

Apa - Breviar

autor: Rusu Mircea Aurel Valer



Cuprins:

[Denumiri](#)

[Identificatori](#)

[Proprietăți Fizice](#)

[Proprietăți Chimice](#)

[Structură](#)

[Compuși Chimici](#)

[Biochimia Apei](#)

[Igiena Apei](#)

[Apa în Univers](#)

[Apa pe Glob](#)

[Apa în România](#)

[Hidrologie](#)

[Climatologia Apei](#)

[Hidrobiologie](#)

[Scurt Istoric](#)

[Apa în Mediul Antropic](#)

[Industria Apei](#)

[Legislația Apei](#)

[Reprezentări Artistice](#)

[Perspective viitoare](#)

Denumiri

Denumiri științifice: oxidane, hydrogen oxide, hydrogen hydroxide, hydroxilic acid, dihydrogen monoxide, dihydrogen oxide, hydric acid, hydroxic acid, hydrol, miu-oxidodihydrohen, kappa-hydroxylhydrogen

Denumiri în diverse limbi: Aqua, Apă, Aigua, Acqua, Akvo, Auga, Amazzi, Amanzi, Av, Air, Vode, Voda, Vodo, Vand, Vann, Vesi, Vetta, Viz, Vatn, Vandens, Vatten, Water, Wasser, Wai, Woda, Uje, Uma, Ura, Uisge, Su, Suw, Ji, Tsi, Tubig, Tui, Dlo, Dej, Ruwa, Rano, Cy, Cyy, Cai, Mai, Maji, Mati, Ilma, Banyu, Biyo, Omi.

Identificatori

Chemicals Abstracts Service - CAS Number: 7732-18-5, Beilstein Reference: 35871555, Chemical Entities of Biological Interest - ChEBI: 15377, Chemical Entities of European Molecular Biology Laboratory:

1098659, DrugBank: DB09145, European Chemicals Agency Info Card: 100.028.902, Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie: 117, Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes - KEGG: C0001, National Library of Medicine - PubChem CID: 962, Registry Of Toxic Effects of Chemical Substances - RTECS number: ZC011000, Unique Ingredient Identifier - UNII: 059QF0KO0R, Environmental Protection Agency (EPA) CompToxDashboard: DTXSID6026296, Molecular Formula: H₂O.

Proprietăți Fizice

Este un compus anorganic transparent, fără gust și fără miros, necolorat, prezent în condiții ambientale în stare lichidă. În stare solidă formează cristale incolore, sau albe cu o tentă albăstrui, în stare gazoasă este incoloră. Greutate moleculară: 18,01528 g/mol (O=16, H₂=2). Densitate: 0,999842 g/ml la 0 grade Celsius, 0,999974 g/ml la 4 grade Celsius, 0,997047 g/ml la 25 grade Celsius, 0,9167 g/ml la 95 grade Celsius. Densitatea fiind mai mare la 4 grade Celsius decât la zero grade Celsius, apa de adâncime nu îngheață niciodată, fiind izolată termic prin stratul de gheață de la suprafață. Pentru apa de mare densitatea oscilează între 1,020 și 1,029 g/ml, în funcție de salinitate (3,1-3,8 %).

Punct de topire: 0,00 grade Celsius (32 F, 273,15 K). Punct de fierbere: 99,98 grade Celsius (211,96 F, 373,13 K). Punct triplu: 0,01 grade Celsius (32 F, 273,16 K). Presiunea vaporilor: 3,1690 KPa la 25 grade Celsius (0,031276 atmosfere). Energia de fuziune (căldura latentă) este de 333,55 KJ/Kg la 0 grade Celsius și este egală cu energia necesară pentru a încălzi un litru de apă de la 0 la 80 grade Celsius. Căldura specifică a apei la -10 grade Celsius este de 2300 J/(KgK), iar la 100 de grade Celsius este de 2080 J/(KgK). Apa de mare (cu 3,1-3,8 % sare) îngheață la - 1.9 grade Celsius.

Presiunea vaporilor de apă exprimă presiunea exercitată de moleculele de apă aflate în stare gazoasă și crește progresiv de la 0,006 atm (0,6 KPa) la temperatura de 0 grade Celsius, până la 1 atm (101,3 KPa) la temperatura de 100 de grade Celsius. Presiunea de saturație a vaporilor este presiunea la care evaporarea este egală cu condensarea și crește în paralel cu temperatura. Câteva valori de referință pentru temperaturile ambientale sunt: 0,0086 atm (0,87 KPa) la 5 grade Celsius, 0,0121 atm (1,22 KPa) la 10 grade Celsius, 0,0168 atm (1,70 KPa) la 15 grade Celsius, 0,0231 atm (2,33 KPa) la 20 grade Celsius, 0,0313 atm (3,16 KPa) la 25 grade Celsius, 0,0419 atm (4,24 KPa) la 30 grade Celsius, 0,0555 (5,62 KPa) la 35 grade Celsius. Presiunea de saturație a vaporilor este importantă în meteorologie, pentru a putea estima volumul de precipitații ce se vor condensa la o anumită temperatură ambiantă.

Reacție acidă neutră, cu pH=7, compus din Aciditate (pK_a)=13,995 și Bazicitate (pK_b)=13,995. Acid conjugat este ionul de Hydronium (H₃O cu pK_a=0). Bază conjugată este ionul de Hidroxid (OH cu pK_b=0). Pentru apa de mare pH-ul oscilează între 7,8 pe fundul oceanelor și 8,15-8,2 la suprafață, cu extreme de până la 8,4 în zonele cu activitate biologică intensă..

Conductivitate termică: 0,6065 W/(mK) de 30 de ori mai mare decât aerul (0,026 W/mK), dar de 500 de ori mai mică decât cuprul (384,1 W/mK).

Indice de refracție: 1,33 la 20 grade Celsius, mai mare decât aerul (1) sau hidrogenul (1), dar mai mic decât etanolul (1,36), sticla (1,52) sau diamantul (2,417). Apa atmosferică în primul rând, dar și apa oceanelor, joacă un rol esențial în distribuția și filtrarea radiațiilor solare, respectiv a luminii și a căldurii, cu efecte importante asupra climei globale. Indicele de refracție este diferit în funcție de lungimea de undă a radiației luminoase și oscilează între 1,339 la 400 de nanometri și 1,331 la 700 de nanometri, cu valori extreme de 1,396 la 200 nanometri și 1,149 la 2859 de nanometri. Pentru lungimi de undă mai mari, indicele de refracție crește până la 1,478 la 3350 nanometri, apoi scade din nou spre 1,248 la 5900 de nanometri.

Vâscozitate: 0,890 mPas (cP), la 25 grade Celsius, proporțională cu temperatura: 1,305 la 10 C, 1,001 la 20 C, 0,797 la 30 C, 0,546 la 50 C, 0,403 la 70 C și 0,314 la 90 C (comparativ cu mercur 1,526, lapte 2,12, ulei 56,2, miere 2000-10 000, smoală 2,3x10E+11).

Apa este diamagnetică, în special față de magneți superconductori. După magnetizare, evaporarea apei crește cu 38,9 %, punctul de fierbere scade la 97,23 grade Celsius, iar căldura specifică scade. Spectrul de adsorbție pentru radiații cu lungimea de undă cuprinsă între 200 nm și 667 nm este format din 37 000 de linii spectrale, iar unele din domeniul infraroșu formează benzi de adsorbție la: 717 nm, 810 nm, 935 nm (970 nm), 1130 nm (1200 nm), 1380 nm (1450 nm), 1880 nm (1950 nm) și 2680 nm, reprezentând transferul radiației electromagnetice prin atmosfera planetară. Adsorbția este minimă în domeniul microundelor și ultraviolet (0,01), medie în domeniul luminii vizibile (0,01-0,5) și ridicată în domeniul undelor infraroșii (0,5-5). Energia microundelor se disipează în apă, fenomen utilizat în cuptoarele cu microunde (la 2,45 GHz) pentru a dezgheța sau încălzi alimente bogate în apă. Radiocomunicațiile la frecvențe măsurate în GHz sunt dificile sau imposibile în apă. Vaporii de apă din atmosferă adsorb 70 % din energia radiației solare, iar energia disipată astfel crează efectul de seră.

Rezistivitatea electrică a apei este de maxim 18,2 Mohmi/cm, la 25 grade Celsius, dar în prezența sărurilor solvite în apă rezistența scade de sute de ori, până la câțiva Kohmi/metru. Ca urmare, rezistivitatea electrică poate fi un parametru extrem de facil de urmărit, pentru a aprecia volumul de săruri solvite în apă (nu și componența acestora). Pentru apa pură, conductivitatea electrică este de 0,05501 microSvedberg/cm, la 25 de grade Celsius. Ca urmare, în absența sărurilor dizolvate, electroliza apei se produce extrem de lent. Gheața este un izolator electric aproape perfect, dar ca urmare a crăpăturilor și fisurilor are de obicei o conductibilitate electrică măsurabilă, în jur de $1 \times 10E-10$ S/cm.

Apa este un lichid foarte puțin compresibil. La 0 grade Celsius compresibilitatea este de $5,1 \times 10E-10$ Pa, iar rezistența la compresiune este de 2,3 GPa, apropiată de cea a rocilor fragile (cum este creta). Pentru gheață, rezistența la compresiune este de 11,3 GPa, mai mare decât a rocilor fragile (ca urmare, ghețarii sapă în rocile calcaroase). Chiar și la adâncimi de peste 4000 de metri, unde presiune apei atinge 40 MPa, volumul apei scade doar cu 1,8 %.

Sub acțiunea unui câmp electromagnetic, apa poate fi descompusă în atomii constituenți (hidrogen și oxigen), printr-un proces denumit electroliză. La catodul băii de electroliză are loc reacția: $2 H + 2 e = H_2$, iar la anodul băii de electroliză are loc reacția: $2 H_2O = O_2 + 4 H + 4e$. Hidrogenul și oxigenul eliberat formează bule de gaz ce se ridică la suprafață, unde amestecul poate fi colectat, sau aprins pentru a produce energie termică. Pentru apa pură, potențialul minim necesar pentru electroliză este de 1,23 V, la 25 grade Celsius, dar în practică se utilizează tensiuni de 1,48 V.

Sub acțiunea radiațiilor ionizante, apa suferă o serie de transformări fizice și chimice, descrise în peste 3000 de lucrări științifice și tehnice publicate. Apa iradiată prezintă interes în cazul instalațiilor nucleare electrice, sau în laboratoarele de radiobiologie, dar și pentru aplicații industriale ale apei ionizate. În primul rând sunt de interes radicalii liberi (H, OH, H₃O, H₂O₂) și modalitățile de utilizare a lor ca sursă de energie electrică, chimică sau termică. Importantă este și identificarea eventualelor elemente radioactive: uraniu, radu, radon, thoriu, plumb, tritiu, carbon-14, stronțiu sau poloniu, solvite în apă.

BIBLIOGRAFIE:

- | | |
|---------------------|---|
| D. Eisenberg et all | The Structure and Properties of Water |
| W. Robinson et all | Water in Biology, Chemistry and Physics |
| R. Cooke et all | The Properties of Water in Biological Systems |
| W. Benedict et all | Absorbtion Spectrum of Water Vapor Between 4,5 and 13 Microns (Sun light) |
| Y. Wang et all | Effect of magnetic field on the physical properties of water |
| I. Draganic et all | The Radiation Chemistry pf Water |

Proprietăți Chimice

Apa este substanța cel mai bine caracterizată chimic, fiind descrisă ca solvent universal, respectiv ca leagăn al vieții. Apa este amfoterică, adică se comportă în egală măsură atât ca acid cât și ca bază, în funcție de pH-ul soluției, respectiv în funcție de reacția substanțelor cu care intră în contact. Apa este un mediu bun de diluție pentru alcoolii (metanol, etanol, propanol, izopropanol), acetonă, glicerol, 1,4 dioxan, tetrahidrofuran, sulfolan, acetaldehidă, dimetilformamidă, sulfoxid, etilacetat, bromură. Alcoolii, cetonele, carboxilații, și aminele se dizolvă destul de bine în apă. Mai slab se dizolvă alcanii, substanțele alifatice și aromatice, hidrocarburile sau eterii.

Apa reprezintă un excelent mediu de dispersie și respectiv de reacție, pentru o extrem de mare varietate de substanțe, organice sau anorganice. Marea majoritate a organismelor vii conțin peste 70 % apă, motiv pentru care este denumită lichid vital. În mediul mineral, apa interacționează cu argilele, surfactanții sau metalele din compoziția rocilor, cu numeroase aplicații în industria extractivă pentru uleiuri și substanțe minerale, solubile sau decantabile. Fenomenul de hidratare a unor substanțe are loc atunci când o moleculă încărcată ionic, cum sunt acizii, alcoolii sau sărurile, este înconjurată de molecule de apă. Molecula de apă având dimensiunea de 3 Angstromi, de cele mai multe ori fiecare moleculă ionizată este înconjurată de multe molecule de apă, ce anulează astfel polaritatea moleculei. Moleculele nepolarizate, legate covalent, nu formează legături cu apa și sunt astfel insolubile.

Sub acțiunea unor forțe electromagnetice, apa se poate disocia în radicali acizi și bazici, conform ecuației: $H_2O + H_2O = H_3O^+ + OH^-$. Autoionizarea apei pure poate avea loc și spontan, în absența unor interacțiuni energetice, dar constanta de disociere este extrem de mică (1×10^{-14} la 25 grade Celsius). Disocierea apei este maximă în jur de 250 grade Celsius și scade spre temperaturi mai joase, sau la presiuni mai ridicate. Fenomenul de disociere are o importanță maximă pentru tehnicile de desalinizare a apei de mare. Tipic, o instalație prin osmoză inversă (Reverse Osmosis) are capacitatea de a desaliniza 100 000 m³/zi de apă de mare, la un cost mediu de 0,35 dolari/m³. Spre comparație, o instalație prin deionizare capacitivă produce fiecare metru cub de apă dulce la un preț de 0,11 dolari/zi.

Reacția acidă a apei este determinată de substanțele cu care intră în contact nemijlocit. Astfel, în atmosferă, apa intră în reacție cu bioxidul de carbon, pentru a forma acid carbonic. Ca urmare, apa de ploaie are o aciditate medie în jur de pH=5,6. Atunci când în atmosferă există praf ionizat, cu urme de sulfați sau azotați, prin reacție cu apa se formează acid sulfuric, respectiv acid azotic, iar aciditatea scade și mai mult, formând așa numita ploaie acidă, cu pH=4,5-5,6. Acolo unde există industrie clorosodică, ionii de clor contribuie și ei la ploaia acidă prin formarea de acid clorhidric.

Apa izotopică (isotopologues) se formează atunci când în compoziția moleculei intră un izotop de oxigen sau hidrogen. Cel mai frecvent este un atom de deuteriu, astfel de molecule fiind în mediul natural oceanic la concentrații de maxim 155 ppm (155 mg/litru), iar izotopi ai oxigenului O18 sunt prezenți în maxim 0,2 % dintre molecule. Mult mai rar se izolează izotopi de tritiu sau O17. Apa izotopică are proprietăți fizico-chimice diferite, ca urmare a faptului că nucleul este mai greu, iar polarizarea moleculei este diferită. Atunci când concentrația izotopică este mai mare de 155 ppm, se utilizează denumirea de apă grea. Apa grea, în cantități infime este nedetectabilă în organism, dar în cantități sau concentrații mari produce leziuni necrotice, în special în țesuturile bogat vascularizate: retină, creier, rinichi, ficat.

Apa are capacitatea de a funcționa atât ca acceptor cât și ca donator de protoni, în funcție de substanțele cu care intră în contact. În mediu acid acceptă protoni, iar în mediu bazic cedează protoni, până la echilibrarea mediului. În medii chimice complexe, apa poate funcționa și ca ligant între două sau mai multe substanțe, pentru a forma molecule complexe. Exemple tipice sunt substanțele minerale hidratate ce conțin silicați, metale și apă (complexe aquo metalice). În molecula de apă hidrogenul este în starea de oxidare +1, iar oxigenul este în starea de oxidare -2. Ca urmare, apa poate acționa ca oxidant, cum este cazul metalelor alcaline ($Na + 2 H_2O = H_2 + 2 Na + 2 OH$), sau poate fi oxidată de către agenții puternic oxidanți, de obicei în prezența unor catalizatori ($4 AgF_2 + 2 H_2O = 4 AgF + 4 F + O_2$). Prin oxidare se înțelege ardere, deci apa este și un combustibil natural.

În mediu organic, apa reacționează cu moleculele organice fie spre a fi încorporată (hidratare), fie pentru a

rupe molecula organică în două sau mai multe fragmente (hidroliză). Atunci când din molecula organică se desprinde doar apa se utilizează termenul de deshidratare. După tipul de interacțiune cu apa, moleculele sau radicalii activi ai unor substanțe se numesc drept hidrofile (solubile în apă) sau hidrofobe (insolubile în apă). O categorie specială o formează lipidele și substanțele lipofile, capabile de a se organiza structural astfel încât să minimizeze suprafața de contact cu apa. Alte substanțe, denumite amfifile, cu un capăt hidrofil și altul hidrofob, se organizează sub formă de membrane, sau sferule (lipozomi), realizând astfel o interfață între mediul hidrofil și cel hidrofob.

Apa de mare are în compoziție: oxigen 85,84 %, hidrogen 10,82 %, clor 1,94 %, sodiu 1,08 %, magneziu 0,1292 %, sulf 0,091 %, calciu 0,04 %, potasiu 0,04 %, brom 0,0067 %, carbon 0,0028 %. Exprimată molar, apa de mare cu concentrația de 3,5 % conține (mol/kg): apă 53,6, clor 0,546, sodiu 0,469, magneziu 0,0528, sulfatați 0,0282, calciu 0,0103, potasiu 0,0102, carbon total 0,00206, brom 0,000844, bor total 0,000416, stronțiu 0,000091, fluor 0,000068. Mult mai bogată în ioni decât apa dulce, pe lângă sare, apa de mare conține de 2,8 ori mai mult bicarbonat, restul ionilor fiind magneziu, calciu și sulfatați. Sub formă de aminoacizi, apa de mare poate conține și 2 micrograme/litru de azot proteic.

În chimie, apa se utilizează ca solvent sau reactant, rar ca substanță dizolvată sau catalizator. Apa este un foarte bun solvent pentru substanțele cu moleculă asemănătoare, cum sunt compușii hidrogenului cu elementele din grupa calcogenelor (H₂S, H₂Se, H₂Te, H₂Po, H₂O₂, H₂S₂, H₂Se₂, H₂Te₂).

Chimia aquatică se ocupă cu procesele și reacțiile chimice ce interesează apa în mediul natural (oceane, lacuri, ape curgătoare), format din numeroase ansambluri minerale și faze gazoase (atmosfera) sau lichide (apa dulce în apa sărată). Dintre elementele chimice, apa reacționează mai ales cu nemetale: carbon, azot, oxigen, siliciu, fosfor, sulf, clor, iod și mai puțin cu metale precum: calciu, magneziu, sodiu, potasiu, fier, stronțiu, bariu, arsen. Așa se explică de ce organismele vii mustesc de apă, elementul fundamental al vieții, mediul în care au loc toate reacțiile organice ale substanței vii. Interacțiunea apei cu rocile din sol este importantă atât pentru studii de geodezie, cât și pentru studii biochimice, microbiologice sau biologice referitoare la circuitul în natură al apei și al substanțelor solvite.

Reacțiile cu substanțele aflate în contact au loc până când se atinge un echilbru chimic și electrochimic, influențat însă de factori externi cum sunt: temperatura mediului, presiunea, termodinamica sistemului, interfețele gaz-lichid și lichid-solid, intervenția unor factori biochimici, intervenția umană. Metodele grosiere de evaluare a calității apei se rezumă la determinarea reacției acide (pH-ul) și a conductanței electrice (totalul radicalilor ionici), iar metodele specifice măsoară cantitativ prezența fiecăruia dintre elementele chimice. Din punct de vedere biologic, calitatea apei se estimează prin totalul substanțelor organice dizolvate și prin numărul de colonii bacteriene dezvoltate în mediul de cultură.

Reactivitatea chimică a apei naturale depinde de coeficientul ionilor activi dizolvați în apă, principalii fiind: NaCl, CaCl₂, LaCl₃, MgSO₄. Diametrul ionilor activi este cuprins între 2,5 Angstromi (Ag, Cs) și 11 Angstromi (Th, Zn, Sn), majoritatea lor fiind însă în jurul dimensiunii de 3-6 Angstromi (Na, Cl, NO₂, NO₃, OH, HCO₃, HSO₃, Fe, Mn, Pb, COOH). Tăria ionică depinde de starea de oxidare și variază începând de la 0,009 pentru ionii mari în starea de oxidare +5, crescând până la 0,975 pentru ionii aflați în starea de oxidare +1 (Na, Li, K). Energia de ionizare este cea care guvernează interacțiunea apei cu elemente aflate în una dintre stările de oxidare. Cu cât energia de ionizare este mai mică, cu atât reacția este mai probabilă și mai rapidă.

BIBLIOGRAFIE:

- | | |
|----------------------|--|
| Mark Benjamin | Water Chemistry |
| F. AlMarzooqi et all | Application of Capacitive Deionisation in Water Desalination: A review |
| R. Charlson et all | Factors controlling the acidity of natural rainwater |
| C.A. Johanson et all | Acidity of Rain and Fog: Conceptual Definitions and Practical Measurements |
| P. Brezonik | Chemical Kinetics and Process Dynamics in Aquatic Systems |
| W. Stumm et all | Aquatic Chemistry - Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters |
| S. Brantley et all | Kinetics of Water-Rock Interaction |

John Hem
Werner Stumm

Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water
Aquatic Surface Chemistry

Structură

Molecula de apă este formată din doi atomi de hidrogen și unul de oxigen. Până în prezent au fost descriși trei izotopi ai hidrogenului și șase izotopi ai oxigenului, astfel că sunt posibile un mare număr de combinații, dar în imensa lor majoritate moleculele de apă sunt formate din izotopii stabili H1 și O16. Energia necesară pentru formarea moleculelor de apă este de -221,54 Kcal/mol, la temperatura de 25 C. Dimensiunea fiecărei legături de hidrogen din moleculă este de 0,95718 Angstromi, iar unghiul format între cei doi atomi de hidrogen este de 104,523 de grade. Astfel, molecula are forma unui triunghi isoscel, cu atomul de oxigen în vârf și unghiul puțin obtuz. Dimensiunea moleculei de apă nu este fixă ci depinde de starea cuantică a moleculei. Vibrația este mică, dar valorile extreme sunt între 1,0229 -2,9436 Å, pentru o valoare medie de 1,9207 Å. Vibrația poate avea loc fie în ceea ce privește unghiul dintre atomii de hidrogen, cu oscilații de până la 5-6 grade, fie în ce privește lungimea legăturii de hidrogen, cu oscilații de până la 0,006 Å.

Electronegativitatea atomului de oxigen este de 3,5 kJ/mol, iar cea a atomului de hidrogen este de 2,1 kJ/mol, astfel că în jurul atomului de oxigen există un câmp mai pronunțat electronegativ decât în jurul atomilor de hidrogen. Ca urmare, atomii de hidrogen sunt atrași spre atomul de oxigen, pentru a forma legături O-H polarizate (dipoli), mai negative spre oxigen, mai pozitive spre hidrogen. Electromagnetic, molecula de apă este formată din doi astfel de dipoli, la un unghi de 105 grade, cu un câmp electromagnetic rezultat. Ca urmare, constanta dielectrică a apei este de 80, comparativ cu 1,9 cât are o moleculă nepolarizată cum este hexanul.

În funcție de temperatură, apa trece prin trei stări: solidă, lichidă și gazoasă (vopori). Apa lichidă este tetrahedrală (piramidă triunghiulară), prin legături de hidrogen, chiar și atunci când cei trei atomi ce formează o moleculă sunt coplanari. Oxigenul având 6 electroni pe stratul de valență, cei patru electroni rămași liberi ocupă cele două colțuri libere ale piramidei, fiind capabili de a forma noi legături. Ca urmare, interacțiunile cu alte molecule sunt puternic orientate, iar legăturile de tip Van der Waals adaugă forțe suplimentare de atracție/respingere. Au fost propuse numeroase modele teoretice pentru structura apei, dar toate au un element comun: există o relație de proporționalitate între volum și energia termică, respectiv între temperatură și presiune. La presiuni diferite, gheața cristalizează diferit. Astfel, la presiuni mici, structura este hexagonală, formată din câte 6 molecule de apă legate prin legături de hidrogen, în timp ce la presiuni foarte mari structura este cubică, formată din câte 4 molecule de apă, iar legăturile de hidrogen sunt atât de comprimate încât devin egale cu legăturile covalente dintre oxigen și hidrogen. La presiuni normale, fulgii de zăpadă pot avea 6 axe de simetrie, deoarece fiecare dintre cei 6 atomi poate forma un nou centru de simetrie. În cazul interacțiunii cu alte molecule, apa formează structuri orientate hidrofob în jurul ionilor de mare dimensiune, dar în jurul ionilor mici interacțiunile hidrofobe sunt anulate iar solubilitatea crește. În jurul unei perechi ionice, apa formează structuri diferite, în funcție de distanțele dintre anioni și cationi. Astfel în cazul distanțelor mari, fiecare ion este solvit separat, iar în cazul distanțelor mici, perechea de ioni formează un centru unic de nucleere (fenomen important pentru formarea picăturilor de apă, respectiv a ploii). Aerul funcționează ca o interfață hidrofobă, iar, dacă au libertate, moleculele de apă se rotesc astfel încât să favorizeze legăturile de hidrogen. În interiorul structurilor nanotubulare, apa se structurează în funcție de dimensiunea nanotubulilor. În interiorul unor rețele atomice, sau al unor cristale de gheață, apa formează structuri cubice, la fel ca sub presiune. În condiții de presiune crescută, apa devine un lichid supercritic, când nu se poate face distincția dintre starea lichidă și cea gazoasă. Astfel de condiții apar în mediu vulcanic, la temperaturi de peste 374 C (647 K) și presiuni de peste 22 MPa (cum sunt pe fundul oceanelor la adâncimi de peste 2200 metri), când apa poate penetra rocile poroase la fel ca un gaz fierbinte.

Ca urmare a structurii cu formă triunghiulară molecula de apă este polarizată, adică formează un dipol electromagnetic, cu atomul de oxigen încărcat parțial negativ și cei doi atomi de hidrogen încărcăți parțial

pozitiv. Ca urmare, moleculele de apă se pot agrega prin legături de hidrogen, formând un fel de polimer. Polimerizarea apei poate fi facilitată de prezența unor substanțe catalizatoare, cum sunt isocianurile, bromoalkinele sau poliamidele cu greutate moleculară mare. Apa polimerizată este un bun mediu de diluție pentru formarea unor alți polimeri. Unii solvenți, cum sunt benzenul și toluenul facilitează polimerizarea apei. Polaritatea moleculelor de apă explică de ce apa aderă atât de ușor la sticlă, sau chiar la o pânză de paianjen, iar în interiorul celulelor vii aderă la suprafețele hidrofile ale proteinelor de membrană. Tensiunea superficială a apei este de 71,99 mN/m la temperatura de 25 grade Celsius. În trunchiul arborilor cei mai înalți, forța de adeziune permite ca prin capilaritate apa să se ridice spre vârf, până la peste 100 de metri înălțime. La temperaturi joase, apa polarizată formează structuri hexagonale, în care 6 molecule de apă se unesc pentru a forma cristale cu 6 puncte de nucleere (6 grade de libertate). În interiorul nanotuburilor, gradele de libertate fiind limitate, apa se organizează tunelar (quantum tunneling of water) iar cristalele hexagonale nu se mai pot forma.

