamo il liquido e il solido, e in particolar modo quel liquido che è materia vivente (Del Giudice, 2010). Le massime potenzialità "energetiche" si ottengono con un'acqua a 4 °C, in movimento (centripeto) e collocata in penombra (Schauberger, 1998).

L'acqua non segue mai **direzioni** rettilinee, ma **curvilinee e circolari**. Anche in contenitori non ideali, come i tubi degli acquedotti o lungo le sponde rettilinee dei canali, l'acqua tende sempre a "realizzare se stessa" (Schwenk, 1967), attraverso un movimento ritmico e armonico.

L'acqua, in natura, **dialoga con il suo "contenitore"** modificandolo (letto del fiume) autoregolando il suo flusso e le sue proprietà.

L'acqua in situazioni "critiche" tende spontaneamente ad **auto-organizzarsi** in movimenti vorticosi. Il vortice è un elemento fondamentale per la rigenerazione dell'acqua, ma anche per generare energia dal movimento e dall'implosione (Schauberger, 1998).

La **superficie a contatto con l'acqua può influire sulla sua struttura molecolare** creando aree coerenti (Del Giudice, 2010) con cui è possibile spiegare i fenomeni di esclusione dei soluti (Pollack, 2001)

L'acqua, è un "**delicato organo di senso**" (Schwenk, 1967) e risponde agli influssi elettromagnetici esterni, quali ad esempio campi elettromagnetici a bassa frequenza e influssi cosmici (Piccardi, 1956).

La presenza di soluti o particelle sospese, come le soluzioni colloidali

è condizione necessaria per la Coerenza e la “sensibilità” dell’acqua

Il **movimento** dell’acqua è fortemente correlato con la **morfogenesi biologica** e alla **qualità** dell’acqua stessa.

L’acqua è un **vettore d’informazioni biologiche** e vi è la possibilità che riesca a mantenere una memoria delle stesse.

L’acqua è **matrice di vita** e la sua qualità complessiva tiene conto anche del contenuto “energetico” (Pangman, 2005).

Dalla **complessità scaturisce la diversità, dalla diversità scaturisce la complessità**. In natura quando si perde la diversità si distrugge l’ordine (Schwenk, 1967).