Pentru apa structurată există modele pentru $n=3-60$ molecule de apă, legate între ele prin legături de hidrogen, pentru a forma diverse structuri geometrice (icosaedru, dodecaedru etc). Aceste structuri sunt însă greu de observat experimental, deoarece legăturile de hidrogen se formează și se desfac extrem de repede, uneori la mai puțin de 200 femtosecunde. Clustere (grupări) ale moleculelor de apă se observă mai ușor în amestecuri cu solvenți nepolarizați, sau prin difracție cu raze X a unor structuri cristaline din componența unor hidrați.

Structura apei este importantă pentru înțelegerea interacțiunii cu alte molecule, în special cu moleculele biologice, cum sunt cele din membranele celulare, acizii nucleici sau proteinele din plasmă. Apa este o moleculă foarte mică (1,9 Å), polarizată, cu moment dipolic și formează ușor legături de hidrogen, astfel că are tendința de a se aglomera în jurul moleculelor mari, pentru a forma un fel de înveliș. Complexele moleculare astfel formate se denumesc de obicei ca molecule hidratate și pot conține 2-10 molecule de apă.

Interacțiunea cu alte molecule este esențială atunci când apa pătrunde prin capilaritate, sau forțat, în interiorul unor structuri solide, cu diametre forate mici, cum sunt de exemplu nano tubulii de carbon (filtre de carbon), cu numeroase aplicații industriale, printre care desalinizarea apei de mare, sau producerea de energie electrică. Structura apei restricționată fizic este esențială și în biologie, cum este cazul pompelor de ioni din membranele celulare, capabile să realizeze un gradient electric între două compartimente. În interiorul nano tubulilor de carbon apa pătrunde în șiruri înălțuite de molecule, vibrația moleculelor este mult încetinită (scad gradele de libertate), iar starea de relaxare durează mult mai puțin.

Interacțiunea cu molecule organice mari, cum sunt de exemplu fosfolipidele din membranele celulare, depinde de distanța față de terminațiile hidrofobe. S-a observat că membranele fosfolipidice induc perturbări structurale ale moleculelor de apă până la distanțe de circa 30 Angstromi (cât 15 straturi de molecule de apă). În caz că monostraturile fosfolipidice sunt tăiate la dimensiuni de 10-15 Å, perturbările se reduc la 20-25 %, deci câmpul electromagnetic este cumulativ. Perturbările structurale sunt cu atât mai mari cu cât moleculele de apă sunt mai aproape de membrana hidrofobă. Cu alte cuvinte, în vecinătatea structurilor hidrofobe moleculele de apă sunt comprimate spre starea de minimă vibrație.

Interacțiunea cu moleculele mult mai rarefiate ale gazelor din atmosferă, la interfața dintre apă și aer, are loc exact invers decât interacțiunea cu corpurile solide. Ca urmare a densității scăzute, moleculele de apă se relaxează la maximum, gradul de libertate crește, iar unele dintre legăturile de hidrogen se desfac, astfel că moleculele izolate de apă pot fi ușor vehiculate de cei mai mici curenți de aer, fenomen cunoscut sub denumirea de evaporare.

În concluzie, se poate vorbi despre o anumită elasticitate a moleculelor de apă, în funcție de interacțiunea cu molecule de alt tip. În schimb, interacțiunea cu moleculele de apă învecinate este o constantă, astfel că apa lichidă este extrem de puțin compresibilă, indiferent de presiunile aplicate.

BIBLIOGRAFIE:

- D. Eisenberg et all The Structure and Properties of Water
Biman Bagchi Water in Biological and Chemical Processes From Structure and Dynamics to Function

Yizhak Marcus	Effect of Ions on the Structure of Water: Structure Making and Breaking
E. Brini et all	How Water's Properties Are Encoded in Its Molecular Structure and Energies
Jie Zhang et all	Facile Polymerization of Water and Triple Bond Based Monomers
M. Gordon et all	The polymerization of water in benzene and toluene
Tanya Raschke	Water structure and interactions with protein surfaces
H. Bakker et all	Vibrational Spectroscopy as a Probe of Structure and Dynamics in Liquid Water
S. Chakraborty et all	Confined Water: Structure, Dynamics and Thermodynamics
H. Alper et all	Computer simulation of a phospholipid monolayer-water system
M. Bonn et all	Molecular Structure and Dynamics of Water at the Water-Air Interface

Compuși Chimici

Există un număr extrem de mare de substanțe chimice în componența cărora intră atomi de hidrogen și oxigen, astfel că în urma unor reacții chimice rezultă diverși radicali și apă. Este așa numita apă legată, cantonată fie în substanțe minerale, fie în substanțe organice. Până în prezent au fost descriși peste 1000 de hidrați anorganici și peste 300 de hidrați organici, iar lista nu este încă încheiată.

Hidratarea mineralelor este o reacție în urma căreia apa este inclusă în structura cristalină a mineralului respectiv, în urma unui proces denumit metamorfism retrograd. De obicei se însoțește de metasomatism, adică de alterarea rocii prin lichid hidrotermal, sau prin alte lichide. Hidratarea are loc fie prin conversia unui oxid la un hidroxid, cum este de exemplu CaO la Ca(OH)₂, fie prin încorporarea apei direct în structura cristalină, cum este cazul feldsparilor, argilei sau al muscovitului. Exemple de minerale hidratate sunt: alofan (30-40 %), alunite (13 %), annabergit (25 %), apofilit (16 %), ardealit (25 %), auricalcit (8-10 %), azurit (5 %), boehmit (11-15 %), brucit (30 %), calcanit (36 %), caolinit (14 %), carnalit (39 %), clinoclor (10-12 %), cloritoid (7 %), desmin (18 %), diadochit (26-30 %), dioptaz (12 %), ehlit (6 %), epistilbit (12 %), evansit (41 %), farmacosiderit (17-19 %), gips (21 %), glauconit (8-12 %), goslarit (43 %), halloysit (14-16 %), hemimorfit (7-9 %), hidromagnezit (19-20 %), hisingerit (14-21 %), hoernesit (29 %), inesit (8-9 %), johanit (14-17 %), kainit (20-22 %), kieserit (13 %), kolbeckit (21 %), lanthanit (23 %), laumontit (11-15 %), lepidolit (5-6 %), limonit (10-14 %), lotrit (6 %), malachit (8 %), manganit (19 %), melanțerit (45-46 %), mirabilit (55-56 %), montmorillonit (8-23 %), muscovit (5 %), nacrit (14 %), natrolit (10 %), neotokit (12-14 %), nontronit (9-16 %), opal (31 %), phillipsit (17 %), picromerit (27 %), piroclor (2-12 %), pirofilit (6 %), pitticit (24-29 %), polihalit (6 %), prehnit (5 %), saponit (15-18 %), sepiolit (20-22 %), serpentine (12-15 %), skorodit (15 %), soda (60-62 %), talc (5 %), tirolit (16-17 %), topaz (2-9 %), tungstit (12-14 %), vad (10-12 %), valeriit (10-13 %), veszelyit (16-17 %), vivianit (28-29 %), wavelit (26-29 %), whewellit (12-13 %). Prezența apei în structura cristalină a unor depozite minerale atestă interacțiunea cu apa, uneori la milioane de ani după ce apa a dispărut din arealul respectiv, cum este cazul rocilor Marțiene.

Apa este un tampon natural, capabil să neutralizeze mici cantități de acizi sau baze tari. Capacitatea de tamponare se măsoară prin titrare cu acizi sau baze. În mare parte, sistemul tampon se datorează acidului carbonic, calcitului și argilelor dizolvate în apă, prin CaO, MgO, CO₂, SO₃ și H₂O. Fiecare mineral are o constantă de echilibru între radicalii ionici și sarea neutră. În cazul carbonatului de calciu, solubilitatea este în funcție de presiunea CO₂, temperatură și pH-ul soluției. Astfel, pentru diferitele specii minerale constanta de echilibru variază între 8,33 pentru calcit, magnezit sau aragonit, până la 46 pentru azurit sau hidroceruzit.

Alterarea chimică (eroziunea rocilor prin precipitații, cursuri de apă sau infiltrații) este cel mai important proces în urma căruia compoziția chimică a apei poate suferi transformări semnificative. Durata procesului de alterare depinde de caracteristicile rocii, cu variații între 70-100 ani pentru wollastonit și anorthit, până la 600 000 de ani pentru caolinit sau 2-3 milioane de ani pentru cuarț. Ca urmare a alterării, aproape toate elementele chimice pot intra în reacție cu apa, pentru a forma compuși anorganici, dar cei mai frecvenți radicali din compoziția rocilor sunt: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MnO, CaO, CaCO₃, Na₂O, K₂O, TiO. Câteva exemple

de compuși minerali hidratați sunt: alofan ($\text{Al}_2\text{O}_3(\text{SiO}_2)_2 \times 3 \text{H}_2\text{O}$), brucit ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), calcanit ($\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$), carnalit ($\text{KCl MgCl}_2 \times 6 \text{H}_2\text{O}$), glosarit ($\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$), hidromagnezit ($\text{Mg}_5(\text{CO}_3)_4 (\text{OH})_2 \times 4 \text{H}_2\text{O}$), kainit ($\text{KMg} (\text{SO}_4)\text{Cl} \times 3 \text{H}_2\text{O}$), manganit ($\text{MnO} (\text{OH})$), melanterit ($\text{FeSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$), mirabilit ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10 \text{H}_2\text{O}$), opal ($\text{SiO}_2 \times n \text{H}_2\text{O}$), sepiolit ($\text{Mg}_4\text{Si}_6\text{O}_{15} (\text{OH})_2 \times 2 \text{H}_2\text{O}$), soda ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10 \text{H}_2\text{O}$), vivianit ($\text{Fe}_3 (\text{PO}_4)_2 \times 8 \text{H}_2\text{O}$).

Elementele minerale prezente în apă exercită un rol esențial în determinarea caracteristicilor fizico chimice ale apei naturale, prin raportare la apa distilată. Reactivitatea chimică, conductivitatea electrică, presiunea osmotică, densitatea și reacția pH sunt în strânsă relație cu presiunea ionică a apei, în special în cazul apelor sărate sau sulfuroase. Argilele și nisipurile fine modifică radical compoziția chimică a apei doar atunci când sunt angrenate mecanic, în urma unor curgeri turbulente sau a unor precipitații abundente.

Pe lângă mecanismele naturale de interacțiune cu mediul mineral, elemente metalice pot ajunge în compoziția apelor de suprafață și prin intervenție umană, din apele industriale uzate eliberate în mediu de industria chimică. La scară locală, aceste deversări ating uneori proporții dramatice cu afectarea întregului ecosistem. De exemplu, în urma exploatării zăcămintelor de cupru, au fost contaminați peste 1600 de kilometri pătrați din bazinul râului Clark Fork River (Montana, USA), iar metalele au atins concentrații toxice până la mai mult de 560 de kilometri în aval de regiunea minieră. Un fenomen asemănător s-a înregistrat și la noi, în trecut, în bazinul râului Jiu.

Apa mai poate fi inclusă în structura unor substanțe minerale și în urma unor reacții biochimice din interiorul unor organisme vii, cum este cazul fosfaților de calciu (apatita) sau al carbonaților de calciu (calcit).

Hidratarea, în general, se referă la orice reacție chimică prin care o substanță se combină cu apa. În chimia organică, apa este adăugată la un substrat nesaturat, de obicei un alcan sau o alchenă, iar rezultatul este un alcool. Plantele sunt responsabile pentru sinteza celor mai multe dintre substanțele organice hidratate, întraga lor existență fiind centrată în jurul proceselor de recirculare a apei. Plantele adsorb apa din sol, o ridică prin capilaritate până la înălțimi de câteva zeci de metri, apoi o evaporă prin porii frunzelor, după ce a participat la reacții de fotosinteză. Dintre hidrații organici un rol aparte îl ocupă carbohidrații, substanțe organice esențiale în metabolismul oricărui organism viu, în special al celor de origine vegetală. Cunoscuți mai ales sub denumirea de zaharuri, în funcție de lungimea catenei, carbohidrații pot fi subîmpărțiți în: monozaharide (glucoză, fructoză, xyloză, galactoză), dizaharide (lactoză, maltoză, sucroză), oligozaharide (glicoproteine, glicolipide) și polizaharide (amidon, glicogen, celuloză, pectine, hidrocoloizi). Prezența apei este esențială pentru biosinteza (fotosinteza) acestor substanțe nutritive. În condiții de stress hidric, planta își rezumă activitatea metabolică la menținerea în viață a rădăcinilor și limitează procesele sinteză a unor substanțe organice. În anii secetoși, bobul de grâu este mic, cu un conținut redus de amidon și fructoză.

Alte clase mari de compuși chimici, sintetizați în natură de către organismele vegetale sunt: flavonoidele (flavonoli, izoflavone, flavanone, catechine, antocianine, calcone), pigmenții vegetali (betacianine, betaxantine), alkaloizi (stricnină, chinină, cofeină, nicotină, atropină, codeină, teobromină, teofilină, papaverină, pilocarpină, ergotamină, rezerpină). Chiar și atunci când nu conțin apă, aceste substanțe sunt hidrosolubile, adică pot fi extrase prin fierbere. Extrase și concentrate, aceste substanțe au format încă din Antichitate baza de tratament medical a diferitelor stări patologice, în special a tratamentului împotriva durerii. Baza biochimică a efectului antalgic o formează legarea moleculelor de apă, având ca rezultat o mobilitate redusă a mediatorului chimic. Practic, anestezia se produce prin intoxicație.

Atunci când o substanță organică conține atomi sau grupări chimice hidrofiele, este mult mai miscibilă cu apa decât în absența acestor interacțiuni. Uneori, interacțiunea este atât de puternică încât se formează legături de hidrogen permanente și se formează un nou tip de moleculă (un hidrat). În cazul moleculelor organice mici, interacțiunea este uneori atât de puternică încât gelifică apa (hidrogelatori) formând o rețea de microfibrile în jurul unei substanțe ionice, insolubile. Acest fenomen este exploatat în farmacodinamică pentru incorporarea unor medicamente, astfel încât eliberarea și adsorbția lor să fie mult încetinită, pentru un efect prelungit. Tipic, astfel de substanțe sunt lipoproteine amfifile, surfactanți sau zaharuri.

BIBLIOGRAFIE:

H. D. Gonzales et all	Water Extraction of Bioactive Compounds From Plants to Drug Development
A. Kameli et all	Carbohydrates and water status in wheat plants under water stress
R. Huguenin et all	The formation of goethite and hydrated clay minerals on Mars
A. Rivkin et all	Hydrated Minerals on Asteroids: The Astronomical Record
J. Dorvee et all	Water in the formation of biogenic minerals: Peeling away the hydration layers
L. Staveley et all	The Hydrogen Bond and the Hydration of Organic Molecules
George Jeffrey	Water structure in Organic Hydrates
L. Estroff et all	Water Gelation by Small Organic Molecules

Biochimia Apei

În mediul natural, toate reacțiile chimice aflate în contact interacționează până la atingerea unui punct de echilibru chimic, punct ce oscilează la rândul lui în funcție de schimbarea condițiilor de mediu. Apa, fiind un solvent universal, intermediază mii de astfel de reacții chimice, unele extrem de abundente, altele extrem de rare. O primă categorie o reprezintă interacțiunea cu substanțele minerale din sol, dintre care silicații și oxizii metalici formează categoria cea mai abundentă. Aproape toate speciile utilizează acest tip de reacții ca sursă de energie metabolică, sau ca matrițe pentru sinteze organice, cu diferența că în cazul organismelor vii oxizii metalici sunt înglobați în structuri proteice, pentru a forma enzime. Energia potențială înmagazinată de o substanță chimică se definește în mod curent prin termenul de entalpie, iar cantitatea de energie termică în raport cu unitatea de temperatură se definește ca entropie (gradul de dizordine al moleculelor de substanță). Dintre factorii de mediu, temperatura și presiunea sunt cei care influențează cel mai mult echilibrul reacțiilor din mediul aquatic. Temperaturile extreme oscilează între minus 50-60 grade Celsius în mediul Arctic și 1000-3000 grade Celsius în mediul vulcanic, iar presiunile extreme oscilează între 0,8-0,9 atmosfere în straturile superioare ale atmosferei și câteva sute de MPa, la mari adâncimi și în cursul mișcărilor tectonice. Imensa majoritate a reacțiilor au loc însă la temperaturi medii situate între 0-35 grade Celsius și presiuni între o atmosferă și 500 de atmosfere (pe fundul oceanelor).

Interacțiunea apei cu diferitele substanțe se poate face cu degajare de energie (reacții exoterme) sau cu consum de energie (reacții endoterme). Gradul de entalpie al reacțiilor se măsoară în kcal/mol și poate oscila între - 2000 și + 250 kcal/mol. Exemple: CO₂ -94 kcal/mol, HCO₃ -165 kcal/mol, Ca²⁺ -129 kcal/mol, CaCO₃ -288 kcal/mol, HNO₃ -832 kcal/mol, H₂SO₃ -1910 kcal/mol, H₂SO₄ -854 kcal/mol, HCOOH -547 kcal/mol, CH₃COOH 10,58 kcal/mol, CaSO₄ 87 kcal/mol, SrCO₃ 155 kcal/mol, AlOH₃ 226 kcal/mol. Fiecare mineral are parametrii săi de reacție, dar cele mai frecvente interacțiuni sunt cu minerale silicate, cu un grad de entalpie situat între - 45 și 5-6 kcal/mol, adică cu oscilații în jurul valorii zero.

Fiind o moleculă polarizată, apa are capacitatea de a funcționa ca ligand, adică de a se combina cu un cation, pentru a forma un complex molecular. De cele mai multe ori, ionii metalici, cum sunt cei de Cu, Hg, Pb, Fe sau U sunt deja complexați cu alte substanțe anionice, dar mai prezintă încă valențe libere pentru expandarea complexului molecular prin înglobare de apă. Prin hidratare, complexe moleculare ionice devin mult mai ușor de adsorbit în mediul organic, astfel că biodisponibilitatea și toxicitatea metalelor depinde mai mult de gradul de complexare cu apă, decât de concentrația lor în apă. Numărul de molecule de apă ce pot fi complexate cu un cation este direct proporțional cu sarcina electrică a cationului (electronegativitatea) și invers proporțională cu dimensiunea fizică a cationului. Cunoșcând compoziția chimică a unei substanțe, dinamica reacției de hidratare este predictibilă și calculabilă. În medii organice, cum este de exemplu organismul uman, termodinamica reacțiilor cu apa este relativ o constantă, cu mici variații legate de aportul de apă și microelementele din hrană.

În cazul interacțiunii cu molecule nepolarizate, cum sunt gazele, acizii slabi și multe dintre substanțele organice, intensitatea reacției este o constantă ce depinde doar de concentrația celorlalte substanțe ionice dizolvate în apă. De exemplu, în apa de mare, tăria ionică este $I=0,7$ iar constanta de ionizare K_i , la 25 de

grade C, este: 0,094 pentru H₂, 0,132 pentru O₂, 0,20 pentru N₂, 0,129 pentru CH₄, 0,066 pentru CH₃COOH, 0,231 pentru H₂CO₃, 0,020 pentru H₂S, 0,052 pentru H₃PO₄, 0,036 pentru NH₃. Și în cazul moleculelor nepolarizate, coeficienții de activitate a reacțiilor pot fi precalculați, cu importanță mare în cazul instalațiilor de tratare și decontaminare a apei.

Măsurarea pH-ului, respectiv reacția acidă a apei, este un indicator al gradului de disociere, respectiv al nivelului global de interacțiune cu substanțele prezente sau dizolvate în apă. Cu aparatura modernă, precizia de măsurare este în jur de 0,005 unități, iar în cazul măsurătorilor obișnuite de laborator precizia este în jur de 0,02 unități. Măsurătoarea reflectă doar o valoare de moment, astfel că pentru determinări extrem de exacte este recomandabilă măsurarea pH-ului în flux continuu și calcularea unei valori medii. Apa distilată are pH=7, apele minerale pot avea pH-ul în jur de 4,5 iar apa de mare are pH=8,15, ca urmare a prezenței bicarbonaților de calciu. Rare ori, apele de adâncime pot avea un pH mai mare decât 8,5. În apă, acizii și bazele lor se află în mod normal în echilibru. Constanta de echilibru (pKa) oscilează însă astfel: -3 pentru HCl și Cl⁻, -3 pentru H₂SO₄ și HSO₄⁻, 0 pentru HNO₃ și NO₃⁻, 2,15 pentru H₃PO₄ și H₂PO₄⁻, 3,75 pentru HCOOH și COOH, 6,35 pentru H₂CO₃ și HCO₃⁻, 7,03 pentru H₂S și HS⁻, 7,20 pentru H₂PO₄ și HPO₄⁻, 9,24 pentru NH₄⁺ și NH₃, 14 pentru H₂O și OH⁻. Este ușor de observat de ce carbonații și sărurile fosfatice acționează pe post de tampon de pH, în timp ce acizii sau bazele modifică radical pH-ul apei, chiar în concentrații foarte mici.

Cel mai abundent acid din mediul natural este acidul carbonic. Ionul bicarbonic este predominant în apele dulci și de adâncime, dar și în apele marine sau oceanice. Reacția generală și reversibilă este: CO₂ + H₂O = H₂CO₃, cu o constantă de echilibru $K_{eq} = 2,6 \times 10^{-3}$. Cu alte cuvinte, în mod normal în apă acidul carbonic nu depășește concentrații de 0,3 %, deoarece disociază iar CO₂ se ridică la suprafață.

Cea mai importantă interacțiune a apei în mediul natural este interacțiunea cu solul, în special cu solul agricol, cel situat în primii 45-100 de cm față de suprafața solului. Pe lângă substanțe minerale, humusul conține numeroase substanțe organice, ce pot fi grupate în humice (celuloză, lignină, tanini, cutine, alte substanțe rezultate din decompoziția plantelor și animalelor) și substanțe nonhumice (carbohidrați, proteine, peptide, aminoacizi, grăsimi, ceară, alcoolii). Substanțele humice au un grad diferit de solubilitate în apă, în funcție de substanțele din compoziția lor (humină, acid humic, acid fulvic, acid hematomelanic), în timp ce substanțele nonhumice se dizolvă ușor în apă, sau formează emulsii. Extrem de rezistente la biodegradare, substanțele humice se impregnează și rețin apa mult mai bine decât substanțele minerale sau cele nonhumice, având un rol esențial în menținerea umidității solului (până la 14 zile). Pe lângă formarea naturală, producția antropogenă de substanțe humice este în permanentă creștere, deoarece sunt esențiale pentru reabilitarea solurilor erodate.

În mediu organic, reacțiile dintre apă și diferitele substanțe pot duce la clivarea moleculelor respective (hidroliză) sau la încorporarea moleculei de apă (hidratare). Sărurile și acizii reprezintă exemplele tipice de hidroliză în chimia anorganică, în timp ce în chimia organică prototipul îl formează degradarea carbohidraților și ciclul acizilor carboxilici. Astfel, prin degradarea enzimatică a unei molecule de glucoză, rezultă acid lactic, ATP și două molecule de apă. Ciclul acizilor carboxilici, cunoscut sub numele de ciclul Krebs, grupează o serie întreagă de reacții chimice din care rezultă produși importanți pentru sinteza aminoacizilor și a acizilor grași. Bilanțul general al reacției arată că în cadrul ciclului se consumă apă, ca sursă de energie chimică. Pornind de la o moleculă de glucoză și 6 molecule de apă, în urma glicolizei rezultă 6 molecule de CO₂ și 4 molecule de apă.

În concluzie, apa este fie reactant fie produs de reacție în numeroase reacții biochimice implicate în metabolismul unor substanțe precum: zaharurile, proteinele, lipidele, acizii nucleici, acizii și alcoolii organici, grupările fosfatice. Exemple de hidroliză sau sinteze cu consum de apă sunt: 6 CO₂ + 6 H₂O = glucoză, anhidridă acidă + H₂O = acetat, pirofosfat + H₂O = fosfat, glicoză-6-fosfat + H₂O = glucoză + fosfat, glutamină + H₂O = glutamat, zaharoză + H₂O = glucoză + fructoză, ATP + H₂O = ADP + fosfat, ADP + H₂O = AMP + fosfat, AMP + H₂O = adenzină, aminoacid + H₂O = cetoacid, asparagină + H₂O = acid aspartic. Exemple de reacții cu eliminare de apă sunt: malat = fumarat + H₂O, glucoză + 6 O₂ = 6 CO₂ + 6 H₂O, acid palmitic + 23 O₂ = 16 CO₂ + 16 H₂O, 2 H₂S + CO₂ = CH₂O + H₂O, acid izopropilic + CO₂ = acetona + H₂O.

În nutriție, accentul se pune doar pe carbohidrați, lipide și proteine ca surse de energie biochimică, dar nu

trebuie uitat că o mare parte din energie este înmagazinată în moleculele de apă. Glucoza nu este decât un ansamblu format din șase molecule de apă și șase molecule de CO₂. Nu este greșit atunci când se afirmă că apa nu este doar un mediu pentru dizolvarea unor substanțe ci este mediul energetic în care au loc aproape toate reacțiile biochimice. Plantele au o capacitate uluitoare de a înmagazina energia solară, cuplată cu energia biochimică a apei sub forma unor molecule polimerice de amidon, amilopectină sau celuloză. Toată această energie este valorificată industrial, pentru extragerea de materii prime necesare industriei alimentare. Peste 70 % din amidonul alimentar provine din porumb, 12 % din cartofi și 8 % din cereale. Doar în Europa se procesează anual peste 11 milioane de tone de amidon, iar pe plan mondial producția anuală este de peste 66 milioane de tone.

Polimeri ai apei se utilizează industrial nu doar ca sursă directă de energie ci și ca mediu de dispersie al altor substanțe. De exemplu, în extracția produselor petroliere, se utilizează polimeri de acrilamidă, dextran sau amidon, pentru a schimba rheologia lichidelor nonpolare, astfel încât hidrocarburile cu densitate mult mai mică să se aglomereze în straturile superioare, de unde sunt mai ușor de extras.

O altă reacție de hidroxilare la nivel industrial este cea a substanțelor epoxidice. Doar pentru industria auto se produc astfel peste 204 milioane de tone de etilen glicol, utilizat ca agent antifreeze. La o scară infinit mai mică, astfel de reacții au loc și intracelular, unde enzime precum catalaze ale hemoproteinelor pot cataliza la nivelul citocromilor 450 reacții de epoxidare și hidroxilare. Hidroxilaze epoxidice au fost descrise atât în ficatul mamiferelor cât și în compoziția unor organisme microbiene sau fungice. În general, hidroxilarea compușilor aromatici prezintă un larg interes în sinteza de precursori ai industriei farmaceutice.

Chiar și atunci când reacțiile industriale de biosinteză au loc în alți solvenți organici decât apa, enzimele utilizate pentru catalizarea reacțiilor au nevoie de puțină apă pentru menținerea structurii și a flexibilității. Astfel, în cazul solvenților polari se adaugă 1- 3 % apă, iar în cazul solvenților nonpolari se adaugă 0,05-1 % apă. În majoritatea cazurilor, enzimele nu se dizolvă în aceste medii, ci rămân sub formă de pudră, iar atunci când se dizolvă se inactivează. Cel mai simplu exemplu pentru astfel de reacții îl favorizează formarea de miceli inversate (lipozomi), unde mici picături de apă sunt înconjurate de un surfactant, cu capătul hidrofob spre exterior. Se formează astfel mici compartimente, cu substanța bioactivă claustrată în interior, în apă, iar substratul reacției în exterior, în solventul organic.

La frontiera dintre chimia anorganică și chimia organică s-a conturat în epoca modernă conceptul de chimie bioinorganică, ca o interfață între chimie și biologie, pentru a studia acele reacții chimice mediate de metale care intervin în desfășurarea unor procese pur biologice, cum sunt reacțiile metabolice, respirația, fotosinteza și sintezele organice, contracția musculară, transmisia neuro-musculară, inactivarea și excreția substanțelor toxice. Pe lângă reacțiile naturale, prin intervenție antropică ajung în organism metale rare, inexistente în condiții normale, introduse ca trăsori sau ca radicali activi ai unui medicament (Exemple: platina, aur, tehnetiū).

În mediul organic, apa reacționează cu substanțele organice în funcție de caracterul hidrofil sau hidrofob al moleculelor sau radicalilor moleculari cu care intră în contact nemijlocit. Prin intervenția enzimelor, substanțe proteice cu un ion metalic în centrul activ, apa poate cataliza reacții de oxido-reducere, sau sinteze organice prin favorizarea formării de legături între atomii de carbon (C-C), respectiv între atomii de carbon și cei de hidrogen (C-H). Dintre metale, paladiul și cuprul au reactivitatea cea mai mare pentru cuplarea substanțelor organice electrophile cu un radical organic nucleofil, cum sunt de exemplu aril-halidele, compuși aromatici halogenați. Circa 150 000 de tone de aril cloruri se produc în fiecare an doar pentru sinteza de solvenți organici. Apa se utilizează ca mediu de reacție deoarece în urma reacției catalizatorul hidrofil rămâne dizolvat în apă, în timp ce produsul de reacție hidrofob poate fi separat prin simplă decantare. În cazul substanțelor organice insolubile în apă, reacția poate fi facilitată prin surfactanți, anionici sau cationici.

Pentru formarea unor substanțe cu catenă lungă, metalul catalizator (palladiumul) poate fi legat de o moleculă polimerică, cum este de exemplu polistirenul, astfel încât moleculele organice să fie aduse cât mai convenabil în poziție de reacție chimică. Reacțiile sunt de cele mai multe ori favorizate prin creșterea temperaturii mediului de reacție, iar apa este solventul ideal pentru aplicarea unor tratamente cu microunde sau ultrasunete. Tratamentul cu ultrasunete poate crește viteza de reacție de 3 ori, iar microundele până la de 30 de ori.

Apa este un mediu ideal de reacție și în cazul moleculelor puternic polarizate, cum este cazul sintezelor de proteine sau acizi nucleici, deoarece moleculele hidrofiele sunt ușor de îndepărtat din mediul de reacție, înainte de a fi degradate prin acțiunea factorilor denaturanți. În cazul proteinelor, reacția are loc în jurul temperaturii de 5 grade Celsius (denaturarea începe de la 50 de grade Celsius) și în prezența unor factori de stabilizare, cum sunt glicerolul, NaCl sau MgCl₂.

În cazul catenelor de carbon, formarea legăturilor de tip C-C este intermediată de legăturile de tip C-H și se realizează prin intermedierea reacției unor alchene (hidrocarburi nesaturate) cu radicali electrofili, cum sunt cei de tipul C=O sau C=N, ai unor aldehide, imine sau cetone. Și în acest caz, catalizatorul poate fi fixat pe un suport polimeric, sau rămâne dizolvat în apă, pentru a fi ușor de separat de produșii de reacție (prin decantare).

Utilizarea apei ca sovent pentru sinteze organice industriale prezintă o serie de avantaje: 1. imită natura, 2. apa este cea mai ieftină substanță de pe glob, 3. nu este infalabilă și nu prezintă risc de explozie decât în condiții specifice de oxidare energetică, 4. nu alterează produșii de reacție, 5. este ușor de transportat și procesat în volume foarte mari, 6. nu poluează mediul, 7. este un bun solvent pentru substanțe gazoase precum oxigenul, azotul sau bioxidul de carbon, 8. forțează moleculele hidrofobe să interacționeze între ele pentru a minimiza suprafața de contact cu apa, 9. sărurile dizolvate în apă cresc presiunea internă accelerând astfel reacțiile dintre moleculele nepolarizate.

Nu întotdeauna însă apa acționează ca solvent. De exemplu, prin contact cu gazul metan, apa poate forma structuri cristaline de hidrat, în care molecule de metan, etan, propan, dioxid de carbon sau hidrogen sulfurat sunt clathrate într-o rețea formată din cristale de gheață. Aceste fenomen are loc uneori în conductele de gaz, atunci când în urma unor obstacole mecanice (blocuri de rugină) au loc defecte de curgere (ca în răcitorul unui frigider).

BIBLIOGRAFIE:

- | | |
|---------------------|--|
| A. L. Lehninger | Biochimie |
| Donald Langmuir | Aqueous Environmental Geochemistry |
| S. Lippard et all | Principles of Bioinorganic Chemistry |
| Francis Chapelle | Ground-Water Microbiology and Geochemistry |
| J. Troller et all | Water Activity and Food |
| L.T. Fan et all | Cellulose Hydrolysis |
| M. Kearsley et all | Starch Hydrolysis Products and their Derivates |
| T. Kozlowski et all | Krebs Cycle |
| M. Suzuki et all | The Role of Water in ATP Hydrolysis Energy Transduction by Protein Machinery |
| B. Testa et all | Hydrolysis in Drug and Prodrug Metabolism |
| Uwe Bornscheuer | Hydrolases in Organic Synthesis |
| Marcus Lindstrom | Organic Reactions in Water: Principles, Startegies and Applications |
| D. Voet et all | Fundamentals of Biochemistry - Membrane Transport |
| Richard Larson | Reaction Mechanisms in Environmental Organic Chemistry |
| P. Dixneuf et all | Metal-Catalyzed Reactions in Water |
| Chao-Jun Li et all | Comprehensive Organic Reactions in Aqueous Media |
| Yves Marechal | The Hydrogen Bond and the Water Molecule |
| G. Stahl et all | Water Soluble Polymers for Petroleum Recovery |
| R. Ullrich et all | Enzymatic Hydroxylation of aromatic compounds |
| C.A. Koh et all | Mechanisms of gas hydrate formation and inhibition |

Igiena Apei

Calitatea apei a fost evaluată și apreciată din cele mai vechi timpuri. Hipocrates a atras atenția că apa poate fi cauza a numeroase îmbolnăviri și a recomandat ca apa de ploaie să fie fiartă înainte de a fi consumată. Herodot spune că regele Persiei, Cyrus cel Mare, pleca la război doar însoțit de două cazane mari din argint, în care transporta apa sa potabilă. În urma epidemiilor de holeră și febră tifoidă, primele măsuri de filtrare a apei pe scară largă s-au introdus în Scoția, în anul 1804, apoi în Anglia începând cu anul 1829. În SUA, la anul 1900 existau deja 10 stații de filtrare a apei (prin nisip), iar în anul 1914 s-a introdus primul standard pentru apa potabilă (maxim 100 colonii bacteriene/100 ml). Standardul pentru bacilii coliformi s-a introdus în anul 1925, iar cel pentru prezența metalelor a fost introdus în anul 1942. Începând cu anul 1962 a fost introdus un standard nou, pentru detergenți, bariu, cadmiu, cloroform, cianuri, nitrați și argint. Standardul actual pentru apa potabilă a intrat în vigoare în anul 1977, cu noi amendamente adăugate periodic. Pentru România, standardul actual este cuprins în Legea 458/2002 sub forma unor parametri microbiologici, chimici și indicatori.

În anul 2000 circa 1,1 miliarde de oameni (17 % din populație) nu aveau acces la o sursă controlată de apă potabilă și circa 2,4 miliarde de oameni (40 %) aveau acces la mai puțin de 40 litri de apă potabilă/zi (cât este limita minimală stabilită de ONU în anul 1980). În Europa, peste 140 milioane de oameni (16 %) nu au apă curentă în interiorul locuințelor, iar 41 milioane de oameni (5 %) nu au acces la surse controlate de apă potabilă, verificate igienico-sanitar. În Marea Britanie se utilizează termenul de sărăcie în apă (water poverty) pentru circa 2-4 milioane de locuitori. Nici în România serviciile de apă canal nu acoperă mai mult de 90 % din populație, iar circa 2 milioane de locuitori folosesc surse necontrolate de apă potabilă, de unde și numeroasele cazuri de hepatită sau intoxicație cu nitriți. Prin apă controlată igienico sanitar se înțelege apa care se încadrează în următorii parametri:

Parametri microbiologici: *Escherichia coli*/100 ml - zero colonii, *Streptococi fecali*/100 ml - zero colonii, *Pseudomonas aeruginosa*/250 ml - zero colonii, *Clostridium Perfringens*/100 ml - zero colonii, Număr total colonii bacteriene la 22 grade C - 100 colonii, Număr total colonii bacteriene la 37 grade Celsius - 20 colonii.

Parametri chimici (în micrograme/litru): Acrilamidă 0,10, Arsen 10, Benzen 1, Benzpiren 0,01, Bor 1 mg/litru, Bromati 10, Cadmiu 5, Clorură de vinil 0,50, Crom 50, Cupru 0,1 mg/litru, Cianuri totale 50, Cianuri libere 10, Dicloretan 3, Epiclorhidrină 0,10, Fluor 1,2, Hidrocarburi aromatice 0,10, Mercur 1, Nichel 20, Nitrați 50 mg/litru, Nitriți 0,5 mg/litru, Pesticide total 0,50, Pesticide din aceeași clasă 0,10, Plumb 10, Seleniu 10, Stibiu 5, Tetraclorretan și Tricloretenă total 10, Trihalometani 100.

Parametri indicatori (în micrograme/litru): Aluminiu 200, Amoniu 0,50, Carbon organic absent, Cloruri 250, Clor rezidual liber 0,25 mg/litru, conductivitate electrică 2500 microSvedberg/cm, Culoare fără modificări, Duritate totală minim 5 grade germane, Fier 200, Gust acceptabil, Mangan 50, Miroș acceptabil, Oxidabilitate 5 mg O₂/litru, pH 6,5-9,5, Sodiu 200 mg/litru, Substanțe tensioactive total 200, Sulfat 250 mg/litru, Sulfuri și hidrogen sulfurat 100, Turbiditate mai mică decât 5 UNT (unități nefelometrice de turbiditate), Zinc 5000, Tritiu 100 Bq/litru, Doza totală de radiație de referință 0,10 mSv/an, Activitate radiație alfa globală 0,1 Bq/litru, Activitate radiație beta globală 1 Bq/litru.

Organizația Mondială a Sănătății (WHO), recomandă pentru prezența compușilor organici următoarele limite (în micrograme/litru): Benzen 10, Tetraclorură de carbon 4, Diclorbenzen 300, Dicloretene 30, Diclorometan 20, Dietilmehilftalat 8, Dioxani 50, Edetic Acid 600, Etilbenzen 300, Hexaclorbutadienă 0,6, Nitrioltriacetic Acid 200, Pentaclorofenol 9, Stireni 20, Tetraclorretană 40, Toluen 700, Tricloretenene 20, Xyleni 500.

Alți agenți patogeni ce pot fi detectați în focare epidemiologice (nu se monitorizează permanent) sunt: Bacterii (*Salmonella*, *Yersinia*, *Campylobacter*, *Vibrio cholera*, *Shigella*, *Legionella*, *Aeromonas*, *Pseudomonas Aeruginosa*, *Mycobacterium*, *Cyanobacteri*), Virusuri (*Picornavirusuri*, *Adenovirusuri*, *Parvovirusuri*, *Virusuri Hepatitice*, *Papovavirusuri*, *Coxsackievirusuri*, *Echovirusuri*), Protozoare și Helminți (*Giardia*, *Cryptosporium*, *Entamoeba histolitica*, *Balantidium coli*, *Acanthamoeba*, *Draculus medinensis*, *Schistostoma*, *Cyclospora cayatensis*).

Civilizația modernă a introdus în mediul antropic o serie întreagă de substanțe inexistente în Natură, iar

lista acestora crește de la an la an. Ca urmare, apa potabilă poate fi contaminată și cu substanțe cu origine pur antropică, independent de calitatea sursei de apă potabilă, ca urmare a contactului fizic și chimic cu diferite ambalaje, ustensile și recipiente, sau pur și simplu din aerul atmosferic. Dintre numeroșii compuși chimici moderni, un număr de 14 substanțe au fost identificate cu un impact semnificativ asupra sănătății organismului uman: acrylamide, aldicarb, diallate, sulfallate, dibromochlorpropene, 1,2 dichlorpropane, 1,2,3 trichlorpropene, 1,3 dichlorpropene, di(2-ethylhexyl) phtalate, mono(2-ethylhexyl) phtalate, ethylene dibromide, nitrofen, pentachlorophenol, trichlorfon.

Micropasticul, adică particule de mase plastice cu dimensiunea cuprinsă între 20-5000 de microni, reprezintă o altă sursă modernă, ubiquitară, ce contaminează apele de suprafață. Cele mai mari concentrații, peste 460 000 particule/m³ au fost detectate într-un canal de evacuare a apelor reziduale din bazinul Rhinului. În cea mai mare parte, microplasticul se compune din: poliamidă (PA 33 %), polietilenă tereftalat (PET 15 %), cauciuc sintetic (10 %), polietilenă (PE 10 %) și polietilenă clorinată (CPE 7 %). Microplasticul poate fi însă înlăturat relativ ușor, prin filtrare în nisip și sedimentare.

Pentru România indicatorii IBNET (International Benchmarking Network) pentru anul 2008 sunt următorii: Suprafața 238 391 Km², populație 21 634 350 de locuitori, dintre care 54 % populație urbană, adică 11 617 646 locuitori. Serviciile de apă canal sunt asigurate pentru 87 % din populație, iar accesul la apă purificată conform standardelor UNICEF și WHO se asigură pentru 72 % din populație. Un număr de 4 486 000 de locuitori sunt în raza de acțiune a celor 24 de unități care raportează permanent indicatorii de calitate a apei (municipiul București). Există 2 lucrători la fiecare 1000 de consumatori, pentru servicii oferite timp de 24/24 ore, la un consum energetic de 15 % din energia unei locuințe. Peste 93 % din apă se livrează contra cost, la un preț mediu de 1,08 dolari/m³ la care se adaugă circa 0,92 dolari/m³ cheltuieli operaționale. Probele se relevează la un interval mediu de 90 de zile. Producția medie este de 300 litri/persoană/zi, față de un consum mediu de 194 litri/persoană/zi. În zonele rezidențiale, consumul mediu scade până la 115-120 litri/persoană/zi. Costul mediu pentru un consum de 6 m³/lună este de circa 92 dolari/an, în cazul utilizatorilor casnici. Pentru consumul industrial, prețul este de 1,5 ori mai mare.

Principalele riscuri în procesul de aprovizionare cu apă potabilă se datorează unor calamități naturale, cum sunt: inundațiile, cutremurele, alunecările de teren, furtunile și uraganele, seceta prelungită, incendiile masive de vegetație, ploile prelungite și excesive. Situații excepționale pot interveni și în cazul unor creșteri anormale ale consumului, cum sunt epidemiile și pandemiile, migrații masive ale populației, evenimente cu număr extrem de mare de vizitatori. Vulnerabilitatea față de astfel de situații poate fi redusă sau chiar eliminată prin măsuri preventive, precum: dublarea surselor de apă, a rețelelor de distribuție, a rețelelor de canalizare, a stațiilor de producție și tratare. Pe timpul degradării sau reviziei uneia dintre rețele și în situații excepționale, intră în folosință cea de rezervă (poate fi de proporții mai mici decât rețeaua comercială, suficientă însă pentru minim 40 de litri/locuitor/zi). Alternativ, se pot utiliza bazine sau cisterne pentru situații de urgență.

În procesul de producție a apei potabile, eliminarea particulelor în suspensie și îndepărtarea constituenților dizolvați în apă necesită o serie întregă de procese tehnologice, printre care: 1. sedimentare și decantare în medii cu curgere lentă 2. coagulare, floculare și filtrare 3. transfer în faza lichidă sau gazoasă 4. adsorbție pe substanțe schimbătoare de ioni 5. dezinfecție prin reacții de oxido-reducere (oxidare cu ozon, oxidare electrochimică), 6. prin iradiere sau expunere la radiații UV (fotocataliză) 7. nanoparticule cu proprietăți magnetice (Co, Ni, Cu, Zn, Fe pentru complexarea metalelor grele Hg, As, Pb) 8. microfiltrare și ultrafiltrare, distilare sau dializă.

Apa are calitatea de a se autoepura în mediul natural, prin sedimentare, decantare și filtrare, dar această calitate nu trebuie supraestimată. Utilizarea apelor menajere sau uzate industrial pentru irigații trebuie făcută doar după pretatare și verificare epidemiologică. Bacilii fecali nu contaminează plantele, dar pentru fermieri riscul de îmbolnăvire este destul de ridicat. Standardul biologic pentru apa de irigații este sub 1000 de colonii E. Coli, în special în cazul legumelor și al plantelor consumate crude. Pericolul real îl reprezintă însă metalele și substanțele toxice, detergenții și microplasticul ce se acumulează și se concentrează în plante, pentru a deveni apoi surse de intoxicație cronică.

Una dintre metodele utilizate pe scară largă în procesul de purificare și tratare a apelor uzate este prin procese de membrană dictate de presiune (osmoză inversă, nanofiltrare, ultrafiltrare, microfiltrare). Membranele pot fi polimerice, organo-minerale, ceramice sau metalice, cu diferite dimensiuni și densități ale porilor. Presiunea exercitată este de obicei cea exercitată de coloana de apă (energia potențială), dar în unele situații sunt necesare pompe de presiune.

Ca morbiditate generală, tulburări gastro-intestinale survin în medie de 0,5-2 ori pe an/persoană, cu o incidență maximă la copii (2,6 episoade/an), dintre care 0,35 prin vărsături, 0,40 prin diaree, 0,23 prin ambele, 0,22 prin greață și amețeli. În țări aflate în curs de dezvoltare se pot atinge cifre de 6-11 îmbolnăviri/an, în special în cazul copiilor și al persoanelor dizabilitate.

Gastroenteritele sunt cele mai frecvente tulburări digestive cauzate de apă insalubră. Urmează infecțiile parazitare și amoebiene, apoi cele prin *Helicobacter pylori* (de la câine sau pisică) responsabile pentru apariția ulcerelor gastro-duodenale. Infecțiile cu *Vibrio Cholerae* și *Mycobacterium avium* sunt rare, dar deosebit de rezistente la mijloacele de dezinfecție a apei. Riscul de infecție pe cale hidrică crește enorm în caz de inundații, când sursele de apă sunt contaminate cu apă revărsată. De exemplu, în Milwaukee (SUA) în urma inundației din anul 1993 s-au înregistrat peste 400 000 de suferințe gastrointestinale, adică aproximativ o treime din populația de referință.

BIBLIOGRAFIE:

- | | |
|--------------------------|--|
| Lege 458/2002 | Parametri de calitate ai apei potabile |
| C. van den Berg et all | The IBNET Water Supply and Sanitation Performance Blue Book |
| L. Fewtrell et all | Water Quality Guidelines, Standards and Health |
| Jese Esteban et all | Water and Sanitation Services |
| Peter Bourne | Water and Sanitation Economic and Sociological Perspectives |
| P. Hlavinek et all | Risk Management of Water Supply and Sanitation System |
| K. Nath et all | Water and Sanitation in the New Millenium |
| W. Elshorbagy et all | Water Treatment |
| David Hendricks | Water Treatment Unit Processes Physical and Chemical |
| A. B. Petriciolet et all | Adsorption Process for Water Treatment and Purification |
| L. Fewtrell et all | Water Quality: Guidelines, Standards and Health |
| J. Troller et all | Water Activity and Food |
| S. Faust, O. Aly | Chemistry of Water Treatment |
| Gabriel Bitton | Microbiology of Drinking Water: Production and Distribution |
| M. Benjamin et all | Water Quality Engineering - Physical/Chemical Treatment Process |
| Th. Oppenlander | Photochemical Purification of Water and Air |
| R. Droste et all | Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment |
| B. Bruggen et all | A review of pressure driven membrane processes in wastewater treatment |
| P. Bauerlein et all | Fate of microplastics in the drinking water production |
| www.nap.edu | Water and Health |

Apa în Univers

Hidrogenul (739 g/kg) și oxigenul (10,4 g/kg) ocupă locurile 1 și respectiv 3 din estimarea spectroscopică a elementelor existente în Univers. Cu alte cuvinte, aproximativ 12/1000 din întreaga masă a Universului se poate transforma în apă, atunci când sunt îndeplinite condițiile fizico-chimice. Lăsând la o parte plasma din

materialul stelar, exprimată ca hidrogen și heliu, apa este cea mai probabilă substanță chimică din orice punct al Universului. Există în Univers corpuri formate aproape exclusiv din apă și corpuri în care apa este doar sub forma unor urme fine, sau sub forma de plasmă ionizată, dar apa este prezentă oriunde energia electro-magnetică s-a condensat sub formă de materie. Astfel, apa a fost detectată începând de la temperaturi apropiate de 0 grade Kelvin, până la temperaturi ce depășesc 5000 de grade Kelvin. Apa însă nu se poate forma în astfel de condiții extreme, deoarece la temperaturi prea joase atomii de hidrogen nu pot forma legături covalente cu oxigenul, iar la temperaturi prea mari, sau în prezența radiațiilor ionizante, moleculele de apă se desfac, pentru a elibera hidrogen și oxigen ionizat.

Apa, așa cum o înțelegem noi, ca suport al vieții, se poate forma doar în condiții de presiune joasă, maxim câteva atmosfere, la temperaturi cuprinse între 0-50 de grade Celsius (la temperaturi mai mari denaturează proteinele). Astfel de condiții sunt mult mai rare în Univers, probabilitatea vieții există, dar este infinit mai mică decât cea potențială. Teoretic, apa din Univers s-a format în diferite situații: 1. în interiorul unor nori de gaze expulzate de o stea, unde gazele înghețate la exterior au format un fel de sferă semitransparentă, în interiorul căreia temperaturile cresc progresiv, până se întrunesc condițiile necesare, apa formată fiind împinsă spre exterior, unde formează cristale de gheață ce îngroașă progresiv crusta exterioară 2. la suprafața unor planete suficient de mari pentru a reține o atmosferă ce formează stratul protector necesar condițiilor fizico-chimice de formare a apei 3. în interiorul unor corpuri solide, minerale, cu temperaturi ridicate la interior ca urmare a unor mișcări tectonice permanente (prin acumularea permanentă de masă, au loc permanente rearanjări interne ce generează energie termică și chimică) 4. la suprafața cometelor atunci când tranzitează steaua lor 5. în interiorul stelelor, în interiorul petelor solare, atunci când explozii de proporții generează spații vidate, unde temperaturile sunt mult scăzute față de cea stelară.

Studii spectroscopice au evidențiat prezența apei în compoziția asteroizilor din centura mijlocie a Sistemului Solar (între Marte și Jupiter), sub forma unor minerale hidratate. Ca urmare, formarea moleculelor de apă nu implică neapărat prezența unei atmosfere planetare. Condițiile necesare de temperatură și presiune pot exista și în interiorul unor corpuri exclusiv minerale, atunci când ozixii metalici intră în contact cu acizi sau radicali de hidrogen. Multe dintre reacții sunt exoterme, iar gazele formate cresc presiunea internă și temperatura, favorizând astfel formarea de noi molecule, în vecinătate. Altfel spus, apa se poate forma și pornind de la praf cosmic amestecat cu gaze înghețate.

Prezența apei a fost documentată în structura chimică a meteoriților chondritici, fapt ce atestă că Pământul primește în permanență mostre de apă cosmică. Este însă foarte puțin probabil ca apa de pe Pământ să fie doar de origine meteoritică. Mult mai probabil, în epoca de tinerețe a planetei, asemănător cu planeta Venus actuală, Pământul a avut inițial o atmosferă formată din oxigen și hidrogen lichid, apoi gazos. Pe măsură ce straturile atmosferice s-au îngroșat, temperaturile au crescut în straturile inferioare, permițând formarea moleculelor de apă, mult mai stabile energetic. Azotul s-a format apoi, în timp, prin dezintegrarea izotopică a oxigenului, sub acțiunea radiațiilor cosmice.

Apa poate exista în trei stări fizice: solidă, lichidă sau gazoasă. Ultimele două stări necesită temperaturi mai mari de 0 grade Celsius și sunt mult mai reactive, astfel că durata de viață a unei molecule de apă lichidă sau gazoasă este relativ scurtă. Apa în stare solidă, gheața, poate exista însă la temperaturi extrem de scăzute, iar cristalele de gheață pot avea o durată de viață foarte lungă, respectiv pot călătorii prin Univers la distanțe extrem de mari. În jurul temperaturii de -100 grade Celsius, cristalele de gheață se acumulează în jurul particulelor de praf cosmic, pentru a forma gheața interstelară. Gheața interstelară nu este însă formată doar din apă, ci este în amestec cu alte gaze înghețate, printre care: CO, CO₂, CH₃OH, CH₄, NH₃, O₂ și N₂. Este discutabil dacă nu cumva aceste gaze înghețate formează în înveliș protector, în interiorul căruia sunt posibile fuziuni nucleare, cu formare de noi elemente chimice. Picăturile sferice de apă, funcționează ca o lentilă sferică, în interiorul căreia radiațiile refractate se concentrează în puncte de focar, pentru a realiza condiții speciale de ionizare. Atunci când apa formează lentile sferoidale de mari dimensiuni, cum este cazul atmosferelor stelare, planetare, al unor nori cosmici sau a unor comete, prin interferență și emisie stimulată pot rezulta unde cu frecvență extrem de ridicată, adică maseri, la frecvențe de peste 24 GHz. Acești maseri cu energie înaltă, pot avea un efect distructiv asupra nucleilor aflați în calea lor (prin fisiuni nucleare). Așadar, apa crează în Univers un adevărat laborator de fizică nucleară.

În condiții experimentale de laborator, din gheață amorfă, expusă în vid la unde cu frecvența de câțiva THz, s-au obținut nano clustere de apă, adică picături extrem de fine de apă formate din câteva molecule de apă. Prezența apei sub această formă este posibilă și în spațiul cosmic, unde ar putea explica o parte dintre variațiile de frecvență ale radiațiilor luminoase (și nu numai), fie prin absorbție fonică (găuri negre), fie prin formarea unor fascicule concentrate în focare (stele false), fapt ce îngreunează în plus observațiile astrofizice din spectrul optic.

O primă întrebare a savanților a fost dacă oceanele planetei noastre reprezintă o singularitate, sau sunt o manifestare comună în Univers. Răspunsul a venit o dată cu explorarea Sistemului Solar. Au fost evidențiate oceane înghețate pe numeroși sateliți ai planetelor mari: Titan și Enceladus dintre sateliții lui Saturn, Europa, Callisto și Ganymede dintre sateliții lui Jupiter, Triton dintre sateliții planetei Neptun, și pe planetoidul Pluto. Apare imediat o întrebare firească. Apa lichidă se formează sub cruste de gaze înghețate, apoi crustele se topesc progresiv pentru a forma o atmosferă protectoare, sau invers, apa se formează sub o atmosferă groasă, ce se răcește progresiv până când formează o crustă înghețată. Prima ipoteză pare mai probabilă, în primul rând pentru că în Univers temperaturile sunt mai mult reci decât calde, și doar în al doilea rând ca urmare a raportului de 7/1 din Sistemul nostru Solar. Planeta Venus are și ea o atmosferă groasă și foarte fierbinte. Rămâne de elucidat dacă această atmosferă este în curs de răcire, spre a semăna cu planeta Pământ, sau în curs de disoluție, spre a semăna cu planeta Mercur. Teoretic, elementele chimice evoluează de la mic la mare, astfel că în timp planetele devin din ce în ce mai mici și mai dense, deci ipoteza din urmă pare mai probabilă, cel puțin în cazul planetelor îndepărtate de stea. Evoluția climei pe Pământ a fost însă pulsatorie, cu episoade de glaciațiuni alternând cu episoade tropicale. Este deci posibil ca echilibrul reacțiilor de fisiune-fuziune să asigure corpurilor mari un fel de echilibru pulsatoriu în jurul unei valori medii. Nu știm în ce măsură teoria aceasta se poate extrapola la alte Sisteme Solare. În cazul planetei noastre, dezintegrarea elementelor grele nu duce la o explozie, ca în cazul stelelor și supernovelor, ci doar la o intensificare a activității vulcanice și seismice, cu vaste restructurări de suprafață. Prin trecerea dintr-o stare fizică în alta, apa formează un fel de tampon termic (energetic), ce blochează evoluția spre situațiile extreme.

O a doua întrebare a savanților a fost dacă apa este o constantă în Univers, sau este în evoluție, iar dacă este în evoluție, în ce sens poate fi această evoluție. Studiile de chimie organică și anorganică au demonstrat că apa participă la, sau intermediază, mii de reacții chimice, nu doar a unor substanțe în care apa a fost înglobată sub forma de complexe macromoleculare ci și între diferite substanțe ce conțin hidrogen și oxigen. Ca urmare, apa în Univers este în permanentă formare și disoluție, fiind probabil cea mai dinamică substanță din Univers, după hidrogen și oxigen. Care este sensul evolutiv? Cel mai probabil este diferit în funcție de condițiile locale (stea, planetă, nor cosmic, cometă), cu evoluție pulsatorie determinată de echilibrul energetic local.

Observațiile radioastronomice cu privire la apa din Univers au la bază spectrul de emisie al moleculelor de apă supuse unor diverse condiții energetice. De exemplu, în cazul cometelor, atunci când se apropie de Soare, sub acțiunea iradierii intense moleculele de apă încep să vibreze, cu o frecvență cuprinsă între 3450-3460 Hz/cm. Observații de finețe mult mai mare se pot face doar cu ajutorul sateliților orbitali, cum este cazul telescopului James Webb Space, sau al unor sonde de explorare. În acest caz, radiotelescoapele investighează semnalele cuprinse între 0,4-4 THz (455 GHz-3692 GHz), pentru a identifica amprenta spectrală a moleculelor de apă (OH). Spre deosebire de observațiile terestre, acest tip de observații permit și analiza izotopică a atomilor din compoziția moleculelor de apă, în special a atomilor de O18, produși în stelele mari prin arderea moleculelor de heliu. Raportul O16/O18 permite o estimare aproximativă de dimensiunii stelei de origine, respectiv a vârstei aproximative a unui Sistem Solar.

La temperaturi de peste 150 K (- 123 C) apa cristalizează hexagonal, în timp ce la temperaturi între 100 și 150 K (- 123 C la -173 C) apa formează cristale cubice. La temperaturi sub 100 K (- 173 C) gheața formată este amorfă. Sub acțiunea radiațiilor ultraviolete, gheața cristalină cubică poate fi transformată în gheață amorfă, nestructurată. Ca urmare, radiotelescoapele pentru spectrul UV produc observații suplimentare cu privire la apa structurată. Pe de altă parte, observațiile în infraroșu au identificat tranziții ale spectrului emis de petele solare datorate unor molecule superfierbinți de apă. În concluzie, radiotelescoapele sunt un fel de microscopie electronice inversate, cu ajutorul cărora apa din univers poate fi studiată la scară moleculară.

Observațiile astronomice asupra apei din Univers, au condus și spre rezultate practice terestre. Astfel, prin analiza spectrului de emisie al radicalului OH, observatoarele astronomice pot evalua destul de exact cantitatea de apă precipitabilă existentă în atmosfera terestră, în calea radiotelescopului, adică exact acea apă care îngreunează observația astronomică. Atunci când volumele de apă sunt suficiente, precipitații artificiale pot fi declanșate cu rachete antigrindină, pulverizând iodură de argint, ca factor de nucleere al picăturilor de ploaie.

BIBLIOGRAFIE:

Therese Encrenaz	Searching for Water in the Universe
Wikipedia.com	Abundance of the chemical elements
Arnold Hansleimer	Water in Universe
J. Smid et all	The First Water in the Universe
Ulisses Capozzoli	Biography of Water From Its Origin in the Infancy of the Universe
A. Rivkin et all	Hydrated Minerals on Asteroids: The Astronomical Record
Vincent Kotwicki	Water in the Universe
E. Dartois et all	Interstellar Ices
V. Impellizzeri et all	A gravitationally lensed water maser in the early Universe
R. Tyler et all	Water Worlds and Oceans May be Common in the Universe
C. David Jessop	Forming the First Water in the Universe
Sun Kwok et all	Search for water and life's building blocks in the Universe
R.J. Barber et all	Water in the near-infrared spectrum of comet 8P/Tuttle
C. Walker et all	Orbiting Astronomical Satellite for Investigating Stellar Systems (OASIS)
J. Y. Xu et all	Method for retrieval of atmospheric water vapor using OH air glow
G. Barratta et all	The 3.1 micrometer feature in ion-irradiated water
O. Polyansky et all	K-Band Spectrum of Water Sunspots

Apa pe Glob

Au fost propuse mai multe ipoteze cu privire la originea apei de pe Pământ. Fie, apa era deja prezentă în fragmentele de rocă de tip asteroid ce s-au comasat pentru a forma un corp cu masă și gravitație din ce în ce mai mare, fie apa a fost adusă pe pământ prin meteoriți și praf cosmic învelit în cristale de gheață. Cel mai probabil, ambele ipoteze sunt corecte, dar se mai adaugă și apa formată direct din oxigen și hidrogen, imediat după ce gravitația planetei a fost suficient de mare pentru a menține o atmosferă formată din molecule gazeoase. O dată ajunsă pe planetă, apa contribuie la creșterea masei, și implicit la accelerarea procesului de formare. În caz că apa este disociată prin procese energetice, cum este cazul utilizărilor antropogene, pe măsură ce volumul total al apei scade, procesul de subțiere a atmosferei se accelerează, cu evoluție spre o stare asemănătoare planetei Marte. Este esențial pentru clima planetei ca apa să se mențină la un volum total relativ constant, cu alte cuvinte, să nu ardem mai multă apă decât primim din spațiul cosmic.

Oceanele ocupă $3,6 \times 10^{14}$ m² din cei circa $5,1 \times 10^{14}$ m² cât este suprafața globului Pământesc, adică 70,5 % din suprafața totală. Masa totală a apei oceanice este de circa $13\,700 \times 10^{17}$ Kg, la care se adaugă 42×10^{17} Kg apă de suprafață (până la 750 m adâncime) și 95×10^{17} Kg apă de adâncime (până la 4000 m). Sub forma calotelor de gheață polare este stocată circa 165×10^{17} kg de apă, față de $1,3 \times 10^{17}$ Kg cât este apa dulce stocată în lacuri și râuri curgătoare. În atmosferă, la un moment dat, sunt circa $0,105 \times 10^{17}$ Kg de apă, iar în organismele vii din biosferă alte $0,006 \times 10^{17}$ kg. Din acest volum global, în fiecare an intră în ciclul de evaporare - precipitare un volum de circa $4,5 \times 10^{17}$ kg, adică aproximativ de trei ori cât toată apa din râuri și lacuri. Deci, anual, doar 1/3000 din apa stocată pe glob participă la ciclul apei în natură și este potențial accesibilă pentru activități antropice. Din totalul

precipitațiilor însă, aproape 70 % ajung direct în oceane, iar din restul de 30 % doar o mică parte este accesibilă direct, din lacuri și ape curgătoare. Majoritatea apei rezultată din precipitații este peluată de vegetație. Un arbore mediu necesită 20-100 m³ de apă/an, deci cei peste 3 000 de miliarde de arbori pe glob necesită cel puțin 60 000 de miliarde m³ de apă (6 x 10E+16 litri), adică mai mult de 1/10 din volumul total al precipitațiilor. Cel puțin tot atât necesită și restul masei vegetale, incluzând și culturile agricole.

Prin volumele imense vehiculate, procesele de evaporare, precipitare și recolectare a apei exercită interacțiuni semnificative atât asupra substanțelor solide cu care intră în contact (solul, rocile, structurile antropice) cât și asupra substanțelor lichide (hidrocarburi, acizi, baze din sol) sau gazoase (azotul și bioxidul de carbon din atmosferă). Practic, se poate spune că apa restructurează permanent suprafața globului Pământesc, prin fenomene de eroziune, dizolvare, adsorbție, oxido-reducere, evaporare sau solidificare, ionizare și fisiune sau fuziune a unora dintre elementele chimice (radioactivitatea naturală a apei).

Majoritatea rocilor sunt bogate în dioxid de sulf (cuart) și compuși ai siliciului (silicați metalici). Ca urmare, interacțiunea dintre apă și substanțele minerale se soldează cu o dizolvare parțială, dependentă alcalinitatea apei din precipitații. În jurul unei reacții acide apropiate de pH=7 curățul se dizolvă în apă în procent de 6 ppm (mg/litru), iar dioxidul de siliciu din silicați în proporție de 117 ppm (mg/litru). Ca urmare, roca se fragmentează, iar particulele de mică dimensiune sunt vehiculate de apă sub formă de nisip. În lacuri și ape curgătoare, dioxidul de siliciu dizolvat în apă poate atinge concentrații între 5-25 ppm, în timp ce în apa mărilor și oceanelor concentrația medie este cuprinsă între 0,01-7 ppm. În apele de adâncime, concentrația în SiO₂ poate atinge valori între 5-85 ppm, iar în izvoarele termale și în fumarole poate atinge 100-600 ppm (mg/litru). Același fenomen este prezent pentru toate substanțele chimice cu care apa intră în contact, în funcție de abundența lor în mediul mineral sau lichidian. Exemplul tipic îl formează carbonatul de calciu, prezent în rocile calcaroase sau în sedimentele bogate în calcit.

Timpul mediu petrecut de o moleculă de apă în diferitele compartimente ale ciclului natural este de circa 10 000 de ani în calotele glaciare, 3500 de ani în mări și oceane, 1700 de ani în pânze freatice subterane, 10 ani în lacuri și rezervoare de suprafață și circa 11 zile în atmosferă. Este vorba însă despre valori pur matematice rezultate din volumele de apă circulante, deoarece în oceane nu participă la evaporare decât apele de suprafață iar apele de adâncime pot fi complet excluse din circuitul natural (cu excepția mișcărilor tectonice).

Oceanele ocupă în total o suprafață de 361 000 000 Km², cu un volum total de 1 370 000 000 Km³. Adâncimea medie este 3 688 metri, adâncimea maximă fiind de 11 034 metri. Temperatura minimă este de 1 grad Celsius, iar cea maximă este de 30 grade Celsius (la suprafață) cu o temperatură medie de 4 grade Celsius (la mare adâncime).

Oceanul Pacific ocupă 168 723 000 Km², pentru un volum de 669 880 000 Km³ (50,1 % din apa de pe glob), cu o lungime totală a coastelor de 135 663 Km. Grupează peste 40 de mări, dintre care cele mai mari sunt: Marea Australasia 9 milioane Km², Marea Filipinelor 5,7 milioane Km², Marea de Corali 4,8 milioane Km², Marea Chiliană 3,6 milioane Km², Marea Chinei de Sud 3,5 milioane Km², Marea Tasmaniei 2,3 milioane Km², Marea Bering 2 milioane Km², Marea Okhotsk 1,6 milioane Km², Golful Alaska 1,5 milioane Km², Marea Chinei de Est 1,25 milioane Km², Marea Grau 1,14 milioane Km², Marea Japoniei 0,978 milioane Km². Bazinul total al râurilor drenate este de 20 300 000 Km². Salinitatea oscilează între 32/1000 în regiunile Nordice și 37/1000 în regiunea Sud-Estică, cu o valoare medie de 34/1000 în zona ecuatorială.

Oceanul Atlantic ocupă 85 133 000 Km², pentru un volum de 310 410 000 Km³ (23,3 % din apa de pe glob), cu o lungime totală a coastelor de 111 866 Km. Grupează 42 de mări, dintre care cele mai mari sunt: Marea Sargaselor 3,5 milioane Km², Marea Caraibilor 2,75 milioane Km², Marea Mediterană 2,5 milioane Km², Golful Guinea 2,35 milioane Km², Golful Mexico 1,55 milioane Km², Marea Norvegiei 1,38 milioane Km², Marea Groenlandei 1,2 milioane Km², Marea Argentinei 1 milion Km², Marea Labrador 0,84 milioane Km². Bazinul total al râurilor drenate este de 69 800 000 Km². Salinitatea apei oscilează între 33/1000 și 37/1000, cu variabilitate în funcție de latitudine și sezon. Salinitatea maximă este atinsă între cele două tropice, iar spre poli este redusă prin apa topită din ghețari. Valoarea medie este între 34/1000 și 35 /1000,

pentru adâncimile mai mari de 500 metri, unde salinitatea este relativ constantă.

Oceanul Indian ocupă 70 560 000 Km², pentru un volum de 264 000 000 Km³ (19,8 % din apa de pe glob), cu o lungime totală a coastelor de 66 526 Km. Grupează 17 mări, dintre care cele mai mari sunt: Marea Arabiei 3,8 milioane Km², Golful Bengal 2,17 milioane Km², Marea Andaman 0,80 milioane Km². Cele peste 800 de râuri drenate formează un bazin cu suprafața de 21 100 000 km², egal cu cel al râurilor drenate de Oceanul Pacific și o treime din bazinul Oceanului Atlantic. Salinitatea oscilează între 32/1000 și 37/1000, cu o valoare medie multianuală de 34/1000.

Oceanul Antarctic ocupă 21 960 000 Km², pentru un volum de 71 800 000 Km³ (5,4 % din apa de pe glob), cu o lungime totală a coastelor de 17 968 Km. Grupează 16 mări, dintre care cele mai mari sunt: Marea Weddell 2,8 milioane Km², Marea Somov 1,15 milioane Km², Marea Riiser Larsen 1,13 milioane Km², Marea Lazarev 0,92 milioane Km², Marea Scoția 0,9 milioane Km², Marea Cosmonauților 0,7 milioane Km², Marea Ross 0,67 milioane Km². Bazinul total al râurilor drenate este de 14 000 000 Km². Curentul circumpolar, cu o lungime totală de 21 000 Km, transportă permanent 130 milioane de metri cubi/secundă (de 100 de ori cât toate râurile de pe glob). Salinitatea medie în apele de adâncime este între 34,6/1000 și 35/1000 în timp ce apele de suprafață pot avea o salinitate în jur de 30/1000, în funcție de volumul de apă dulce topită din ghețari.

Oceanul Arctic ocupă 15 558 000 Km², pentru un volum de 18 750 000 Km³ (1,4 % din apa de pe glob), cu o lungime totală a coastelor de 45 389 Km. Grupează 15 mări, dintre care cele mai mari sunt: Marea Laptev 2 milioane Km², Marea Barents 1,4 milioane Km², Golful Hudson 1,23 milioane Km², Marea Groenlandei 1,2 milioane Km², Marea Kara 1 milion Km², Marea Siberiei de Est 0,98 milioane Km². Bazinul total al râurilor drenate este de 23 100 000 Km². Salinitatea oscilează între 30/1000 și 34/1000, în funcție de regiune, apa topită din ghețuri și aportul de apă adus de marile fluvii.

Cele mai mari râuri de pe glob, în funcție de bazinul total drenat sunt: Amazon 6 200 000 Km², Congo 3 730 000 Km², Nil 3 254 000 Km², Rio de la Plata 3 170 000 Km², Ob 2 982 000 Km², Parana 2 582 000 Km², Ienisei 2 554 000 Km², Lena 2 306 000 Km², Niger 2 261 000 Km², Gange 1 999 000 Km², Amur 1 929 000 Km², Yangtze 1 722 000 Km², Irtysh 1 673 000 Km², Madeira 1,485 000 Km², Volga 1 410 000 Km², Zambezi 1 332 000 Km², Missouri 1 331 000 Km², Paraguay 1 095 000 Km², Indus 1 082 000 Km², Nelson 1 072 000 Km², Murray-Darling 1 050 000 Km², Angara 1 039 000 Km². În total, suprafața continentală drenată de cele circa 1500 de râuri este de 149 000 000 Km². Dintre acestea, 643 de râuri drenează un bazin mai mare de 10 000 Km².

În funcție de debit, cele mai mari râuri de pe glob sunt (în m³/s): Amazon 224 000, Gange 43 950, Congo 41 400, Orinoco 37 740, Yangtze 31 900, Negro 30 641, Madeira 30 173, Rio de la Plata 27 225, Brahmaputra 21 993, Mississippi 21 300, Ienisei 20 200, Parana 19 706, Lena 18 300, Japura 18122, Saint Lawrence 16 800, Maranon 16 708, Mekong 15 856, Irrawaddy 15 112, Tapajos 13 540, Ucayali 13 385, Ob 13 100, Tocantis 11 796, Amur 11 526, Kasai 11 318, Purus 11 207, Mackenzie 9 800, Xingu 9 680, Pearl 9 500, Madre de Dios 9 350, Putumayo 8 520, Volga 8 380, Mamore 8 150, Magdalena 8058, Ohio 7 957, Niger 7 900, Guaviare 7 529, Columbia 7407, Fly 7 355, Uruguay 7 058, Yukon 6 860, Napo 6 660, Salween 6600, Dunărea 6510. Spre comparație, un bazin olimpic conține 2 500 m³ de apă.

Anual, râurile drenează în medie 39,33 trilioane de m³ de apă, dintre care 20,09 trilioane m³ sunt drenate de Oceanul Atlantic, mai ales prin marile râuri Amazon, Congo, Orinoco și Parana. Debitul mediu global al tuturor râurilor de pe glob este de circa 1 250 000 m³/s. Volumul total de aluviuni transportate spre ocean este în jur de 20 miliarde de tone/an.

Lacurile cu apă dulce reprezintă o importantă rezervă de apă potabilă, la suprafață, ușor accesibilă, dar la fel de ușor de contaminat sau poluat. Cele mai multe lacuri sunt în emisfera Nordică, recordul fiind deținut de Canada cu peste 2 milioane de lacuri ce ocupă aproximativ 1 milion de kilometri pătrați, urmată de Finlanda cu 168 000 de lacuri cu suprafața de peste 500 metri pătrați, dintre care 57 000 cu suprafața de peste un hectar. Pe glob există 31 752 de lacuri cu suprafața mai mare de 3 kilometri pătrați. În total, lacurile de pe glob ocupă 4 200 000 Km², adică 2,8 % din suprafața totală. Lacurile cu suprafața cea mai mare sunt:

Superior (Canada) 82 100 Km², Victoria (Tanzania) 59 940 Km², Huron (Canada) 59 590 Km², Michigan (SUA) 58 030 Km², Tanganyika (Tanzania) 32 900 Km², Baikal (Rusia) 31 722 Km², Great Bear Lake (Canada) 31 153 Km², Malawi (Tanzania) 29 600 Km², Great Slave Lake (Canada) 27 200 Km², Erie (SUA) 25 667 Km², Winnipeg (Canada) 24 514 Km², Ontario (Canada) 18 970 Km², Ladoga (Rusia) 17 700 Km², Vostok (Antarctica) 12 500 Km², Onega (Rusia) 9700 Km², Titicaca (Peru) 8 372 Km², Nicaragua (Nicaragua) 8 264 Km², Athabasca (Canada) 7 850 Km², Reindeer (Canada) 6650 Km². Cel mai adânc lac din lume este Baikal, cu un maximum de 1637 metri și o adâncime medie de 749 metri, pentru un volum total de 23 600 kilometri cubi. Cele mai mari lacuri de acumulare din lume sunt: Owen Falls (Nil) 66 400 Km², Irkutsk (Angara) 32 000 Km², Jenpeg (Nelson) 24 420 Km², Akosombo (Volta) 8 500 Km², Smallwood (Churchill) 6 527 Km², Whitesand (Reindeer), 6 500 Km², Zhiguli (Volga) 6 450 Km², Kariba (Zambezi) 5 580 Km², Bukhtarma (Irtysh) 5 490 Km², Bratsk (Angara) 5 470 Km², Aswan (Nil) 5200 Km², Rybinsk (Volga) 4 550 Km², Caniapiscu (Caniapiscu) 4 318 Km², Guri (Caroni) 4 250 Km², Sobradinho (Sao Francisco) 4 225 Km², Volga (Volga) 3 117 Km².

Depozitele glaciare ocupă circa 16 milioane de kilometri pătrați, adică în jur de 10 % din suprafața uscatului. Dintre aceștia, 13,2 milioane de Km² sunt în Antarctica iar alți 2,1 milioane de Km² sunt în Groenlanda. Alți circa 7000 de ghețari sunt risipiți pe cele 7 continente, cu un volum total de circa 170 000 Km³. Nu număr mare de ghețari permanenți se întâlnesc în Argentina, Alaska, Canada, Chile, Groenlanda și Islanda, iar ghețarii de munte sunt frecvenți în munții: Hymalaya, Anzi, Munții Stâncoși, Caucaz, Alpi, Scandinavi și Pirinei. Cei mai lungi ghețari permanenți din regiuni nonpolare sunt: Fedchenko (Tajikistan) 77 Km, Siachen (India-Pakistan) 70 Km, Biafo (Pakistan) 67 Km, Brug (Chile) 66 Km, Baltoro (Pakistan) 63 Km, Inylchek (China-Kyrgyzstan) 60,5 Km, Batura (Pakistan) 57 Km. Ghețarii reprezintă cel mai bogat rezervor de apă dulce de pe planetă, reprezentând circa 69 % din apa dulce cantonată, dublu decât totalul apelor subterane, de 100 de ori mai mult decât toată apa din râuri și lacuri. Corpurile de gheață cu suprafață mai mare de 50 000 Km² mai poartă și denumirea de calote glaciare. Începând cu anul 1850, ghețarii tereștri au intrat în recesiune, ca urmare a încălzirii climatice globale. Doar în ultimii 25 de ani se estimează că ghețarii au pierdut circa 210 miliarde de tone de gheață/an, pentru un total de peste 5 500 miliarde de tone (aproape 1000 de tone/cap de locuitor al planetei).

Precipitațiile reprezintă circa 505 000 Km³ de apă dulce anual, dintre care 400 000 Km³ cad deasupra oceanelor. Deci, doar 100 000 Km³ de apă dulce ajunge deasupra uscatului, reprezentând o medie globală de 990 mm/m². Volumul de precipitații anuale este însă distribuit extrem de neuniform în diferitele regiuni climatice ale globului, cu extreme între mai puțin de 250 mm/an în zonele deșertice și 12 000 mm/an în regiunile tropicale și ecuatoriale. Potrivit clasificării lui Wladimir Koppen zonele climatice se împart în: tropicale, uscate, temperate, temperate reci și polare, cu următoarele subdiviziuni: păduri tropicale, musonice, savane tropicale, umede subtropicale, umede continentale, climat oceanic, mediteranean, stepe, subarctice, tundra, polare, deșertice.

Africa este în general un continent sărac în precipitații, regiunea Sahariană cu o suprafață de 9,2 milioane de Km² fiind udată de 1-100 mm/an de apă din precipitații. Un volum maximum de 1000-2000 mm/an se atinge însă în Africa Centrală, cu unele valori de peste 2 000 mm/an în regiunea Golfului Guineea.

Asia deține recordul absolut cu 22 987 mm de precipitații, în anul 1861, în regiunea Himalaya de Est (India), unde media multianuală este de 11 430 mm de apă din precipitații, aduse de musoni. Toată Asia de Sud Est și Indochina înregistrează valori medii de peste 2 000 mm/an. Valori medii, cuprinse între 1000-2000 mm/an se înregistrează pe toată zona de coastă a Oceanului Pacific. Întreaga zonă Siberiană este semi-aridă, cu valori multianuale medii cuprinse între 500-1000 mm/an, iar platoul Tibetan și Deșertul Gobi înregistrează valori sub 100 mm/an.

Australia este un continent sărac în precipitații, cu circa 7 milioane de Km² udați de mai puțin de 500 mm/an. Doar în Nordul Australiei și pe coasta de Est se înregistrează valori medii între 1000-2000 mm/an. Recordul de 12 000 mm/an a fost înregistrat în anul 2000 pe Muntele Bellenden Ker (Queensland), unde media multianuală atinge 8 000 mm/an. La Sydney, precipitațiile sunt în jur de 1200 mm/an, față de

Melbourne unde nu depășesc 650 mm/an.

America de Nord înregistrează cele mai mari valori în zona de Sud Est (Florida) cu valori multianuale între 1000-2000 mm/an, și pe coasta de Vest, pe țărm, până la Munții Stâncoși. Recordul SUA este atins în Insulele Hawai (Zona Pacificului) cu valori medii multianuale de 10 300 mm/an. Zona centrală este semi aridă cu valori între 500-1000 mm/an sau aridă, cu 100-500 mm/an. În ansamblu însă, continentul este sărac în apă.

America Centrală și de Sud este mult mai bogată în precipitații, cu o medie multianuală record de 13 300 mm/an, înregistrată în localitatea Choco (Columbia), și un record de 26 303 mm înregistrat în anul 1974, când s-au înregistrat 280 de zile cu precipitații. Întregul Bazin Amazonian și zona Centrală a continentului primesc peste 1000 mm/an, cu valori maxime în zonele de coastă. Valori minime, semiaride, cuprinse între 100-500 mm/an se înregistrează în Patagonia și în zona Anzilor Cordilieri de Sud.

Europa Centrală și de Vest, împreună cu jumătatea Nordică a Europei de Est, are un climat temperat umed, cu valori multianuale medii cuprinse între 500-1000 mm/an. Valori mai ridicate se înregistrează în zona Munților Alpi, în Scandinavia, pe țărmul Mării Adriatice, în Munții Pirinei și pe coasta Atlantică a Scoției și Irlandei. Pusta Sud-Estică din zona Ucrainei și Rusiei înregistrează 100-500 mm/an. Media multianuală a zilelor cu precipitații oscilează între 51 de zile în Sicilia și 170 de zile în Scoția, cu valori medii de 80-110 zile în majoritatea continentului.

În ansamblu, volumul total de precipitații, repartizat pe continente este de: Europa 7 162 Km³, Asia 32 590 Km³, Africa 20 780 Km³, America de Nord 13 810 Km³, America de Sud 29 255 Km³, Australia 6 405 Km³. Din volumul total de precipitații sunt accesibile pentru consum: 43 % în Europa, 40 % în Asia, 23 % în Africa, 31 % în America de Nord, 35 % în America de Sud și 31 % în Australia.

Apele subterane și de adâncime totalizează 23, 4 milioane de Km³, adică cam o treime din capitalul global de apă dulce, jumătate cât apa cantonată în ghețari. Jumătate din apa subterană, 12,8 milioane de Km³ este apă sărată, în timp ce apele dulci reprezintă 10,5 milioane Km³. În ansamblu, apele subterane reprezintă 99 % din apa dulce în stare lichidă, adică principalul rezervor accesibil activităților cotidiene. Ciclul natural al apei reîmprospătează permanent acest rezervor. Repartizat pe continente, volumul total de apă subterană este reîmprospătat anual prin: Europa 1 047 km³, Asia 3 389 Km³, Africa 1 673 Km³, America de Nord 1 370 Km³, America de Sud 3 686 Km³, Australia 476 Km³ (restul de precipitații se pierde prin evaporare sau ape curgătoare).

Circa 2,5 miliarde de oameni extrag apa potabilă din subteran, iar 40 % din apa pentru irigații se extrage tot din subteran. Ca urmare, în epoca modernă consumul a fost estimat în anul 1990 la 600 Km³, pentru a crește în anul 2020 la peste 4 000 Km³ (adică 4 000 de miliarde de m³, respectiv 500 m³ per cap de locuitor). Consumul exagerat a creat un deficit, estimat între 100-300 Km³ (circa 10 m³/cap de locuitor al planetei), adică în jur de 15 % din necesarul de apă pentru uz casnic. Problema este acută în Asia, unde este extrasă peste 60 % din apa subterană, iar populația atinge densități maxime. În India, spre exemplu, 90 % din apa subterană se utilizează pentru irigații, dar acviferul este permanent reumplut prin volumul masiv de precipitații din sezonul umed. Apa subterană reprezintă în acest caz doar un imens rezervor natural. În subteran, nivelul apei freatice evoluează diferit față de volumul de precipitații. Astfel, atunci când fundul bazinului de colectare este format din argile poroase, acestea se umflă în prezența apei, astfel că după precipitații de 100 mm/m² nivelul apei freatice poate crește până la 400 mm, rezultând o falsă estimare a volumului captat.

Stratigrafic, apa din subteran se împarte în trei zone: 0-100 m, apă freatică sau în aquifere, cu participare activă la ciclul natural al apei în Natură, 100-200 m, în aquifere de adâncime, cu activitate moderată de schimb compartimental, 200-2000 m, apă staționară, predominant salină, cu participare minimă la ciclul natural. În total, doar 12 000 Km³ de apă din subteran din cele 23,4 milioane Km³ participă la ciclul natural, restul fiind apă cantonată. Dintre aceștia, 4 000 Km³ sunt extrași pentru activități antropice. Aquiferele nu sunt distribuite uniform pe glob, fiind formate în funcție de stratigrafia geologică (straturi permeabile deasupra unui strat impermeabil). Exemple de aquifere de mari dimensiuni sunt în: Egipt (150 000 Km³), Brazilia (111 660 Km³), SUA (125 000 Km³), Libia (35 000 Km³), Australia (20 000 Km³).

BIBLIOGRAFIE:

- J. Anderson et all Water Worlds: Human Geographies of the Ocean
 O. Mamayev et all Temperature-Salinity Analysis of World Ocean Waters
 J. Milliman et all River Discharge to the Coastal Ocean
 K. S. Shifrin Physical Optics of Ocean Water
 Adrian Jenkins The Impact of Melting Ice on Ocean Waters
 Donald Langmuir Aqueous Environmental Geochemistry
 Tianling Quin et all Global Freshwater Discharge into the World's Oceans
 P. Reichert et all River Water Quality Model
 Frank Sherwin The New Ocean Book
 Ernest Ingersoll The Book of the Ocean
 David Thomas Sea Ice
 Ellen Wohl Sustaining River Ecosystems and Water Resources
 Zhen-Gang Ji Hydrodynamics and Water Quality Modeling Rivers, Lakes and Estuaries
 Luna Leopold Water, Rivers and Creeks
 Ian Strangeways Precipitation Theory, Measurement and Distribution
 Silas Michaelides Precipitation: Advances in Measurement, Estimation and Prediction
 Xiaofan Li et all Precipitation Modeling and Quantitative Analysis
 V. Levizzani et all Satellite Precipitation Measurement
 Paul Younger Groundwater in the Environment
 F. Schwartz et all Fundamentals of Groundwater
 Charles Fitts Groundwater Science
 J. Margot et all Groundwater around the World A Geographic Synopsis

Apa în România

România are o suprafață de 237 500 Km² și o medie multianuală de 637 mm/an, adică un volum total de precipitații de peste 150 000 milioane de m³ de apă, circa 7 500 m³ per cap de locuitor. La aceasta se adaugă cei 7100 m³ per cap de locuitor de ape subterane, pentru un capital total de circa 15 000 m³/locuitor. La extreme se află zonele montane, cu un regim de precipitații de 1000-1900 mm/an, respectiv Bărăganul și Dobrogea cu mai puțin de 500 mm/an. Numărul mediu de zile cu precipitații oscilează între 100-200 zile/an, cu peste 190 de zile în zonele montane înalte și mai puțin de 100 de zile în zonele de câmpie. Volumul maxim de precipitații se înregistrează în lunile Mai, Iunie și Decembrie, iar volumul minim se înregistrează în lunile Septembrie și Octombrie. Volumul cel mai mare de precipitații într-o singură zi este între 150-180 mm (litri/m²), față de recordul mondial de 1 825 mm (Reunion 1966). Majoritatea precipitațiilor aduc însă volume cuprinse între 20-50 mm (litri/m²) cu o medie de 30 mm în lunile de vară. Ca urmare a precipitațiilor, nivelul apelor subterane, respectiv al apei din fântâni, poate oscila cu 100-200 mm. Nivelurile cele mai ridicate se înregistrează primăvara, în puțuri cu adâncimea de 2-3 metri, în timp ce în puțuri săpate la 4-5 metri adâncime oscilațiile nu depășesc în medie 5-10 cm.

La prima vedere, rezerva de apă pare suficientă, față de un volum de 75-100 m³ de apă necesari pentru uz casnic, și alți 500 m³/an pentru uz industrial și agricol. Nu trebuie însă uitat că plantele au și ele nevoie de apă. Considerând o medie de 300 de arbori/cap de locuitor (cât este media pe glob), cu un necesar mediu de 100 m³/an, rezultă un necesar de 600 milioane m³/an (iar un arbore de talie mare necesită 200 m³/an). Dacă numărul arborilor crește prea mult, scade debitul râurilor, iar dacă numărul arborilor scade prea mult, scade evaporația, implicit volumul de precipitații și apare fenomenul de deșertificare. Dar, toate speciile vegetale

necesită apă, un interes deosebit fiind în cazul culturilor agricole. De exemplu, la grâu, necesarul este de 4 m³/an pentru fiecare Kg de grâu produs (adică 1000-2000 litri/m²). Pentru cele 10 milioane de tone, cât este producția medie anuală, necesarul este de 40 000 milioane m³ de apă. În ansamblu, disponibilul de apă din precipitații reprezintă de patru ori mai puțin decât necesitățile optime ale speciilor vegetale. Ca resurse globale, România se situează pe locul 21 din Europa, adică ocupă o poziție mijlocie. În ciuda abundenței aparente, este necesar un management foarte strict al resurselor de apă pentru a satisface nevoile tuturor speciilor din habitat.

Cel mai mare rezervor de apă din zonă îl reprezintă Marea Neagră, cu o suprafață totală de 423 488 Km² și o adâncime medie de 1271 m (maxim 2200 m), pentru un volum total de 547 000 Km³ de apă, cu salinitatea medie de 22,03/1000. Ca urmare a aportului important de apă dulce, salinitatea este de doar 2/3 față de apa oceanelor, în vecinătatea marilor râuri apele slamastre au o salinitate de 15-18/1000, iar la gurile de vărsare ale Dunării salinitatea este sub 10/1000 (cât serul fiziologic). Principalele râuri care alimentează Marea Neagră cu apă dulce sunt: Dunărea (6500 m³/s), Niprul (1700 m³/s), Donul (890 m³/s, prin Marea Azov), Nistrul (313 m³/s), Bugul (155 m³/s), Kubanul (430 m³/s), Kizilirmak, Kelkit, Sakarya, Rion. Un important aport de apă dulce îl aduce și scurgerea de apă freatică din zona Carasu, la o adâncime de 35 metri pe o lărgime de 800 metri, cu o viteză de curgere de 6,5 km/oră, pentru un debit total de circa 22 750 m³/s, adică de 350 de ori mai mare decât debitul Tamisei și de trei ori mai mare decât cel al Dunării. Râurile aduc însă pe lângă apă dulce și un important volum de aluviuni: Dunărea (200 km³/an), Niprul (55 km³/an), Donul (28 Km³/an), Kubanul 13 Km³/an, Nistrul (9 km³/an). Principalii poluanți sunt resturi organice sau chimice provenite din industria alimentară, industria hârtiei, prelucrarea lemnului, industria textilă sau minerit. Volumul total al precipitațiilor, asociat cu debitul total al râurilor, depășește evaporația, astfel că Marea Neagră este un bazin de tip estuar, cu vărsare în Marea Mediterană, prin Marea Marmara. Curentii de suprafață înconjoară cei peste 4000 de km de țărmuri în 3-6 luni, în funcție de anotimp. Litoralul românesc se întinde pe 245 kilometri, pentru un spațiu maritim de 20 000 Km, dintre care ape maritime interioare 753 Km², mare teritorială 4 487 Km² (12 mile marine față de țărm), mare contiguă 4 460 Km² (următoarele 12 mile marine față de țărm) și zona economică exclusivă 10 300 Km² (200 mile marine față de țărm).

Lungimea totală a cursurilor de apă din România cu suprafața bazinului de colectare mai mare de 10 Km² este de 115 000 km, cu o densitate medie de 0,49 km/km². Dintre acestea, un număr de 4 864 de râuri, cu o lungime totală de 78 905 Km sunt codificate în Cadastrul Apelor din România. Suprafața totală a bazinului hidrografic este egală cu suprafața țării, adică 237 500 Km².

Principalul curs de apă dulce este fluviul Dunărea (Danube, Donau), cu o lungime de 2850 Km și un bazin de colectare de 817 000 Km², pentru un debit mediu de 6 500 m³/s. Debitul mediu oscilează între 4 460 m³ în luna Octombrie și 8 950 m³ în luna Mai, iar debitul maxim poate atinge 15 000 m³/s. Principalii afluenți, în funcție de debit sunt: Sava (1 564 m³/s), Tisa (794 m³/s), Inn (735 m³/s), Drava (577 m³/s), Siret (240 m³/s), Morava (232 m³/s), Enns (195 m³/s), Olt (174 m³/s), Isar (174 m³/s), Vah (161 m³/s), Traun (150 m³/s), Prut (110 m³/s). Dunărea este navigabilă în tot cursul de la intrarea în țară până la vărsare. Sunt permise un număr de maximum 9 barje/împingător, cu unele limitări în sezonul secetos.

În funcție de bazinul hidrografic, cele mai mari râuri din România sunt (lungime, bazin, debit): Tisa (966 Km, 157 183 Km², 794 m³/s), Siret (706 Km, 44 854 Km², 225 m³/s), Mureș (789 Km, 30 332 Km², 186 m³/s), Prut (953 Km, 27 500 Km², 110 m³/s), Olt (615 Km, 24 500 Km², 174 m³/s), Someș (465 Km, 15 700 Km², 125 m³/s), Ialomița (417 Km, 10 350 Km², 43 m³/s), Argeș (350 Km, 12 550 Km², 73 m³/s), Jiu (339 Km, 10 800 Km², 96 m³/s), Bârlad (207 Km, 7 220 Km², 11 m³/s), Bistrița (283 Km, 7 039 Km², 66 m³/s), Târnava Mare (246 Km, 6 253 Km², 15 m³/s), Jijia (275 Km, 5 757 Km², 12 m³/s), Timiș (244 Km, 5 643 Km², 47 m³/s), Trotuș (162 Km, 4 456 Km², 35 m³/s), Vedea (224 Km, 5 430 Km², 8 m³/s), Buzău (302 Km, 5 264 Km², 29 m³/s), Moldova (213 Km, 4 299 Km², 36 m³/s), Crișul Alb (234 Km, 4 240 Km², 24 m³/s), Someșul Mic (178 Km, 3 773 Km², 21 m³/s), Prahova (193 Km, 3738 Km², 27 m³/s), Neajlov (186 Km, 3 720 Km², 20 m³/s), Arieș (166 Km, 3005 Km², 26 m³/s), Dâmbovița (286 Km, 2824 Km², 19 m³/s), Putna (144 Km, 2 720 Km², 16,2 m³/s), Oltet (185 Km, 2663 Km³, 13 m³/s), Bega (170 Km, 2362 Km², 17 m³/s), Suceava (173 Km, 2 298 Km², 20 m³/s), Târnava Mică (196 Km, 2071 Km², 10 m³/s). În total, debitul mediu vărsat în Dunăre depășește 1 500 m³/s, adică 130 milioane de m³ pe zi, respectiv 47

Km³/an. Deci, din cei 150 Km³/an de precipitații, doar 1/3 ajung în Marea Neagră, iar 2/3 sunt evaporați, în mare parte prin arbori și plante verzi. Raportat la o populație actuală de circa 18,5 milioane de locuitori, revin 2 500 m³/cap de locuitor pentru apele riverane.

Cele peste 3 500 de lacuri ale României au suprafață medie mică, reprezentând în total 1,1 % din suprafața țării, adică puțin peste 2 620 Km². Cel mai mare este Lacul Razim, cu o suprafață de 415 Km² și o adâncime maximă de 2,8 m, iar complexul lagunar Razim Sinoe ocupă o suprafață de 103 000 ha, prin lacurile: Razim (41 500 ha), Sinoe (17 150 ha), Golovita (11 870 ha), Zmeica (5 460 ha), Leahova (3 550 ha), Babadag (2 370 ha), Nuntași (1 050 ha). La acestea se adaugă limanurile marine Techerghiol, Siutghiol, Tașaul, Tatleageac, Mangalia și lacurile din Delta Dunării: Furtuna, Lumina, Roșu, Puiu, Gorgova, Merhei, Dranov. Dintre lacurile de acumulare și lacurile de munte, cele mai mari în funcție de suprafață sunt: Bicaz (3000 ha), Vidra Lotru (1035 ha), Beliș Fântânele (980 ha), Vidraru (893 ha), Surduc (460 ha), Oașa Șureanu (453 ha), Poiana Uzului (335 ha), Colibița (314 ha), Valea lui Iovan Godeanu (296 ha), Bâta Doamnei (235 ha), Tarnița (215 ha), Paltinu (215 ha), Călinești Oaș (160 ha), Pângărați (155 ha), Leșu (147 ha), Săcele (123 ha), Vaduri Tarcău (115 ha), Firiza (110 ha), Secu (105 ha). Cele mai adânci sunt: Vidraru (155 m), Vidra (109 m), Valea lui Iovan (107 m), Paltinu (107 m), Tarnița (97 m), Colibița (92 m), Bicaz (90 m). În total sunt 545 de amenajări hidroenergetice, cu perspectivă viitoare de până la 675 de hidrocentrale în viitorul apropiat. Dintre acestea, 115 hidrocentrale s-au instalat între anii 1950-1990, alte 200 de hidrocentrale mari cu o capacitate totală de 6 443 MW au intrat în funcție în perioada 1990-2015, iar alte 466 de hidrocentrale mici au o putere instalată sub 10 MW (circa 4 000 MWh). În ansamblu, hidrocentralele mici reprezintă doar 11 % din energia hidroelectrică și circa 3 % din producția totală de energie. Adăugând luciul de apă rezultat din amenajări hidrotehnice, suprafața totală ajunge la 4 621 Km². Dintre lacurile de acumulare, cele mai mari suprafețe sunt alimentate de următoarele cursuri de apă: Dunărea (1 261 Km²), Siret (531 Km²), Olt (346 Km²), Prut (213 Km²), Argeș (201 Km²), Mureș (195 Km²).

Apele subterane reprezintă ca volum o sursă aproximativ egală cu volumul anual de precipitații (11 miliarde m³, dintre care circa 6 miliarde mc se reîmprospătează anual prin precipitații). După modul de cantonare și scurgere, apele din subteran pot fi: cursuri de apă subterane (râuri), strate acvifere freatică de mică adâncime (pânze freatică până la 40 m adâncime), strate acvifere de mare adâncime (peste 40 m), izvoare, straturi de apă de infiltrație marină (sub nisipiri și dune). În general, cele situate la adâncime mică (freatică) nu sunt sub presiune, iar cele de adâncime sunt sub presiune, la temperaturi superioare și erup în momentul forajului. În Podișul Transilvaniei, apele minerale de suprafață (în izvoare) au o mineralizare cuprinsă între 0,7-0,8 g/litru, iar în acvifere și depozitele sarmațiene mineralizarea este între 1-3 g/litru. În vecinătatea depozitelor de sare, mineralizarea poate atinge 57-64 g/litru (saramură). Depozitele de apă subterană sunt repartizate astfel: Câmpia Română (4,34 miliarde m³), sub Bazinul Someșului (1,19 miliarde m³), Podișul Moldovei (1,1 miliarde m³), Valea Dunării (0,91 miliarde m³), Banat (0,83 miliarde m³), Podișul Transilvaniei (0,79 miliarde m³), Dobrogea (0,46 miliarde m³). Dintre acestea, apele freatică (cele exploatabile) reprezintă 4,7 miliarde m³, repartizate astfel: Câmpia Română (2,31 miliarde m³), sub Bazinul Someșului (0,66 miliarde m³), Podișul Moldovei (0,57 miliarde m³), Valea Dunării (0,41 miliarde m³), Podișul Transilvaniei (0,41 miliarde m³), Banat (0,35 miliarde m³), Dobrogea (0,01 miliarde m³). Apele subterane de adâncime sunt strâns legate genetic de aria vulcanică, zăcămintele de sare și petrol, gaz metan sau cărbuni. Izvoare de ape puternic mineralizate sunt în număr de peste 2 000, distribuite în peste 500 de localități, situate în marea lor majoritate în aria Carpaților Orientali. În funcție de compoziție, apele minerale sunt: sulfuroase, feruginoase, clorurate, bicarbonatate, sulfatate, iodinate, arsenicale, oligominerale, vitriolice. Uneori izvoarele minerale sunt colectate la suprafață pentru a forma lacuri cu potențial balneoclimateric, cum sunt lacurile: Amara, Techirghiol, Sărat-Brăila, Cojocna, Ocna Mureș, Ocna Sibiului. Un număr de 34 de stațiuni balneoclimaterice exploatează potențialul terapeutic al apelor minerale. Stress-ul exercitat de metale asupra rinichiului determină eliberare de cortisol, cu o falsă senzație de energizare, dar mai ales cu efect antalgic, euforizant. În cură scurtă (3-14 zile) apele minerale au un efect roborant, trofic, dar în cură prelungită (luni sau ani de zile), apele minerale au doar efecte toxice, spoliază organismul și produc tubulopatii renale (nici cura helio-marină nu acționează altfel).

Amenajarea și gospodărirea resurselor de apă s-a instituționalizat începând cu anul 1950. Primele planuri de amenajare a bazinelor hidrografice au fost făcute în anii 1963 și 1973. Lacurile de acumulare au reprezentat primul obiectiv. În primele 5 decenii au fost amenajate 1 450 de lacuri de acumulare, cu o capacitate totală de stocare de peste 15 miliarde m³ (750 m³/locuitor), adică 10 % din volumul total de precipitații. Cele mai mari acumulări de apă sunt: Porțile de Fier (2,4 miliarde m³), Bicaz (1,1 miliarde m³), Stâncea Costești Prut (0,75 miliarde m³), Vidraru (0,47 miliarde m³), Lotru (0,34 miliarde m³). Din cele 6 milioane ha de teren arid, au fost amenajate 3,5 milioane ha de teren irigabil. Rețele de distribuție a apei potabile s-au amenajat în 261 de orașe, pentru 12,5 milioane de locuitori din mediul urban și în 2 540 de comune și sate, pentru alți 3,5 milioane de locuitori. Capacitatea instalațiilor de captare și tratare a apei potabile depășește 11 milioane m³/zi, adică 500 litri/locuitor, respectiv 1734 m³/an/locuitor (ape de suprafață + ape subterane). Resursele de apă totale (suprafață + subterane) sunt distribuite pe județe astfel (în milioane de m³/an, respectiv m³/an/locuitor): Alba (1457, 3843), Arad (1315, 2862), Argeș (1925, 2980), Bacău (1297, 1794), Bihor (2300, 3863), Bistrița Năsăud (1840, 5808), Botoșani (1380, 3000), Brașov (1500, 2530), Brăila (590, 1585), Buzău (1200, 2440), Caraș Severin (2890, 8 700), Călărași (780, 2448), Cluj (1225, 1760), Constanța (375, 553), Covasna (850, 3748), Dâmbovița (750, 1397), Dolj (1190, 1655), Galați (450, 750), Giurgiu (700, 2450), Gorj (1910, 4950), Harghita (1020, 3120), Hunedoara (2820, 5860), Ialomița (650, 2230), Iași (325, 396), Maramureș (2965, 5750), Mehedinți (915, 3010), Mureș (1636, 2805), Neamț (1150, 2019), Olt (1235, 2560), Prahova (1150, 1380), Satu Mare (950, 2570), Sălaj (550, 2250), Sibiu (990, 2340), Suceava (3020, 4275), Teleorman (715, 1690), Timiș (1600, 2417), Tulcea (525, 2074), Vaslui (350, 760), Vâlcea (2600, 6250), Vrancea (1000, 2560), Ilfov și București (311, 141). Deficitul este major în București, Iași și Constanța, iar județele cu mai puțin de 2000 m³/locuitor sunt amenințate în perspectiva apropiată cu un deficit de apă potabilă. Amenințarea nu se referă neapărat la apa pentru menajul casnic, cât la apa necesară pentru dezvoltarea vegetației, sector cu nevoi de circa 200 de ori mai mari, decât cel antropic. Pentru un management superior al resurselor de apă, după anul 1990 s-a introdus conceptul de "amprentă a apei (water footprint)", reprezentând volumul anual de apă necesară pentru susținerea populației (apă menajeră + apă industrială + apă agricolă), adică amprenta pusă de apă asupra nivelului de civilizație. Pe plan mondial, acest indicator este în medie de 1 240 m³/an/locuitor, cu mari oscilații, între China (700 m³/an/locuitor) și SUA (2480 m³/an/locuitor). Se consideră că o țară sau o regiune are deficit de apă atunci când resursele exploatabile sunt sub 1000 m³/locuitor/an. Pentru România, fluviul Dunărea are un debit mediu la vărsare de patru ori mai mare decât debitul tuturor râurilor la un loc, reprezentând o soluție potențială pentru județele Brăila, Călărași, Constanța, Galați, Giurgiu, Ialomița, Mehedinți, dar mai ales pentru Ilfov și București. Doar apa din Dunăre poate dubla potențialul de apă potabilă, cu condiția să fie adusă la parametrii apei potabile.

BIBLIOGRAFIE:

- | | |
|-------------------------------|--|
| Petre Gâșteanu | Resursele de apă din România |
| A. Croitoru et all | Changes in precipitation extremes in Romania |
| Cr. Paltineanu et all | Combining the standardized precipitation index and climatic water deficit in characterizing droughts |
| I.A. Manea et all (1961-2008) | Changes in the type of precipitation and associated cloud types in Eastern Romania |
| Ionuț Minea | The Vulnerability of Water Resources from Eastern Romania to Anthropic Impact |
| Ionuț Minea | Groundwater Resources from Eastern Romania under Human and Climatic pressure |
| S. Cheval et all | Climatologic adjustments to monthly precipitation in Romania |
| Otilia Rusz | Some characteristics of precipitation in Central Region of Romania in the 1961-2017 period |

Gulfem Bakan et all	The Black Sea
Emil Stanev	Black Sea Dynamics
V. Mănoiu et all	Danube river water quality trends
I. Navodaru et all	Effects of Hydrology and Water Quality on the Fish Community in Danube Delta Lakes
A. Schalten et all	Navigation on the Danube - Limitations by low water levels and their impacts
F. Chiriloaiei et all	Late Holocene history of the Moldova River Valley, Romania
L. Zaharia et all	Sediment transport and River Channel Dynamics in Romania
L. Zaharia et all	Urbanization effects on the river systems in the Bucharest city region (Romania)
P. Olariu et all	The future of the reservoirs in the Siret River Basin considering the sediment transport of rivers
G. Costea et all	A review of hydropower plants in Romania
L. Sfâca et all	Projected changes of groundwater levels in northeastern Romania according to climate scenarios
M. Hoaghia et all	Water Quality and Hydrogeochemical Characteristics of Some Karst Water Sources
S. Ene, C. Teodosiu	Water Footprint and Challenges for its Application to Integrated Water Resources Management
Y. Zhai et all	Water footprint analysis of wheat production

Hidrologie

Hidrologia se ocupă cu prezența și fenomenologia apei în Natură. Principalele subiecte de interes pentru hidrologie sunt: ciclul hidrologic, resursele de apă, balanța apei în Natură, formele de prezentare (râuri, lacuri, gheață, mări și oceane), consumul de apă (public, industrial, natural), calitatea apei (parametrii apei potabile), impactul asupra mediului (poluare, contaminare), managementul resurselor (rezervoare, amenajări hidrotehnice, desalinizare, conservare), standarde și legislație. Câteva dintre ramurile de studiu sunt: hidrogeologia, potamologia (apa dulce potabilă), limnologia (lacurile), telmatologia (mlăștinile), criologia (zăpada și gheața), glaciologia (ghețarii), hidrologia interfluviilor (bazinele hidrografice), oceanologia, gospodărirea apelor.

Ciclul hidrologic al apei (precipitații, scurgere spre oceane, evaporare, precipitații) este guvernat în primul rând de energia termică solară și de forța gravitațională. Interacțiuni suplimentare sunt determinate de intervenția antropică activă, forțele intermoleculare ce guvernează scurgerea prin sol, presiunea atmosferică sau forța de atracție lunară și solară. După tipul de interacțiuni, ciclul hidrologic este subîmpărțit în trei compartimente: Atmosferă (mediu gazos), Hidrosferă (mediu lichid) și Litosferă (mediu solid). Ca extindere, ciclul natural al apei începe de la 1 000 de metri în subteran și ajunge până la 15 000 de metri în atmosferă. Dincolo de aceste extreme, apa poate fi introdusă în ciclul natural doar prin intervenție umană, sau accidente geologice (erupții vulcanice). Cel mai frecvent, ciclul hidrologic este reprezentat grafic sub formă de cerc, pentru a sublinia principiul conservării apei în Natură. Bugetul global al apei (balanța naturală) a fost deja prezentat în capitolul referitor la Apa pe Glob (vezi mai sus). Aportul de apă într-un anumit bazin hidrografic se face doar prin precipitații, în timp ce pierderile au loc prin evaporare, infiltrații, scurgere sau consum.

Volumul precipitațiilor formează elementul cel mai important al oricărei analize hidrologice, atât ca valoare de moment cât și prin distribuția temporală sau spațială asupra diferitelor forme de relief. Ca regulă generală, volumul de precipitații este mai mare în zonele montane, unde straturile de aer sunt mult mai reci și fenomenul de condensare a apei este accelerat. Volumul de precipitații se măsoară în milimetri, cu ajutorul unui cilindru gradat, denumit pluviometru, cu diametrul de 64,1 mm și înălțimea de 510 mm, astfel încât fiecare milimetru de apă colectată să reprezinte exact un litru. Gradațiile sunt din 0,5 în 0,5 mm. Un instrument ceva mai sofisticat este pluviometrul de intensitate, care asociază la pluviometrul clasic și un instrument pentru a înregistra temporal nivelul apei din cilindru (în milimetri), adică volumul acumulat/minut sau /oră. La mai puțin de 2,5 mm/oră sunt precipitații ușoare, între 2,5-7,5 mm/oră sunt

precipitații de intensitate medie, iar peste 7,5 mm/oră precipitațiile sunt masive. Aportul total de apă adus de o precipitație se estimează apoi în funcție de suprafața terenului. De exemplu, precipitații de 12,5 mm asupra unei suprafețe de 50 Km² (o comună) aduc un aport de 625 000 m³ de apă. Pentru același volum de apă, o pompă de irigații cu un debit de 1500 m³/oră ar trebui să funcționeze timp de 416.6 ore, respectiv 18 pompe de 1500 m³/oră ar trebui să funcționeze nonstop timp de 24 de ore.

Ansamblul cursurilor de apă, naturale sau artificiale, permanente sau temporare, formează rețeaua hidrografică, subîmpărțită în bazine hidrografice, definite ca suprafața terestră în care apa provenită din precipitații se scurge la vale într-un alt corp de apă (râu, lac, estuar, mare, ocean). Variația în timp a debitului de apă într-un bazin hidrografic se denumește ca hidrograf de debit și depinde de: suprafața, forma și panta de scurgere a bazinului, tipul solului, vegetația și obstacolele fizice, rețeaua hidrografică de scurgere a apei.

Evaporarea depinde de temperatura mediului, umiditatea aerului, tipul solului și tipul de vegetație. Pădurile acoperă pe glob circa 4 miliarde de hectare, adică 1/3 din suprafața uscatului, cu o densitate medie de 600 arbori/ha (16,6 m²/arbore). În ansamblu, de pe suprafețele acoperite de vegetație, 57-60 % din volumul total de precipitații este evaporat, fie direct, fie prin stomatele frunzelor (transpirație), pentru a reintra în ciclul hidrologic. Față de evaporarea potențială, cea produsă în condiții optime, evaporarea actuală este de obicei mai mică (mai prelungită) în funcție de condițiile de stress termic sau hidric. În cazul culturilor agricole, pentru fiecare specie cultivată s-a calculat un indice de cultură al evaporării, pentru ca fermierii să poată estima cât mai exact bugetul actual al apei. De exemplu, necesarul de apă în perioada de creștere pentru diferitele culturi este (în mm precipitații): cereale (450-650), lucernă (800-1600), fasole și mazăre (300-500), varză (350-500), porumb (700-1300), pepene (400-600), ceapă (350-550), cartofi (500-700), orez (450-700), sorg și soia (450-650), floarea soarelui (600-1000), tomate (400-800). Bugetul apei, respectiv evaporarea se calculează în raport cu perioada de vegetație, care pentru aceleași culturi este de (nr. de zile): cereale (120-150), lucernă (100-365), fasole și mazăre (75-110), varză (120-140), porumb (125-180), pepene (120-180), ceapă (150-210), cartofi (105-145), orez (90-150), sorg și soia (120-150), floarea soarelui (125-130), tomate (135-180). Evaporarea poate oscila între 5 mm/zi în cazul culturilor neprășite (prin capilaritate) și 1,8 mm/zi în cazul culturilor prășite. Cumulate pentru întreaga perioadă de vegetație, pierderile de apă datorate neglijenței se estimează în sute de litri/m². Evaporarea este cu atât mai mare cu cât granulația solului este mai mică și cu cât grosimea solului aerat este mai mare. Astfel, în stratul de cultură agricolă (30 - 1500 mm adâncime) evaporarea este de 500-700 mm/an, din prafuri nisipoase este de 700-1200 mm/an, iar din argile prăfoase este de 1400-1800 mm/an. Evaporarea poate fi mai mare decât volumul precipitațiilor doar atunci când se asociază apă din sistemul de irigații. Evident, evaporarea depinde de intensitatea radiațiilor solare, cu o medie globală între 96-103 W/m². Deasupra zonelor continentale intensitatea radiației solare este de 65-70 W/m², deasupra oceanelor și mărilor este de 98-110 W/m².

Calitatea apei depinde de tipul de rezervor, respectiv de tipul de curgere. În cazul marilor lacuri, principala sursă de poluare o reprezintă depunerile de materii organice toxice (45 %), agenții microbieni patogeni (9,3 %), substanțe solide în suspensie (9 %), depleția de oxigen (6,7 %). Estuarul râurilor cu flux și reflux este poluat (în procente) prin: metale (51,5 %), pesticide (38 %), depleție de oxigen (34 %), agenți patogeni (30 %), microplastic (16 %), substanțe solide în suspensie (15,9 %). Râurile și canalele de scurgere suferă în primul rând prin: agenți patogeni (88 %), depleție de oxigen (23,5 %), depuneri organice (12 %), ulei și produse petroliere (11 %), substanțe solide în suspensie (11,5 %), metale (10,6 %). Iazurile, rezervoarele de apă și lacurile mici sunt contaminate în primul rând prin: substanțe nutritive (hrană pentru pești 50 %), metale (41,8 %), substanțe solide în suspensie (20,6 %), depleție de oxigen (14,6 %), alge în exces (12 %), pesticide (8 %). Valorile estimative reprezintă media valorilor pentru apele de suprafață din SUA, pentru anul 1999, dar pe glob prezintă o variabilitate mult mai mare.

Imediat după ce apa din precipitații ajunge pe sol, începe interacțiunea cu particulele minerale din compoziția solului, având ca rezultat infiltrarea spre adâncime, sau scurgerea spre zone declive. Balanța apei în sol, respectiv procesul de infiltrare se poate estima și anticipa având în vedere o serie de parametri, cum sunt: dimensiunea și densitatea particulelor din sol, compoziția chimică a particulelor minerale, proprietățile hidraulice ale solului, conținutul preexistent în apă, capacitatea de retenție a apei, conductivitatea hidraulică, saturată și nesaturată a solului. Interacțiunea dintre apă și sol rezultă în grade diferite de eroziune a solului, în

funcție de: climat, natura solului, topografie și vegetația acoperitoare. Procentul de particule aflate în suspensie în apă se poate utiliza pentru a estima și anticipa gradul de eroziune, respectiv volumele de sol antrenate de apă. Se poate calcula astfel un buget al solului ud de ape. În acest context, hidrologia suprafețelor împădurite formează un capitol separat, organizat pe specii vegetale.

Un alt domeniu de studiu al hidrologiei îl reprezintă intervenția antropică activă asupra ciclului natural al apei, prin: prognoză meteorologică și anticiparea inundațiilor, măsuri de prevenire a inundațiilor (baraje, diguri, canale de fugă, bazine inundabile controlate), canale cu scurgere controlată, controlul scurgerilor din stațiile de tratare a apei, lacuri și bazine de sedimentare, mlaștini artificiale pentru dezvoltarea faunei, controlul scurgerilor de pe terenurile urbane sau agricole. Managementul și supravegherea activităților antropice implică utilizarea unui număr mare de senzori și stații de măsurare activă, fotografiile aeriene sau din satelit, hărți hidrografice, analize radar, baze de date actuale sau istorice.

O analiză globală a resurselor de apă se prezintă astfel: din volumul total de precipitații (100 000 Km³), se pierd prin evapotranspirație circa 67 %, dintre care 23,5 % pe terenuri agricole, 14,5 % pe terenuri împădurite și 29 % prin vegetație neeconomică. Circa 29,5 % din volumul total ajunge în cursurile de apă și doar 3,5 % se acumulează în bazine subterane (în funcție de climă). Din totalul de apă dulce disponibilă (circa 33 000 Km³) doar 8,1 % este extrasă pentru activități antropice (circa 2674 Km³). Se anticipează însă că în următorii ani utilizarea globală va crește la circa 4750 Km³. Utilizarea apei însă nu se face uniform. Pentru Europa, și țările dezvoltate industrial consumul este repartizat astfel: 280 Km³ pentru irigații, 116 Km³ pentru uz industrial, 68 Km³ pentru uz domestic și 18 Km³ pentru uz zootehnic, față de țările în curs de dezvoltare, unde se utilizează 1220 Km³ pentru irigații, 215 Km² pentru uz domestic, 120 Km³ pentru uz industrial și 43 Km³ pentru uz zootehnic. Cei mai mari consumatori industriali de apă sunt: industria chimică organică (200 000 litri/tonă producție), oțelăria (150 000 litri/tonă producție), industria celulozei și hârtiei (150 000 litri/tonă produsă), industria zahărului (80 000 litri/tonă produsă) și industria auto (40 000 litri/automobil produs).

Un alt tip de analiză al elementelor ce formează ciclul hidrologic se raportează la scara timpului, respectiv la durata în secunde a fiecărui fenomen. De exemplu, turbulențele atmosferice durează 0-100 s, torenții și infiltrarea apei în sol se măsoară în mii de secunde (ore), evaporarea se estimează în zeci de mii de secunde (zile), drenajul și uscarea solului sau deplasarea fronturilor de ploaie se raportează în milioane de secunde (săptămâni), modificările de vegetație și variațiile per anotimp se estimează în zeci de milioane de secunde (luni), iar modificările climatice și depozitele de apă de mare adâncime se evaluează în miliarde de secunde (ani). În funcție de frecvența unui fenomen, se alcătuiesc diagrame de flux, hărți, diagrame, sau baze de date istorice. Densitatea stațiilor de măsurare a parametrilor hidrologici depinde de importanța economică a apei pentru suprafața respectivă și topografia terenului, dar în medie oscilează între una la 50 de ha și una la 500 de ha (5 Km²).

Un alt indicator interesant este cel care evaluează stress-ul apei, respectiv presiunea exercitată asupra resurselor de apă prin exploatarea în interes antropic. Indicele de stress între 0 și 0,3 indică suprafețe cu resurse neexploatate, 0,3-0,5 resurse puțin exploatate, 0,5-0,7 resurse exploatate moderat, 0,7-1 resurse exploatate intens, iar valorile peste 1 indică exploatarea resurselor subterane cu depășirea capacității de regenerare. Europa se situează în zona cu un indice de stress cuprins între 0,3-0,7. Zone de pe glob cu un indice de stress între 0,7-1 și peste 1 se întâlnesc în Nordul Africii, Arabia, Iran, Tibet și în zona Central-Vestică a Americii de Nord. Activitățile agricole sunt cele care determină stress-ul apei, urmate de cele industriale. Apa potabilă și consumul menajer nu reprezintă deocamdată un factor de stress asupra mediului în nici una dintre regiunile globului.

Principalii trăsori utilizați în hidrologie sunt izotopii radioactivi ai oxigenului și hidrogenului, respectiv raportul lor cu izotopii stabili (O18/O16 și H2/H), iar pentru substanțele organice dizolvate sau angrenate de apă principalii izotopi sunt cei ai carbonului și azotului (C13/C12 și N15/N14). Analizele la scară globală au distins variații sezoniere sau geografice, în special în zonele de coastă, în regiuni insulare și în regiuni monotonice tropicale, în timp ce în restul regiunilor evoluția este aproximativ liniară (meteoric water line). Alți izotopi, eliberați în Natură aproape exclusiv prin intervenție antropică, sunt dozați pentru a observa modificările de ordin recent din ciclul hidrologic. Exemple sunt tritiul (H3) respectiv raportul H3/He3, sau

determinarea unor gaze precum clorofluorocarboni (CFC) și sulf hexafluoruri (SF₆).

BIBLIOGRAFIE:

- D. Scrădeanu et all Hidrogeologie generală
 Wilfried Brutsaert Hydrology An Introduction
 dokumen.tips Hidrologie și Meteorologie
 Jaya Rami Reddy A Textbook of Hydrology
 J. Sharp, P. Sawden Basic Hydrology
 M. Robinson et all Hydrology Principles and Processes
 Arved Raudkivi Hydrology An Advanced Introduction to Hydrological Processes and Modelling
 Martin Hendriks Introduction to Physical Hydrology
 Lawrence Dingman Physical Hydrology
 G. Hornberger et all Elements of Physical Hydrology
 Andy Ward et all Environmental Hydrology
 Saeid Eslamian Handbook of Engineering Hydrology Fundamentals and Applications
 F. Leeden et all The Water Encyclopedia
 D. Todd et all Groundwater Hydrology
 C.W. Fetter Applied Hydrology
 P. Maitland et all Biology of Fresh Waters
 Francis Chapelle Ground-Water Microbiology and Geochemistry
 J. Margot et all Groundwater around the World A Geographic Synopsis
 P. Polubarinova Theory of Ground Water Movement
 D. DeWalle et all Principles of Snow Hydrology
 A. Baird et all Eco-Hydrology
 John Hewlett Principles of Forest Hydrology
 Mingteh Chang Forest Hydrology An Introduction to Water and Forests
 D. Amatya et all Forest Hydrology Process, Management and Assesment
 Keyu Xiang et all Similarity and difference of potential evapotranspiration and reference crop evapotranspiration
 M. T. Burguera et all Reference crop evapotranspiration database in Spain (1961-2014)
 C. Leibundtgut et all Tracers in Hydrology

Climatologia Apei

Climatologia în general se ocupă cu studiul condițiilor meteorologice pentru intervale lungi de timp, măsurate în zeci de ani. Acoperind mai mult de 2/3 din suprafața globului, apa reprezintă principalul factor de variabilitate din diferitele zone climatice ale planetei. Hidroclimatologia este știința care studiază și organizează datele cu privire la transferul apei dintre atmosferă și zonele de uscat ale planetei, prin precipitații și evaporare. Umiditatea solului, izvoarele, cursurile de apă, formarea și circulația vaporilor formează alte subdomenii de interes. Un prim factor determinant îl reprezintă temperatura mediului, ciclul apei fiind accelerat de temperaturi ridicate, în raport cu temperaturile sub limita de îngheț a apei. Un al doilea factor decisiv îl reprezintă densitatea vegetației. De exemplu, în România, la o densitate medie de 250 arbori/ha (40 m²/arbore), fiecare arbore primește anual circa 25 m³ de precipitații. Cele 7 milioane de hectare acoperite cu pădure primesc și evaporă anual 45 Km³ de apă, adică aproximativ o treime din volumul total de precipitații.

În zonele tropicale, cu densitate dublă a vegetației, evaporarea formează un microclimat propriu, cu precipitații rezultate în urma evaporației locale. Chiar și atunci când nu se concretizează în precipitații, apa evaporată de speciile vegetale contribuie semnificativ la umiditatea aerului, respectiv la microclimatul din imediata vecinătate a solului. Spre deosebire de fânațe și culturi agricole, arborii extrag apa din sol până la adâncimi de 10-30 metri (chiar 60 de metri în zonele deșertice), astfel că evaporă volume de 10-30 de ori mai mari. Evaporarea în zonele acoperite de păduri este de circa 50 % față de evaporarea din suprafețele acoperite de ape, dar este semnificativ mai mare decât evaporarea din ariile culturilor agricole. În schimb, în zonele defrișate, umiditatea solului de adâncime este mai mare și implicit crește debitul râurilor și al apelor subterane. Defrișările masive atrag în consecință modificări climatice ireversibile. Arborii, și plantele în general, nu consumă ci doar utilizează apa ca vehicul pentru alte substanțe. Din cei 25 m³ adsorbiți anual, un arbore de talie mare nu reține în țesuturile vegetale nou formate mai mult de 200 de litri.

Variabilitatea climatică din ecosistemele acvatice poate fi urmărită la scară planetară, cum este cazul indicatorilor pentru oscilațiile la nivel oceanic, sau la scară locală, organizată pe continente, țări, sau subcompartimente de relief al fiecărei țări. Indiferent de scara compartimentului studiat, principalii indicatori sunt standardizați: volumul de precipitații, umiditatea aerului, evaporația, umiditatea solului, volumul, altitudinea și viteza de deplasare a formațiunilor noroase, temperatura aerului, temperatura solului, presiunea atmosferică, viteza de circulație a maselor de aer (fronturile atmosferice). Analiza matematică a acestor indicatori permite anticiparea evoluției climatice cu până la 72-96 de ore, dar și analize istorice pe termen nelimitat (paleoclimatologie).

Hydroclimatologia este un subiect de interes general, cu implicații asupra fiecărui locuitor al planetei. Analiza exactă la scară planetară implică o comunicare cât mai facilă între zecile de mii de puncte de observație meteorologică, situate în țări cu organizare și cultură diferită, la care se asociază observații făcute din satelit. Este esențial ca raportarea indicatorilor să se facă respectând un standard unic, cu unități de măsură conform Standardului Internațional, pentru ca fiecare dintre utilizatori să poate avea o imagine de ansamblu asupra modificărilor climatice, independent de interesele locale de ordin material. De exemplu, pentru debitul global al râurilor din perioada 1807-1991, a fost creată o bază de date formată din valori măsurate în 1018 puncte situate la diferite locații pe glob. Datele au fost publicate în arhivele UNESCO, spre a putea fi comparate cu datele unor organizații locale. Fiecare dintre cele 1018 puncte a raportat: numele stației, numele râului, suprafața bazinului de colectare, continentul, țara, debitul mediu lunar, altitudinea stației de observație, longitudinea și latitudinea punctului de observație, luna și anul când s-a făcut observația, oceanul de destinație al cursului de apă.

Pentru observații de interes local, este important de cunoscut fiecare dintre compartimentele ce formează ecosistemul respectiv. Pe plan global, cel mai important compartiment îl formează apa subterană (8,2 milioane Km³), urmat de apa din lacuri (205 000 Km³) și umiditatea solului (70 000 Km³). Râurile în ansamblul lor conțin doar 1 700 Km³, iar apa din atmosferă, la un moment dat, nu depășește 1 300 Km³. Este ușor de observat că atmosfera și cursurile de apă formează compartimentele cele mai dinamice, în timp ce apa staționară înregistrează valori relativ constante. Variabilitatea locală este însă extrem de mare, de unde și necesitatea unor măsurători cât mai frecvente.

Studii amănunțite sunt necesare și cu privire la balanța energetică, respectiv la intensitatea undelor radiante ce guvernează fenomenele de evaporare și circulație a apei. Astfel, radiația Solară de 342 W/m² poate fi adsorbită de atmosferă (67 W/m²) și de sol (168 W/m²), sau poate fi reflectată de nori (77 W/m²) și de sol (30 W/m²), în funcție de condițiile meteorologice și compoziția solului. Ca urmare se formează o radiație ascendentă de până la 107 W/m², la care se pot adăuga 24 W/m² în cazul izvoarelor termale și alți 78 W/m² prin evaporo-transpirație a solului. În cazul solului puternic reflectogen, cum sunt nisipurile și rocile cristaline, până la 324 W/m² din radiația solară poate fi reflectată, formând un curent de aer ascendent ce împiedică apropierea fronturilor de aer. Este cazul deșerturilor de nisip, unde se formează astfel un cerc vicios ce blochează circuitul normal al apei.

Ca urmare a balanței energetice, diferită de la o zonă climatică la alta, raportul global precipitații/evaporare repartizat pe continente este următorul (în mm/m²): Europa 657/375 (1,75), Asia 696/420 (1,65), America de Nord 645/403 (1,6), America de Sud 1564/946 (1,65), Australia 803/534 (1,5),

Antarctica 169/28 (6,03). Spre comparație, același raport în cazul oceanelor se prezintă astfel: Oceanul Atlantic 761/1133 (0,67), Oceanul Pacific 1292/1202 (1,07), Oceanul Indian 1043/1294 (0,80), Oceanul Arctic 97/53 (1,83). Se observă că în cazul oceanelor Atlantic și Indian raportul este subunitar, evaporația fiind mai mare decât volumul precipitațiilor. Pe plan global însă, raportul se echilibrează complet, pentru un volum total al precipitațiilor de 496 100 Km³, egal cu evaporația totală de 496 100 Km³. Se mai observă și că Antarctica are un raport net pozitiv, cu permanentă acumulare de apă în volum mediu de 375 Km³/an.

Apa este vehiculată în atmosferă de către nori, adică aerosoli formați din mase vizibile compuse din picături minuscule de apă, sau din mici cristale de gheață. În funcție de aspect și altitudine, norii sunt clasificați în mai multe genuri: 1. până la 2000 m altitudine: cumulonimbus (4 %, cu baza neagră, dezvoltată pe verticală, nori de furtună), cumulus (5 %, alb strălucitor, cu densitate mare, aspect vătos), nimbostratus (5 %, gri închis, groși, nebuloși), stratus (5 %, dezvoltat pe orizontală, plat, alb gri), stratocumulus (12 %, alb gri, cu forme rotunjite, între stratus și cumulus) 2. la altitudine medie între 2000-6000 m: altostratus (4 %, gri, cu aspect fibros, uniformi, destul de subțiri pentru a întrevădea Soarele dar fără halou), altocumulus (17 %, alb gri, cu forme și texturi variabile, grupați în bancuri, pături, grămezi, șiruri) 3. la altitudine mare, peste 6000 m: cirrus (22 %, albi, delicați, mățoși și fibroși, transparenti, formați din cristale de gheață), cirrocumulus (la fel ca cirrus dar formează pachete subțiri, stratificate, încrețite sau ondulate), cirrostratus (albi, subțiri, transparenti, Soarele se vede prin ei și lasă umbră, nu dau precipitații). Precipitații abundente sunt aduse doar de formațiunile groase de nori nimbostratus sau cumulonimbus. Cer perfect senin se înregistrează în alte circa 22 % dintre zilele anului.

Observații meteorologice cu privire la prezența și caracterul norilor se înregistrează de patru ori pe zi, la orele 0, 6, 12 și 18 și se transmit utilizând codul sinoptic WMO (World Meteorological Organization). Pe glob, cel puțin 6500 de stații meteorologice situate la sol, la distanțe de circa 180-200 Km, trimit zilnic astfel de rapoarte, iar de pe mare observațiile sunt făcute de peste 1300 de nave comerciale (aflate în trafic) și 10 nave destinate exclusiv observațiilor meteorologice. Distanța medie dintre navele de observație este de 600 Km. Date suplimentare sunt oferite de observațiile făcute de sateliți, cu ajutorul camerelor în infraroșu (norii sunt mai reci decât restul formațiunilor). Văzuți din satelit, fiecare pixel din fotografie reprezintă câțiva kilometri, astfel că observațiile acoperă spații vaste. În principal datele referitoare la nori sunt produse de 5 sateliți geostaționari, și sunt interpretate de ISCCP (International Satellite Cloud Climatology Project).

De o atenție deosebită se bucură evenimentele climatice extreme, cum sunt: seceta, inundațiile, valurile de căldură toridă, gerul extrem, precipitațiile extrem de abundente, uraganele și furtunile. Nu rare ori astfel de evenimente extreme sunt asociate câte două sau mai multe, sau sunt înlănțuite cauzal. Astfel seceta și valurile de căldură extremă pot fi urmate de precipitații extrem de abundente și inundații, urmate de alunecări de teren. Analizele statistice ale datelor istorice pot decela cu precizie din ce în ce mai mare probabilitatea unui astfel de eveniment, în funcție de evoluția indicatorilor măsurați actual. Intervenția umană poate favoriza sau defavoriza incidența unor astfel de evenimente, prin intervenția directă asupra ciclului natural al apei, cum este cazul barajelor de acumulare a apei, sau cel al defrișărilor masive.

Există și studii referitoare la influența ciclului Lunar sau al planetelor mari asupra climatului. La nivel oceanic, prin deplasarea unor volume imense de apă în timpul fluxului și refluxului, în zonele de coastă apar diferențe de temperatură ce angrenează fronturi atmosferice și pun în mișcare formațiunile noroase. La nivel de atmosferă, deși presiunea atmosferică măsurată la sol este prea puțin influențată, la nivelul straturilor superioare atmosfera este ușor bombată, suficient pentru a modifica indicele global de reflexie și a determina variații de temperatură, respectiv formarea de fronturi atmosferice. Evaporarea deasupra oceanelor este prea puțin influențată, în schimb norii sunt antrenați de fronturile atmosferice și aduc precipitații în regiunile costiere.

BIBLIOGRAFIE:

- | | |
|---------------------|--|
| Marlyn Shelton | Hydroclimatology Perspectives and Applications |
| M. Karamouz et all | Hydrology and Hydroclimatology Principles and Applications |
| L. Swift Jr. et all | Climatology and Hydrology |

Zengchao Hao et all	Compound Extremes in Hydroclimatology: A Review
Natalie Teale	Hydroclimatology and Climate Variability
Glenn McGregor	Hydroclimatology, models of climatic variability
P. Sellers et all	A numerical simulation of the effects of changing vegetation type on surface hydroclimatology
O. Yildiz et all	Elucidating vegetation controls on the hydroclimatology of a mid-latitude basin
C. Vorosmarty et all	Global River Discharge Database
S. Lozier et all	The climatology of the North Atlantic
K. Hirschboek	Flood Hydroclimatology
T. Lee et all	Deep dependence in hydroclimatological variables
Stephen Warren	Clouds: Climatology
Ch. O'Dell et all	Cloud Liquid Water Path from Satellite-Based Passive Microwave Observations
Lei Huang et all	Climatology of cloud water content associated with different cloud types
R. Lieberman et all	Climatology and interannual variability of diurnal water vapor heating
Y. Mintz et all	A global monthly climatology of soil moisture and water balance
Dario Camuffo	Lunar influences on Climate
Randall Cerveny	The Moon and El Nino
N. Sidorenkov	Celestial mechanical causes of weather and climate change

Hidrobiologie

Hidrobiologia este acea parte a biologiei care studiază rolul apei pentru viața organismelor. Apa reprezintă fundamentul organismelor vii. Peste 70 % din masa organismelor vii o reprezintă apa, ca mediu de reacție al tuturor proceselor metabolice și ca mediu de transport ale energiei și al substanțelor nutritive. Bariera dintre organisme vii și mediul extern se realizează cu ajutorul unor membrane, sau pereți celulari, alcătuiți fie din polizaharide, fie din lipoproteine. Acești pereți celulari trebuie să permită schimbul de apă și substanțe chimice cu mediul, astfel că nu sunt complet impermeabile, ci conțin structuri, sau pori, ce permit trecerea selectivă a substanțelor, fie direct prin osmoză, fie sub control electrostatic. În cazul apei, aceste structuri sunt denumite aquaporini, sau canale pentru apă. Plantele pot avea până la 50 de tipuri diferite de astfel de aquapori, în timp ce în lumea animală sunt cel mai bine reprezentați în rinichi, glande salivare sau glande lacrimale. Tipic, acești aquapori au diametrul de 2,8 Å, pentru a forța trecerea apei în șiruri monomoleculare.

Viața oricărui organism viu depinde de prezența apei și de modul în care reușește să o valorifice. În aproape toate procesele metabolice, apa este fie reactant fie produs de reacție, iar în restul cazurilor este mediul de transport și suport energetic. Apa menține homeostazia termică, iar în cazul organismelor cu fotosinteză reprezintă principalul material de construcție al viitoarelor biomolecule.

Sute de mii de specii sunt adaptate la viața în mediu aquatic. De la mic la mare, principalele grupuri de plante și animale sunt: virusuri, bacterii, alge, fungi, licheni, briofite, protozoare, bureți, celenterate, helminți, moluște, viermi inelați, artropode, pești, amfibieni, reptile, păsări, mamifere. Toate aceste specii formează comunități mai mici sau mai mari, apoi microhabitate și habitate cu diferite caracteristici: lumină, oxigen și gaze dizolvate, solide dizolvate, temperatură, mișcare, compoziție chimică. Astfel, în funcție de energia de curgere și dimensiunea comunităților se disting: bălți și lacuri temporare, lacuri permanente, torente și râuri temporare, râuri permanente, ape subterane, ape termale, ape sărate, mări și oceane. Dintre acestea, o categorie aparte o formează acumulările de apă formate prin intervenția omului: lacuri de acumulare,

amenajări piscicole, stațiuni de tratare și decontaminare a apei, rețele de irigație și distribuție.

Nu toate speciile prezente în apă au capacitatea de a supraviețui și a se dezvolta în apă. Astfel, de exemplu, virusurile pot supraviețui în apă în afara unor organisme vii perioade variabile de timp, măsurabile însă în săptămâni, adică suficiente pentru a permite transferul dintr-un compartiment în altul, dintr-un habitat în altul. Cu dimensiuni foarte mici, virusurile pot fi vehiculate și în atmosferă, de unde, înglobate în picături de ploaie, pot precipita la distanțe considerabile față de sursa primară. Bacteriile gram-negative se dezvoltă preferențial în ape de adâncime, neoxigenate, în timp ce bacteriile gram negative aerobe se dezvoltă preferențial în solul umed. Bacteriile saprofite se întâlnesc aproape exclusiv în ape contaminate cu materii fecale, în timp principalele specii patogene pentru om (stafilococi, streptococi, micrococi) nu supraviețuiesc în apele naturale, iar infecțiile nu pot fi transmise prin apă decât în condiții excepționale (puroi).

Apa reprezintă 40-60 % din greutatea unui adult: 55 % la bărbați și 50 % la femei. Astfel, un bărbat de 75 Kg conține în total 42 de litri de apă, dintre care 28 litri intracelular, 11,2 litri lichid interstițial, 2,8 litri în sânge și plasmă. Determinarea apei totale din organism se face determinând volumul de distribuție al unui eșantion cunoscut de apă grea, în care atomii de hidrogen sunt înlocuiți cu ioni de deuteriu. Cu cât țesutul adipos este mai bine dezvoltat, cu atât procentul de apă în organism este mai mic, iar presiunea metabolică asupra rinichiului este mai mare. Dacă se face corecția față de țesutul adipos, în restul țesuturilor apa reprezintă 72 %, iar dacă se face și corecția pentru oase și cartilaje procentul crește spre 90 %. Masa slabă a țesuturilor din organism se poate măsura prin determinarea potasiului total din organism, față de concentrația intracelulară de 120 mEq/litru. În organism apa poate fi liberă, legată de proteine, circa 4-10 molecule de apă la o moleculă proteică, sau structurată, în compoziția unor molecule mari de carbohidrați, lipide sau proteine. Funcțional, apa este mediul biologic universal (solvent) ce mediază prin radicalii săi de H și OH numeroase reacții biochimice. Fizic, apa este un bun regulator termic și un element de construcție la nivel molecular, prin tensiunea superficială.

Un adult mediu, cu un consum energetic de 2500 Kcal/zi necesită zilnic 2 500 ml de apă, adică 1 ml pentru fiecare Kcal de energie consumată. Aportul se asigură prin 900 ml conținuți în alimente (legume, fructe, supe, lapte), 1300 ml de apă sau lichide (sucuri, ceai) și 300 ml apă endogenă rezultată din procese metabolice. Pierderile de apă sunt de: 1400 ml prin urină, 800 ml prin perspirație și 200 ml prin scaun. Rinichiul filtrează zilnic 180 litri de apă, semn că apa din organism este filtrată și reabsorbită zilnic de circa 100 de ori. Orice dezechilibru în balanța apei din organism se soldează cu boli foarte grave, sau letale. Creșterea bruscă a aportului de apă, atunci când depășește eliminările renale se soldează cu o intoxicație acută cu apă, manifestată prin: presiune intracraniană, cefalee, anorexie, crampe musculare, vărsături, tulburări neurologice până la comă. Mortalitatea este mare prin leziuni cerebrale ireversibile. Intoxicația cronică cu apă (edemele) se instalează fie prin deficit de pompă (boli mai ales vasculare, rar cardiace), fie prin tulburări metabolice hepato-renale. Și în acest caz, decesul survine prin leziuni cerebrale ireversibile, instalate însă mult mai lent. Aportul insuficient de apă, sau pierderile exagerate de apă, pe cale renală, pulmonară sau digestivă (deshidratarea) determină o creștere a osmolarității sanguine și interstițiale, având ca rezultat pierderea de apă intracelulară cu suferință de organ. Se manifestă inițial prin: sete, astenie, cefalee, grețuri și scăderea tensiunii arteriale, apoi prin pierderea elasticității țesutului cutanat (pliu leneș), febră, hipotonie oculară, spasme musculare, convulsii și tulburări neurologice până la comă. Decesul survine tot prin leziuni cerebrale ireversibile.

Ca mijloace de investigație, hidrobiologia utilizează toate metodele utilizate în biologie, și metode specifice în funcție de speciile studiate: hidrobacteriologie, hidrobotanică, hidrozoologie. Printre metodele fizice sunt: prelevarea probelor de apă, măsurarea temperaturii, măsurarea spectrului luminos, determinarea debitului de curgere, măsurarea particulelor aflate în suspensie. Metodele chimice vizează: concentrația ionilor de hidrogen (pH-ul), concentrația în bioxid de carbon (CO₂), oximetria (O₂), azotul și amoniacul (nitriți, nitrați), fosfații, alcalinitatea, duritatea apei, salinitatea, indexul la permanganat (capacitatea oxido-reductoare).

Ca urmare a intervențiilor antropice din agricultura intensivă, un accent deosebit se pune în prezent pe fenomenul de eutrofizare a apelor stătătoare sau curgătoare, respectiv pe îmbogățirea în nutrienți, în special prin compuși ai azotului și fosforului. Eutrofizarea se produce în special în lacuri, unde circulația apei este

redușă, iar iazurile se transformă în mlaștini. Ca rezultat al eutrofizării are loc o creștere accelerată în dezvoltarea formelor vegetale superioare, în special al algelor verzi și o creștere semnificativă a masei organice, cu impact negativ asupra celorlalte organisme acvatice. Pe de altă parte însă, algele verzi pot fi utilizate în tratamentul apelor uzate tocmai pentru a fixa excesul de azot și fosfor. Algele formate în bazinele de tratament reprezintă apoi materie primă pentru producția de biogaz, pentru necesități energetice.

Un alt sector al hidrobiologiei cu importanță economică îl reprezintă analiza potențialului hidrologic din regiuni defavorizate, cum este de exemplu regiunea Sahariană, în vederea amenajării de mici bazine de colectare a apei și amenajări piscicole. Temperaturile extreme și absența unei surse constante de apă de suprafață ridică în astfel de cazuri numeroase probleme manageriale. Profilul geologic, analiza solului de suprafață, factorii climatici (temperaturi, umiditate, evaporare, precipitații), vegetația, rezervoarele subterane, consumul agricol, reprezintă doar câțiva dintre parametrii ce trebuie luați în calcul. În astfel de zone climatice, acviferele prezintă cel mai bun potențial pentru piscicultură, fie pentru alimentarea cu apă a bazinelor, fie pentru cultură direct în subteran (cu hrană, iluminare și oxigenare artificială). Apa din bazinele piscicole este însă mult mai bogată în azot fosfor și materii organice și există riscul de a contamina întregul acvifer.

Hidrobiologia și hidroecologia intervin și în cazul eforturilor de a îmbogăți rezervoarele de apă cu specii noi, fie pentru producție economică, fie ca sursă de hrană pentru speciile cu potențial economic. Un exemplu tipic îl reprezintă aclimatizarea speciilor de sturioni, pentru producția de caviar. Este important ca speciile nou introduse să nu ducă la dereglarea ecosistemului, prin exterminarea altor specii. De exemplu, în cazul sturionilor, intervine competiția pentru hrană cu speciile de somn și somotel.

Un alt obiect interesant de studiu al hidrobiologiei îl reprezintă modelele virtuale, realizate cu ajutorul inteligenței artificiale. Astfel de modele, pur matematice, oferă soluții numerice pentru probleme inexistente încă, fără costuri sau impact negativ asupra mediului. Primele modele matematice pentru transformarea mediului au fost dezvoltate începând cu anul 1946, înainte de dezvoltarea tehnicii de calcul, utilizând mașini de calcul mecanice. Complexitatea modelelor a crescut în paralel cu complexitatea tehnicii de calcul, până la universurile de realitate virtuală din prezent.

Radioizotopii reprezintă o metodă de elecție în hidrobiologie pentru studiul proceselor metabolice și al dezvoltării diferitelor specii. Ca emițători de radiații beta se utilizează izotopii (timpul de înjumătățire): H3 (12 ani), C14 (5730 ani), P32 (14,3 zile), P33 (25,5 zile), S35 (87,4 zile) sau Ca45 (164 zile). Co57 (271 zile) se utilizează ca emițător de radiații gamma, iar Fe55 (2,7 ani) ca sursă de radiație X. Izotopii se aleg în funcție de dinamica procesului studiat. De exemplu, carbonul radioactiv (C14) s-a utilizat pentru prima oară în anul 1951 (Stemann și Nielsen) pentru a determina producția primară din apele oceanice (alge, cianobacterii, plante marine). Estimările prezente sunt în jur de 100 miliarde de tone de carbon/an (10 tone/locuitor al planetei).

Câteva dintre domeniile noi de interes în hidrobiologie sunt: biotransformarea rezervoarelor acvatice, acidifierea rezervoarelor și ecosistemelor acvatice, acidifierea rezervorului oceanic, ciclul azotului și al fosforului în ecosisteme acvatice, limnologia și paleolimnologia (apele interioare), ecologia moleculară și filogeografia (geografia filogenetică), comunicarea chimică dintre specii (inclusiv planktonul). Reviste internaționale de referință sunt: *Hydrobiologia*, *International Review of Hydrobiology*, *Review of Hydrobiology*.

BIBLIOGRAFIE:

- | | |
|--------------------------|--|
| Andrew Baird | Eco-Hydrology |
| Paul Wood et all | Hydroecology and Ecohydrology Past, Present and Future |
| C. Ionescu Târgoviște | Apa - Boli de Nutriție și Metabolism |
| G. Wilse Robinson et all | Water in Biology, Chemistry and Physics |
| Jurgen Schwoerbel | Methods of Hydrobiology Freshwater Biology |
| B. Williams et all | Hydrobiological Modelling |
| V. Christensen et all | Advances in Hydrobiology |

David Harper	Eutrophication of freshwaters
V. Timchenko	Ecological hydrology (ecohydrology) as a part of the aquatic ecology
H. Lichtenthaler	Applications of chlorophyll fluorescence in photosynthesis research
S. Afanasyev et all	The Use of Higher Aquatic Plants in Biotechnologies of Surface Eater and Wastewater Treatment
I. Nezbyrta	Some problems of the Use of Microalgae for Nitrogen and Phosphorus Removal
A. L. Ibanez	Mexican Aquatic Environment - A General View from Hydrobiology to Fisheries
E. Baijot et all	Hydrobiological aspects of fisheries in small reservoirs in the Sahel region
R. van Kirk et all	Potential for Managed Aquifer Recharge to Enhance Fish Habitat in a Regulated River
A. Tal et all	The influence of fish ponds and salinization on the ground water quality in the aquifer system
Y. I. Sorokin	Radioisotopic Methods in Hydrobiology
L. Baidak et all	Theorie and practice of enrichment of reservoirs with new food organisms for fish
Sven Jorgensen	The shifts in species composition and ecological modeling in hydrobiology

Scurt Istoric

Din cele mai vechi timpuri, la fel ca animalele de pradă de altfel, oamenii primitivi și-au construit adăposturi primitive în vecinătatea unor cursuri de apă, acolo unde ierbivorele veneau la adăpat. Au trecut zeci de mii de ani până când oamenii primitivi au încercat să intervină activ în ciclul natural al apei, să găsească soluții pentru a permanentiza sursele de apă dependente de anotimp. Primele soluții primitive de administrare a resurselor de apă au apărut în Epoca Bronzului, în zone precum China, Egipt, Mesopotamia, India și Pakistan (Valea Indusului). Au fost descrise de arheologi numeroase sisteme de canalizare și irigații, aquacultură, grădini suspendate.

Homer credea uscatul este înconjurat de mari întinderi de apă, Oceanus, iar în urma sa, Thales, unul dintre cei Șapte Înțelepți ai Greciei Antice, credea că Pământul plutește pe apă și că s-a născut din apă. Egiptenii și Babilonienii credeau și ei că pământul s-a născut din apa primordială, denumită Nun. Fluviul Nil a alimentat acest concept, producând în permanență noi și noi grinduri, din aluviunile transportate și depozitate în delta fluviului. Anaximander a fost cel care a explicat originea vieții din apă, prin uscare, așa cum pământul se naște din ape. Filozoful Anaxagoras a observat că râurile depind de volumul precipitațiilor, dar credea că Pământul este plin de apă, iar uscatul doar plutește pe apă. Hipocrate, părintele medicinei, credea că apa se compune din două substanțe, una ușoară și transparentă (apa lichidă), alta grea, tulbure sau colorată (gheața). Tot el credea că apa de ploaie este cea mai curată apă, deoarece a cântărit un vas cu apă, iar după o zi, l-a cântărit din nou și a observat că este mult mai ușor. A concluzionat că apa ușoară a părăsit vasul, fenomenul de evaporare nefiind cunoscut încă. Aristotel credea că elementele (apa, aerul, focul, pământul) se pot transforma unul în altul, iar apa este forma de trecere dintre aer și pământ. Empedocle spunea că dragostea și ura sunt energiile care permit astfel de transformări, și că nimic nu se schimbă în Natură în absența oamenilor.

În lumea Romană, arhitectul Marcus Vitruvius a explicat precipitațiile astfel: norii plutesc pe un val de aer, iar atunci când întâlnesc munți în cale, precipitațiile apar ca urmare a șocului. Tot el a observat că apa fierbinte din terme formează vapori, ce se condensează apoi pe tavan și cad sub formă de picături. Stoicul Lucius Ennea Seneca credea că apele subterane se formează din pământ și aer, prin acțiunea forțelor întinericului. El credea că în subteran sunt râuri și lacuri întinse, chiar și o mare subterană, din care izvoresc râurile de la suprafață. Pliniu cel Bătrân a fost cel care a adunat toate aceste informații în Istoria Naturală, iar poetul Lucretius Carus Titus a fost cel care a observat că vaporii de apă se pot aglomera în mii de feluri, iar vântul este cel care transportă și organizează masele de apă.

Pentru țările Arabe, apa a fost întotdeauna asociată cu Paradisul. Religia le promite credincioșilor izvoare

care nu vor seca niciodată, locuri permanent umbrite și fântâni arteziene din care apa țâșnește din abundență, iar pentru necredincioși doar focurile Iadului. Cartea Revelației spune că Mielul (drept credinciosul) este cel care va conduce poporul spre fântânile veșnic nesecate. Nu întâmplător arabii sunt cei mai buni cunoscători și exploataatori ai rezervelor de apă subterană.

Indispensabilă vieții, prezentă în toate mediile, apa a ocupat un loc de frunte în mitologia tuturor popoarelor lumii. Lista divinităților și a forțelor supranaturale în legătura cu apa cuprinde sute de denumiri. Dintre acestea, nouă europenilor, mai cunoscute ne sunt cele din lumea greco-romană: Alpheus (zeul râului), Amphitrite (soția lui Poseidon), Brizo (zeița marinarilor), Ceto (monstru oceanic), Doris (soția lui Nereus), Electra (Oceanidă), Glaucus (zeul pescarilor), Gorgona (Medusa, monstru marin), Neptun (zeul mărilor), Nereus (fiul lui Pontus, zeu al pescarilor), Oceanus (titan), Pontus (zeu al mărilor), Poseidon (zeul Olimpian al mărilor), Proteus (păstorul turmelor lui Poseidon), Psamathe (zeița nisipurilor), Scylla (monstru marin), Tempesta (zeul furtunilor), Tethys (mama râurilor), Thalassa (zeița a mărilor), Tiberinus (zeu al râului Tiber), Triton (fiul lui Poseidon), Voltumnus (zeu al apelor învolburate).

Creștinismul a stopat entuziasmul științific al anticilor, toate explicațiile cu privire la viață și Univers fiind derivate din Evanghelie, având o singură origine: voința lui Dumnezeu. Sfântul Isidore, Episcop de Sevilla, a acceptat că norii se compun din vapori de apă, dar a subliniat că sfinții evangheliști (îngerii) sunt cei care controlează norii, iar ploaia cade doar asupra drept credincioșilor, ca urmare a unui ordin divin. Teoria lui era că apa provine din Ceruri, fertilizează pământul, apoi se amestecă cu aer și se ridică din nou la Cer, pentru a-și reocupa locul în Paradis. Leonardo da Vinci a scris un Tratat despre Apă (neterminat) în care a sintetizat noțiuni realiste despre hidrologie și hidraulică și a observat că focul este cel care determină mișcarea vaporilor, respectiv Soarele este cel care angrenează mișcarea norilor. În anul 1666, călugărul Urbano d'Aviso a sugerat că norii se formează din mici bule de apă umplute cu foc, mai ușoare decât aerul, capabile să se ridice în aer până când ating straturi cu densitate inferioară. Isaac Newton, a susținut această teorie în tratatul său despre Optică, afirmând însă că atmosfera umedă este mai ușoară decât cea uscată.

Revoluția Industrială a fost cea care a înălțat vaporii de apă la rang de vedetă. Thomas Newcoman a fost primul inginer care constuit o pompă de apă, acționată de un piston pus în mișcare cu vapori de apă. În anul 1729, fizicianul Theophillus Desagulles a calculat că prin fierbere apa își mărește volumul de 14 000 de ori (prin spațiul ocupat de vapori), dar în realitate, de la 0 la 100 grade Celsius volumul apei nu crește decât cu 3,85 % (restul este aer). Charles Le Roy a observat în anul 1751 că vaporii de apă plutesc în urma unui proces similar celui prin care substanțele solide se dizolvă în substanțe lichide, fenomen pe care l-a denumit gradul de saturare al aerului (vaporii saturați). Antoine Lavoisier a observat că evaporarea se însoțește de scăderea temperaturii și a concluzionat că apa trebuie combinată cu focul pentru a produce vapori. Erasmus Darwin, tatăl lui Charles Darwin, a observat că aerul se răcește atunci când se expandază și adsoarbe căldură de la corpurile învecinate, respectiv se încălzește atunci când se contractă. A explicat astfel de ce atmosfera se încălzește după ploaie (respectiv după condensarea vaporilor).

Henry Cavendish a demonstrat în anul 1781 că apa este compusă din oxigen și hidrogen, iar prima electroliză a apei a fost efectuată în anul 1800, prin chimiștii William Nicholson și Anthony Carlisle. Simeon Denis Piosson a emis în anul 1823 primele ecuații între temperatura și presiunea unui gaz comprimat sau expandat adiabatic (fără schimb de căldură cu mediul). Hagen-Poiseuille au descris în anul 1839 teoria curgerii capilare, iar Henry Darcy a dezvoltat în anul 1856 legea curgerii unui fluid printr-un mediu poros. Inginerul irlandez Robert Manning a stabilit în anul 1890 o formulă empirică pentru a estima viteza de curgere a apei printr-un canal deschis, iar Green și Ampt au dezvoltat în anul 1911 un model fizic pentru infiltrații.

Începând cu secolul XX, ingineria, în special ingineria hidrotehnică, a început să intervină activ în administrarea și controlul resurselor de apă, iar hidrologia a început să fie definită ca știință aparte. În SUA, prima catedră de hidrologie s-a format în anul 1930, ca parte a American Geophysical Union (AGU), iar în Marea Britanie Hydrological Group s-a format în anul 1963 ca parte a Civil Engineers, pentru ca Institute of Hydrology să ia ființă în anul 1968. În Noua Zeelandă, Hydrological Society a fost fondată în anul 1961, Canadian Water Resources Association s-a format în anul 1968, iar National Institute of Hydrology din India a luat ființă în anul 1978. Eco-hidrologia, știință aflată la interferența dintre hidrologie și ecologie este o

știință relativ nouă, fundamentată în jurul anilor 1990-2000.

Osmoza inversă pentru desalinizarea apei de mare a fost utilizată pentru prima oară în anul 1950, în laboratoarele Universității California, din Los Angeles, iar prima instalație municipală cu o producție de 11,3 milioane de litri/zi a intrat în funcțiune în anul 1977, la Cape Coral (Florida). Inițiativa formării unui grup de specialiști în reciclarea apelor uzate s-a concretizat în anul 1986, prin formarea Water Reuse Specialist Group (WRSG) în cadrul Conferinței Bienale de la Rio de Janeiro. Legislația cu privire la reutilizarea apei a debutat în anul 1960, la Sacramento (California).

Începând cu anul 2003, Organizația Națiunilor Unite (United Nations) a publicat anual sub formă de raport, The United Nations World Water Development Report, respectiv situația actuală a resurselor de apă și a tehnologiilor dezvoltate pentru gestionarea ei. Obiectivul principal îl formează asigurarea dreptului la apă potabilă și menajeră pentru toți locuitorii planetei, identificarea și soluționarea problemelor grave ale omenirii. Raportul se compune din 13 capitole: Situația actuală, Agricultură și dezvoltarea rurală, Comunitățile umane, Industria, Energia, Mediul, Cooperarea transfrontalieră, Perspective regionale, Guvernare, Știință și tehnologie, Educație și capacitate de dezvoltare, Finanțare, Concluzii

În România, prima stație hidrometrică a luat ființă la Orșova, în anul 1838, iar Serviciul Hidrografic al României a măsurat debitul râurilor începând cu anul 1925. Hidrologia modernă a început în anul 1951, prin Direcția Generală Hidrometeorologică, iar în anul 1970 a luat ființă Institutul de Meteorologie și Hidrologie (IMH). Începând cu anul 2002, IMH s-a scindat în Administrația Națională de Meteorologie (ANM) și Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor (INHGA), aflat sub autoritatea Administrației Naționale Apele Române.

Istoria conflictelor militare în care apa a jucat un rol crucial a debutat în Mesopotamia, în jurul anului 2450 îen, când Regele Urlama al regatului Lagash a săpat canale prin care a redirecționat apa din regatul său pentru a supune pe vecinul său din aval. În jurul anului 600 en, Regele Solon al Athenei a otrăvit sursa de apă a orașului Cirrha cu rădăcini de Heleborus (Spânz), pentru a pedepsi o ofensă adusă Templului lui Apollo. Un exemplu mai recent este din anul 1573, când olandezii au rupt digurile și au inundat terenurile din jurul orașului Alkmaar, pentru a-i determina pe spanioli să ridice asediul. Strategia s-a repetat în anul următor la Leiden, apoi a fost utilizată cu succes în repetate rânduri, primind denumirea de Linia Defensivă a Apei Olandeze. În China, în timpul războiului din anul 1938 împotriva Japoniei, au fost distruse canalele râului Galben pentru a inunda terenurile ocupate de inamic. În anul 1975, 85 000 de persoane și-au pierdut viața, după ce două baraje de pe afluenții râului Huang He au cedat din cauze necunoscute.

BIBLIOGRAFIE:

Lincoln Paine	The Sea and Civilization A Maritime History of the World
A. O. Koloski Ostrow	The Archaeology of Sanitation in Roman Italy Toilets, Sewers and Water Systems
Atil Bulu	Historical Development of Hydrology
James Wescoat Jr	Hydrology: History
Oscar Meinzer	The History and development of ground water hydrology
Andrew Cohen	Paleolimnology The History and Evolution of Lake Systems
Larry Mays	A Brief History of Water Technology During Antiquity: Before the Romans
Petri Juuti et all	A Brief History of Water and Health from Ancient Civilizations to Modern Times
John Mack	The Sea a Cultural History
Ian Strangeways	Precipitation Theory, Measurement and Distribution
Xiao-Wei Jiang et all	Flowing wells: history and role as a root of groundwater hydrology
Marcu Botzan	On the beginning of hydrotechnics in Romania
Bruno Bentz	On the Origins of Hydro-Technics: The Gardens of Noisy (1570)
Thomas Ewbank	A Descriptive and Historical Account of Hydraulic and Other Machines for Raising Water
T. Asano et all	Water Reuse Issues, Technologies, and Applications
A. Angelakis et all	Water Reuse: From Ancient to Modern Times and the Future

Peter Coates	A Story of Six Rivers History, Culture and Ecology
Peter Gleick	The World's Water 2006-2007 The Biennial Report on Freshwater resources
unesco.org	The United Nations World Water Development Report 2024
unesco-wmo-iahs	Three Centuries of Scientific Hydrology

Apa în Mediul Antropic

Spre deosebire de apa din mediul natural, cea din mediul antropic este canalizată artificial, de multe ori împotriva legilor Naturii, spre locațiile dorite de utilizatorul uman. Ingineria hidraulică este știința care se ocupă cu soluțiile tehnice de canalizare și control a scurgerilor de apă, o știință aflată la intersecția mai multor științe cu caracter tehnic, cum sunt: construcțiile industriale, ingineria electrică, hidrologia, hidrotehnica, proiectarea și planificarea, fizica, mecanica, automatizarea.

Barajele reprezintă probabil lucrările hidrotehnice cele mai impresionante, cu performanțe actuale uluitoare. Astfel, în ce privește înălțimea, cele mai înalte baraje construite de om sunt: Jinping-I Dam (China, 305 m), Nurek Dam (Tajikistan, 300 m), Lianghekou Dam (China, 295 m), Xiaowan Dam (China, 292 m), Baihetan Dam (China, 298 m), Xiluodu Dam (China, 285 m), Grande Dixence Dam (Elveția, 285 m), Enguri Dam (Georgia, 271,5 m), Yusufeli Dam (Turcia, 270 m), Vajont Dam (Italia, 261,6 m), Nuozhadu Dam (China, 261,5 m), Manuel Moreno Torres Dam (Mexic, 261 m), Theri Dam (India, 260 m), Mauvoisin Dam (Elveția, 250 m), Laxiwa Dam (China, 250 m). În ce privește volumul rezervorului, cele mai mari baraje artificiale sunt (în Km³ de apă/înălțimea barajului): Aswan Dam (Egipt, 169/111 m), Guri Dam (Venezuela, 135/162 m), Samara Dam (Rusia, 57,3/52 m), Ataturk Dam (Turcia, 48,7/166 m), Three Gorges Dam (China, 39,3/181 m), Garrison Dam (USA, 29/64 m), Oahe Dam (USA, 29/75 m), Fort Peck Dam (USA, 23/76,4), Tarbela Dam (Pakistan, 13,7/143 m), Nurek Dam (Tajikistan, 10,5/300m), Gardiner Dam (Canada, 9,4/64 m), Indira Sagar Dam (9,75/92 m). În funcție de puterea instalată, cele mai mari hidrocentrale de pe glob sunt: Three Gorges Dam (China, 22 500 MW), Baihetan Dam (China, 16 000 MW), Itaipu Dam (Brazilia, 14 000 MW), Xiluodu (China, 13 800 MW), Belo Monte (Brazilia, 11 200 MW), Guri (Venezuela, 10 200 MW), Wudongge (China, 10 200 MW), Turcui (Brazilia, 8 400 MW), Xiangijaba (China, 7 800 MW), Grand Coulee (SUA, 6 800 MW), Longtam Dam (China, 6 400 MW), Sayano Shushenskaya (Rusia, 6 400 MW), Krasnoyarsk (Rusia, 6 000 MW), Nouzhadu (China, 5 850 MW), Robert Bourassa (Canada, 5 600 MW), Churchill Falls (Canada, 5 400 MW).

Canalele navigabile reprezintă o a doua mare categorie de lucrări hidrotehnice giganteste. Câteva dintre cele mai impresionante lucrări sunt: Canalul Suez (Egipt, lung de 193,3 Km, pescaj 20 m, lățime maximă nave 77,5 m), Canalul Panama (Panama, lung de 82 Km, pescaj 15 m, lățime maximă nave 49 m), Intercoastal Waterway (SUA, lungime 4 800 Km, pescaj și lățime variabile), Jing Hang Grand Canal (China, lungime 1 776 Km, pescaj și lățime variabile), Karakum Canal (Turkmenistan, lungime 1 375 Km, pescaj și lățime variabile), St. Lawrence SeaWay (Canada, lungime 600 km, pescaj 12,5 m, lățime maximă nave 23,8 m), Canal des Deux Mers (Franța, lungime 437 km, pescaj și lățime variabilă), Canalul BelomorKanal (Rusia, lungime 227 Km, pescaj 4 m, lățime maximă nave 14,3 m), Rhein-Main-Donau Kanal (Germania, lungime 171 Km, pescaj 4 m, lățime maximă nave 11,45 m), Canalul Dunăre Marea Neagră (România, lungime 95,6 Km, pescaj 5,5 m, lățime maximă nave 22,8 m), Veliki Backi Kanal (Serbia, lungime 118 Km, pescaj 3 m, lățime variabilă), Canal de Castilia (Spania, lungime 207 Km, pescaj 1,8 m, lățime variabilă), Canalul Volga Don (Rusia, lungime 101 Km, pescaj și lățime variabile), Canalul Kiel (Germania, lungime 98 Km, pescaj și lățime variabile), Vinh Te Canal (Vietnam, lungime 87 Km, pescaj și lățime variabile).

Canalele de irigații acumulează un alt volum imens de lucrări hidrotehnice. În anul 2021, suprafața totală irigată pe glob a fost de peste 3,5 milioane de kilometri pătrați (68 % în Asia, 17 % în America, 9 % în Europa, 5 % în Africa, 1 % în Oceania). India și China dețin câte 75 milioane de hectare irigate, urmate de

SUA cu 27 milioane de hectare, iar Egiptul are 2,8 milioane de hectare irigate (100 % din terenul agricol). În țări precum Japonia, Coreea, Kyrgystan, Pakistan, Irak, Olanda, 60-82 % din terenurile agricole sunt irigate, în timp ce în țările mari, precum Rusia, Canada, Australia sau Brazilia, mai puțin de 5 % din terenurile agricole sunt irigate. Pe plan global, 16 % din terenurile agricole sunt irigate. Pe plan global, circa 3 500 Km³ de apă sunt vehiculați prin sisteme de irigații, dintre care 74 % sunt evaporați. Apa utilizată pentru irigații reprezintă deja peste 25 % din totalul resurselor (14 000 Km³) și circa 10 % din debitul total al râurilor. Peste 38 % din apa pentru irigații provine din subteran, în special în India (39 milioane de ha), China (19 milioane de ha) și SUA (17 milioane de ha).

Pentru sectorul zootehnic, sunt necesari circa 20 m³ de apă pentru fiecare vită, cal sau ierbivor mare și 2 m³ de apă pentru fiecare porc, oaie sau capră. Pentru cereale și legume, necesarul de apă depinde de cultură, cu oscilații între 0,5-1,5 m³ de apă/m²/an, dar apa din irigații nu trebuie decât să acopere deficitul de apă din precipitații. În cazul unui deficit semnificativ de apă, irigațiile pot asigura circa o dublare a producției/ha. Calculul economic se face în funcție de: costurile investiției inițiale, profitul estimat pentru cultura respectivă, prețul apei, distanța față de sursa de apă, costurile legate de pomparea apei/m³, tipul de scurgere și evaporare a apei (eficiența irigațiilor). În medie, aspersoarele, tuburile și componentele unui sistem de irigații din plastic au o perioadă de exploatare de 10-15 ani, iar țevile și instalațiile metalice de peste 25 de ani. Investiția inițială trebuie amortizată în primii 5 ani de exploatare, pentru a obține profit. Eficiența este mult mai mare în sere și instalații hidroponice, unde evaporarea este eliminată și costurile se reduc la jumătate. În zonele cu precipitații abundente (650-1000 mm/an), irigațiile nu fac decât să adauge costuri suplimentare de administrare și întreținere iar costurile rămân neamortizate. Pentru suprafețe de seră, cele mai eficiente sunt sistemele de irigație prin picurare, acționate la presiuni mici (20-200 kPa) pentru un debit mic dar constant, între 1-30 litri/oră. Dacă pompele electrice sunt acționate cu panouri solare, costurile de exploatare se reduc la prețul apei (parțial colectată din precipitații). Într-un singur deceniu, pe plan mondial peste 2 milioane de hectare au fost irigate prin picurare.

Prezența apei în mediul rezidențial este strict dependentă de sistemul de distribuție a apei pentru uz menajer. În Antichitate, chinezii utilizau tuburi din bambus, iar romanii utilizau tuburi ceramice (terra sigilata) pentru a dirija apa din apeducte spre punctele de consum. În epoca modernă, țevile pentru apă sunt din oțel inoxidabil, cu diametre de până la 3 metri, și rezistă la presiuni de până la 10 Newtoni/mm². Pentru segmentele de rețea cu presiune mică se utilizează alternativ tuburi din beton armat, beton precomprimat, plastic sau tuburi ceramice. Considerând un minimum de 10 m/țevă/locuitor, amploarea rețelelor de distribuție ia proporții în orașele mari. Câteva exemple de aglomerări urbane sunt (populație în milioane/Km²/densitate): Tokio (37,7/8231/4584), Jakarta (33,7/3546/9519), Delhi (32,2/2344/13748), Guangzhou (27, 4535/5940), Mumbai (25/976/25587), Manila (25/1911/13041), Shanghai (24/4333/5556), Sao Paulo (23/3649/6327), Seul (23/2769/8318), Mexico City (21,8/2530/8618), Calcutta (21,7/1352/16085), New York (21,5/12093/1779), Chengdo (21/1935/10821), Cairo (20,3/2010/8618), Beijing (18,5/4284/4324), Dhaka (18,6/619/30092), Bangkok (18/3199/5629), Moscova (17,3/6154/2816). În astfel de orașe, rețeaua de distribuție a apei menajere se întinde pe 170 000-370 000 km, pentru cele 5-100 locuințe/ha. Pentru o medie de 10 m/locuitor, rețeaua de distribuție de pe glob se întinde pe circa 80 milioane de kilometri, cu variabilitate geografică extrem de mare. Diametrul țevilor se alege în funcție de debitul dorit. La presiune mică și un debit de 100 litri/s viteza fluxului de apă este de circa 1 m/s. Pentru a crește debitul, se mărește presiunea sau diametrul țevilor. La presiuni mari cresc costurile de pompare, frecările și uzura, la diametre prea mari se pierde presiune și apa stagnează în conducte. Fiecare rețea de distribuție trebuie proiectată raportată la nevoile utilizatorului final.

Toată apa uzată eliminată de consumatorii trebuie reintrodusă în ciclul natural al apei, împreună cu apa din precipitații ce cade în zonele antropice rezidențiale. Ca urmare, rețeaua de canalizare formează un alt sistem de distribuție al apei, de proporții cel puțin egale cu rețeaua de alimentare cu apă. Diferența constă din faptul că debitul nu este la fel de constant, iar țevile nu pot fi presurizate. Ca urmare, pentru a evacua debite mari de apă, este necesar ca diametrul conductelor de canalizare să fie mult mai mare. Un volum de precipitații de 50-100 litri/m², cumulat cu apele reziduale menajere, poate depăși ușor dimensionarea rețelei de canalizare, având ca rezultat inundații pasagere, unele dintre ele cu efecte catastrofale. Pentru un oraș cu suprafața de 5

000 Km², precipitații de 40 litri/m² înseamnă un aport de 200 Km³ de apă în câteva ore. Una dintre soluțiile preferate pentru astfel de situații constă din dirijarea excesului de apă spre bazine de colectare subterane (sau acvifere), printr-un sistem de canalizare paralel ce intră în funcțiune doar atunci când conductele de scurgere sunt la maximum de capacitate (overflow). Pentru orașele mari, o soluție relativ simplă poate consta și din transformarea fostelor rețele de metrou (inundate frecvent) în rețele de colectare și evacuare rapidă a apei, evident după o reorganizarea traficului prin alte soluții. Pentru orașele noi, rețeaua de canalizare trebuie proiectată supradimensionat, pentru a permite creșteri viitoare ale consumului de apă peste nivelul valorilor medii din prezent. O soluție alternativă constă din dublarea rețelelor de alimentare și colectare a apei. În perioadele de reparații, revizie și control sau suprasarcină, intră în funcțiune rețeaua alternativă, aflată în stare de conservare.

Pe lângă consumul casnic, trebuie adăugat și consumul public, necesar pentru funcționarea serviciilor publice. În medie, consumul public este distribuit astfel: irigații urbane 28 % (10 m³/unitate/zi), spații de birouri 10 % (5 m³/unitate/zi), școli și facultăți 9 % (10 m³/unitate/zi), restaurante 9 % (5 m³/unitate/zi), hoteluri și moteluri 6 % (25-30 m³/unitate/zi), spălătorii automate 4 % (10-15 m³/unitate/zi), spitale 4 % (5-10 m³/zi), magazine alimentare 3 % (3-5 m³/unitate/zi), magazine auto 2 % (2-3 m³/unitate/zi), organizații nonguvernamentale 2 % (2-3 m³/unitate/zi), spălătorii auto 1 % (15-20 m³/unitate/zi). În ansamblu, consumul public se ridică în jur de 11 % din consumul total de apă din spațiile urbane.

BIBLIOGRAFIE:

J. Roberson et all	Hydraulic Engineering
Liquan Xie	Hydraulic Engineering
Martin Marriott	Civil Engineering Hydraulics
A. Chadwick et all	Hydraulics in Civil and Environmental Engineering
W. Hager et all	Hydraulic Engineering of Dams
Sheng Hong Chen	Hydraulic Structures
Katsuhiko Yabe et all	A Field Survey on the Actual Situations of Agricultural Hydraulics
D. Eisenhauer et all	Irrigation Systems Management
Dilip Kumar Majumdar	Irrigation Water Management Principles and Practice
Martin Burton	Irrigation Management Principles and Practices
B. Pannigrahi	Irrigation systems engineering
P. Waller et all	Irrigation and Drainage Engineering
S. Dasberg et all	Drip Irrigation
Neil Southorn	Farm Irrigation
David Stephenson	Pipeline Design for Water Engineers
Donald Rennels	Pipe Flow A Practical and Comprehensive Guide
Mohinder Nayyar	Piping Handbook
Stuart Welsh	Urban Surface Water Management
C. Maksimovic et all	Frontiers in Urban Water Management
Leif Wolf et all	Urban Water Resources Toolbox
P. Hlavinek et all	Integrated Urban Water Resources Management
R. de Graaf et all	Urban Water in Japan

Industria Apei

Deși pe glob există volume imense de apă, apa dulce utilizabilă este insuficientă sau chiar absentă în diferite zone geografice, fie datorită condițiilor climatice, fie datorită consumului exagerat. Ca urmare a

agriculturii intensive au fost uneori secate complet acvifere aflate în uz de sute sau mii de ani. Creșterea permanentă a populației și a gradului de urbanizare a condus la volume din ce în ce mai mari de ape uzate, respectiv la scăderea calității apei, chiar și acolo unde apa există din abundență. Ca urmare, stress-ul apei potabile reprezintă una dintre cele mai grave probleme ale societății viitorului, în special dacă se va menține sporul natural actual (+0,9-1,2 %). Cele două soluții principale constau din desalinizarea apei de mare, sau tratarea, decontaminarea și reutilizarea apelor uzate. America de Sud, Oceania și Asia de Sud-Est se bucură încă de resurse inepuizabile de apă dulce (peste 15 000 m³/locuitor), în timp ce restul continentelor se confruntă cu probleme din ce în ce mai acute.

Desalinizarea apei de mare este o industrie în plină înflorire cu creșterea globală a cifrei de afaceri de peste 55 % în fiecare an. Există deja regiuni ale globului în care întreaga apă potabilă provine din instalații de desalinizare. Doar între anii 2011-2015, cifra de afaceri a crescut de la 25 la 32 miliarde de dolari. Există două procedee principale: prin distilare/condensare sau prin osmoză inversă cu ajutorul unor membrane semipermeabile. Ambele procedee sunt cu consum de energie, preferabil din surse regenerabile. Cele mai moderne instalații cuplează panouri solare pentru producerea de energie electrică cu desalinizarea apei de mare și producția de hidrogen. Astfel de instalații, sunt autosuficiente, produc energie, combustibil, apă și sare.

Un număr de 19 state dețin instalații de desalinizare de mare capacitate, cu o producție între 11 000 m³/zi și 1 000 000 m³/zi. Statele cu cea mai mare producție de apă sunt: Emiratele Arabe Unite (70 fabrici, 4 milioane m³/zi), Arabia Saudită (32 fabrici, 3 milioane m³/zi), Kuweit (6 fabrici, 2,4 milioane m³/zi), Algeria (15 fabrici, 2,2 milioane m³/zi), Israel (5 fabrici, 1,8 milioane m³/zi), Australia (12 fabrici, 1,6 milioane m³/zi). În Europa, singurele stații de desalinizare a apei sunt cele de la Terrevieja (Spania, Alicante) cu o capacitate de 240 000 m³/zi și Schlesig Holstein (Germania) cu o capacitate de 150 000 m³/zi. Cele mai mari instalații din lume sunt cele de la: Al Taweelah (Abu Dhabi, 2,3 milioane m³/zi), Jebel Ali (Dubai, 2,2 milioane m³/zi), Ras Al-Khair (Arabia Saudită, 1,4 milioane m³/zi), Fujairah (Emiratele Arabe Unite, 1,2 milioane m³/zi), Jubail (Arabia Saudită, 1 milion m³/zi), Jeddah (Arabia Saudită, 0,95 milioane m³/zi), Al Shuweihat (Abu Dhabi, 0,9 milioane m³/zi), Palmachim (Israel, 0,75 milioane m³/zi), Doha West (Kuweit, 0,7 milioane m³/zi), Zour (Kuweit, 0,525 milioane m³/zi), Mers El Hadjadj (Algeria, 0,5 milioane m³/zi), Dalyston (Australia, 0,41 milioane m³/zi). În SUA, cea mai veche stație de desalinizare funcționează la San Deigo, cu o capacitate de 190 000 m³/zi. În total, pentru anul 2018 au fost înregistrate 21 000 de instalații de desalinizare, în peste 150 de țări, cu o producție globală de peste 95 milioane m³/zi, pentru peste 300 milioane de consumatori. Consumul mediu de energie este de circa 3 Kwh/m³.

Apa produsă prin desalinizare este potabilă, total lipsită de germeni patogeni. Circa 60 % din apa produsă este utilizată pentru consumul casnic municipal, 28 % pentru uz industrial, 6 % pentru a produce energie termică, 2 % pentru irigații și spații verzi, 2 % pentru turism și 2 % pentru alte activități. Prețul de cost este avantajos în regiunile de coastă, dar crește progresiv spre interiorul continentelor, proporțional cu cheltuielile de transport. Excepție fac bazinele de acumulare situate sub nivelul mării, cum este Marea Galileei din Israel, unde apa poate fi transportată gravitațional. În principal se utilizează două metode tehnologice: distilare fracționată în etape progresive și osmoză inversă. Alte metode utilizate pe scară restrânsă sunt: compresia vaporilor, membrane schimbătoare de ioni, electroodializă inversă, nanofiltrare, osmoză simplă, înghețare, vaporizare geotermală, evaporare cu energie solară, presiune hidraulică pentru osmoză inversă.

Osmoza inversă este procedeul cel mai eficient, cu peste 16 000 de instalații, pentru o capacitate globală de peste 90 milioane m³/zi. Metoda are la bază filtrarea prin membrane semipermeabile, cu dimensiunea porilor cuprinsă între 0,1 - 5000 nanometri (molecula de apă are 0,1-0,29 nanometri). Se procedează succesiv, de la mare spre mic. Particulele grosiere aflate în suspensie sunt prefiltrate prin filtre cu dimensiunea porilor de un micron, iar bacteriile, virusurile și resturile organice sunt reținute de filtre cu dimensiunea porilor de peste 50 nanometri. Resturile și mai mici de grăsimi, proteine, polizaharide, acizi nucleici, săruri minerale și biopolimeri sunt îndepărtate prin ultrafiltrare, cu ajutorul unor filtre cu dimensiunea porilor de peste 3 nanometri. Filtrarea este forțată prin aplicarea unei presiuni de 2-17 bar (30-250 psi) pentru apa dulce și 40-82 bar (800-1200 psi) pentru apa de mare (presiunea osmotică a apei de mare este de 27 bar, adică 390 psi). Membranele semipermeabile sunt alcătuite din straturi succesive de poliamidă susținute pe un suport din

polisulfit. Alternativ se utilizează nanotubuli minerali sau zeoliți (cristale microporoase de aluminosilicați). Pentru a reduce costurile, presiunea de filtrare se realizează gravitațional, apa de mare fiind pompată la înălțime utilizând energia solară sau cea eoliană.

Dintre metodele prin distilare, cea mai modernă utilizează exclusiv energia solară, fie direct, fie intermediată de celule fotovoltaice. Atunci când distilarea se face în atmosferă cu presiune redusă (camere vidate) temperatura de vaporizare scade mult, scăzând astfel costurile. Prin evacuarea vaporilor, presiunea scade din nou și fenomenul se perpetuează. Pentru creșterea randamentului, evaporarea se poate face secvențial, în mai multe stadii, fiecare stadiu utilizând pentru răcire energia eliberată prin condensarea apei din stadiul precedent. Alte procedee comprimă vaporii produși, obținând astfel energie termică utilizată pentru vaporizarea apei în stadiul următor. Cuplate în serie, aceste procese de compresie-decompresie reduc substanțial costurile de producție. Energia hidraulică pentru compresie decompresie se obține uneori utilizând presiunea valurilor marine, energie eoliană sau solară.

Indiferent de procedeu, un subprodus important îl reprezintă sarea, respectiv apele cu o concentrație în sare cuprinsă între 3-26 %. Dacă aceste ape nu sunt utilizate în industria clorosodică, eliberarea lor în mediu poate avea efecte devastatoare asupra ecosistemului. Apele reziduale hiperconcentrate pot fi deplasate de curenți pe distanțe de mai mulți kilometri, pentru a contamina inclusiv și sursa de alimentare a instalației. Soluția optimă pare a fi utilizarea apelor reziduale pentru a produce sare de mare, transportată apoi la distanțe mari.

Apa de mare este sănătoasă din punct de vedere biologic și chimic, reprezentând astfel o sursă ideală pentru industria apei. Spre interiorul continentelor însă, transportul apei de mare este mult mai scump decât procedeul de desalinizare, astfel că singura resursă exploatabilă o reprezintă apele uzate. În funcție de gradul de contaminare chimică și biologică, în rare cazuri apa reciclată atinge parametrii apei potabile, dar în schimb poate fi utilizată pentru agricultură și industrie, sau pentru producerea de energie. Dezideratul principal este ca apele uzate să interacționeze cât mai puțin cu mediul, în special cu mediul antropic, pentru a elimina astfel o potențială răspândire de agenți patogeni.

Asemănător cu desalinizarea apei de mare, procedeele de tratare și decontaminare a apelor uzate produc apă dulce la parametri industriali, fie prin distilare, fie prin filtrare și osmoză inversă. Există o mare variabilitate în ceea ce privește calitatea apelor reciclate, dar peste 60 % din producție este destinată agriculturii, unde standardele de calitate sunt mai laxe. Astfel, pentru apa de irigații se permit până la 200 colonii de bacili Coli fecali și substanțe solide în suspensie până la 30 mg/litru, în timp ce oxigenarea poate fi sub 30 mg/litru. Alți 10 % din producție se utilizează pe domeniul public, pentru spații verzi, percuri și grădini, terenuri de sport sau pentru realimentarea aqvfiferelor. Un mare consumator de apă reciclată este industria metalurgică, unde contaminarea biologică este practic irelevantă. Ape reciclate se utilizează pe scară largă și în producția de ciment, pentru spălarea minereului calcaros.

Reciclarea apelor uzate nu este distribuită uniform pe glob. În Japonia există peste 1800 de stații de tratare a apei, în SUA peste 800, în Australia peste 450, în timp ce în Europa sunt ceva mai mult de 200, iar în Africa și America de Sud sunt mai puțin de 50 de stații. În China, orașele mari recyclează în medie 50-60 % din apă, cu un maxim de 93 % acolo unde necesitățile o impun, iar SUA recyclează zilnic peste 6,5 milioane m³/zi (2,37 Km³/an). În Israel, peste 80 % din apă este reciclată (400 miliarde de litri/an) aproape în totalitate pentru uz agricol. În mijlocul Pacificului, orașul Honolulu beneficiază doar de 460 mm apă din precipitații, astfel că producția de apă reciclată a crescut în permanență, de la 1,2 milioane m³ în anul 2000, la 11,5 milioane m³ în anul 2010. Alte state care pun accent pe reciclarea apelor uzate sunt: Australia, Namibia, Singapore și Africa de Sud. Pentru anul 2021, valoarea globală de piață a apelor reutilizate a fost estimată la peste 21 de miliarde dolari și se estimează că până în anul 2030 va depăși cifra de 30 miliarde dolari. Instalațiile pentru filtrarea și tratarea apelor uzate sunt în general de talie mai mică decât cele de desalinizare, cu o capacitate cuprinsă între 10 000-60 000 m³/zi, echivalentul apelor menajere produse de un oraș cu 50 000-300 000 de locuitori.

Principalele tehnologii utilizate pentru reîmprospătarea apei constau din: ultrafiltrare, ozonificare, tratament termic, osmoză și osmoză inversă, oxidare, adsorbție pe carbon activat. Prețul de cost este comparabil cu cel pentru desalinizarea apei de mare, cu diferența că rezidurile sunt mult mai toxice și necesită costuri suplimentare pentru decontaminare ecologică. Viitorul stațiilor de tratare în zonele urbane este

asigurat, nu atât ca sursă de apă publică, cât ca măsură de decontaminare a mediului. Interesul față de calitatea apei și a mediului în general, merge în paralel cu nivelul de dezvoltare al societății, respectiv cu intensitatea surselor de poluare și contaminare.

Deși încă nu au fost raportate epidemii sau cazuri multiple de îmbolnăvire datorate apelor reciclate, pericolul potențial de a transmite boli infecto-contagioase există, și nu trebuie neglijat. Pericolul este cu atât mai mare cu cât tehnologiile utilizate sunt mai rudimentare (decantare și filtrare prin pietriș și nisip). Holera a fost prima îmbolnăvire colectivă pentru care transmiterea prin apă a fost identificată în anul 1860. Au urmat apoi Escheridia Coli (1892), Salmonella Typhi (1920), Giardia lamblia (1920), Cryptosporidium parvum (1976). Alte exemple de patogeni ce pot contamina apa accidental sunt: bacterii (Shigella, Campylobacter, Yersinia, Legionella), protozoare (Naegleria, Entamoeba, Cyclospora, Mocosporidia, Enterocytozon, Encephalitozon, Septata, Plesitophora, Nosema), alge verzi (Anabaena, Aphantiomenon), helminți (Ascaris, Trichuris, Taenia, Schistosoma), virusuri (polio, echo, coxachie, hepatitic A și E, calicivirus, rotavirus, astrovirus, adenovirus, reovirus). În SUA, numărul cel mai mare de îmbolnăviri (gastro-enterite) s-a înregistrat prin: Norovirus (Calicivirus, 145/an), Criptosporidium parvum (145/an), Salmonella (63/an) sau cu etiologie neidentificată (68/an). Dintre acestea, E. Coli se utilizează ca indicator de contaminare a apei, dat fiind faptul că fiecare locuitor elimină zilnic prin fecale 100-400 miliarde de germeni. Majoritatea acestor germeni mor în primele minute după părăsirea organismului, sau în primele 2-8 zile, dar germeni izolați pot supraviețui în apă, la temperaturi între 14-20 grade Celsius, până la 1-10 săptămâni. Unele clone de E. Coli patogen (O157:H7) supraviețuiesc chiar și în ape tratate și filtrate din rețeaua de distribuție, sau în apa minerală îmbuteliată. Riscul major de îmbolnăvire este însă în cazul apelor reziduale netratate, unde concentrația germeilor poate atinge: E Coli ($10E+7-10E+9$ germeni/100 ml), Bacteroides ($10E+7-10E+10$ germeni/100 ml), Clostridium ($10E+2-10E+5$ germeni/100 ml), Streptococi ($10E+4-10E+8$ germeni/100 ml), Pseudomonas ($10E+4-10E+8$ germeni/100 ml). Virusurile și protozoarele supraviețuiesc mai greu în apă și nu ating concentrații mai mari de 1000-10 000 agenți patogeni/100 ml.

Apele uzate sunt contaminate și prin diverși compuși chimici, în marea lor majoritate compuși de sinteză inexistenți în natură. Parametrii standard de evaluare a apelor reciclate trebuie să includă și determinarea prezenței principalilor compuși toxici contaminanți: nitrați, nitriți, nitrozamine, dioxani, perclorați, eteri, substanțe puternic oxidante, metale grele, particule solide în suspensie.

Tehnologia modernă a permis controlul via satelit al tuturor resurselor de apă potabilă, menajeră, uzată sau reciclată, astfel încât să nu existe disfuncționalități în circuitele de alimentare, distribuție și evacuare. Soluțiile tehnice prin satelit se împart în trei mari categorii: 1. interceptația volumelor de apă excedentară 2. extracția unor volume de apă din resurse excedentare 3. redirijarea în amonte a unor resurse de apă, spre a fi tratate și reutilizate. Există și sisteme descentralizate pentru reciclarea apelor uzate, specifice zonelor rurale sau semi-urbane. În acest caz, volumele de apă procesate fiind mult mai mici, soluțiile pot fi personalizate în funcție de preferințele și nevoile clientului. În SUA, de exemplu, peste 60 de milioane de locuințe utilizează astfel de soluții descentralizate pentru reciclarea apei (colectarea apei de ploaie, filtrarea apei menajere, fose septice). Avantajul constă din costurile mici pentru infrastructură și eliminarea transportului de apă la mari distanțe.

Implementarea soluțiilor tehnice este în strânsă legătură cu stress-ul apei. În Europa stress-ul apei este mic (mai mic de 20 %) pentru majoritatea țărilor, cu valori minime în Scandinavia, Irlanda, România și Slovacia. Alte țări precum Cehia, Grecia, Turcia, Franța sau Polonia sunt aproape de limita de 20 %. Stressul apei este moderat (20-40 %) în Italia, Germania și Spania și este foarte mare (mai mare de 40 %) în Belgia, Bulgaria și Cipru. În ansamblu, dintre cei 44 000 Km³ de apă consumați anual, în Europa se tratează și reciclează peste 18 000 Km³. Cei mai mari producători de apă reciclată (din activități industriale, în anul 2000) sunt: Germania 6 225 Km³, Suedia 2050 Km³, Belgia 900 Km³, Finlanda 670 Km³, Polonia 560 Km³, Norvegia 540 Km³. Pentru apa uzată municipală în Europa Centrală există peste 200 de instalații, majoritatea lor fiind situate în: Anglia, Franța, Germania, Italia și Spania. Acestea sunt și țările în care acceptul populației față de reciclarea apei se situează în jur de 80 %. Majoritatea utilizatorilor acceptă însă doar soluții personalizate de reciclare a apelor din propria locuință, dar refuză să recicleze apele vecinului, sau apele din sectorul public.

Trebuie însă remarcat faptul că oricât de performante are fi tehnologiile de tratare și reciclare a apei,

procesul în sine nu face decât să adauge în mediu noi și noi substanțe chimice antropogene, costuri și consum de energie. Nici o stație de tratare nu atinge performanțele naturale ale ciclului natural al apei (filtrare în sol, decantare pe zeci de kilometri, depunere lentă pe fundul mărilor și oceanelor, evaporare, iradiere și oxigenare la mare altitudine). Oricât de mare ar fi entuziasmul în eforturile de decontaminare a apelor uzate, adevărata protecție a mediului se face limitând sursele de poluare, astfel încât să nu fie depășite limitele naturale de epurare a mediului. În ce privește tehnologiile, cele biologice și fizice (filtrare, evaporare, iradiere) sunt întotdeauna de preferat celor chimice, deoarece nu introduc noxe noi în sistem. Metodele prin filtrare, rețin toți constituenții din apă, până la nivel molecular, dar membranele nu fac decât să concentreze noxele din apă sub forma unor reziduri solide. Decontaminarea acestor noxe ridică în continuare alte probleme de mediu.

În concluzie, în condițiile unei dublări a necesităților industriale de apă, stress-ul apei va crește în următoarele decenii, astfel că soluțiile de tratare și reciclare a apei vor avea o importanță mereu crescută. Consecutiv, este de așteptat ca prețul de cost al apei să fie în permanentă creștere, iar mediul de afaceri să fie înfloritor. Populația nu poate scădea numeric prea drastic, deoarece investițiile în infrastructură și în spații rezidențiale ar rămâne neamortizate, dar nici nu trebuie ca investițiile în infrastructură să forțeze creșterea populației, doar pentru a crește cifra de afaceri. Responsabilitatea față de mediu trebuie să primeze în alegerea soluțiilor pentru viitor. Deocamdată, majoritatea țărilor din Europa au ales soluția optimă, cu un spor natural negativ de 1-3/1000 și investiții în ceea ce privește calitatea soluțiilor în dauna dezvoltărilor de volum.

BIBLIOGRAFIE:

- | | |
|----------------------|---|
| H. El-Dessouky | Fundamentals of Salt Water Desalination |
| Murat Eyvaz et all | Desalination and Water Treatment |
| Jane Kucera | Desalination Water from Water |
| Noam Lior | Advances in Water Desalination |
| L. Theodore et all | Introduction to Desalination Principles, Processes and Calculations |
| L. Wang et all | Membrane and Desalination Technologies |
| H. Mahmoudi et all | Renewable Energy Technology for Water Desalination |
| Nikolay Voutchkov | Desalination Project Cost Estimating and Management |
| I. Escobar et all | Sustainable Water for the Future Water Recycling Versus Desalination |
| Saeid Eslamian | Urban Water Reuse |
| Jishan Wu et all | Sustainable Desalination and Water Reuse |
| V. Lazarova et all | Milestones in Water Reuse |
| V. Lazarova et all | Water-Energy Interactions in Water Reuse |
| V. Tzanakakis et all | Insights into Global Water Reuse Opportunities |
| T. Asano et all | Water Reuse Issues, Technologies, and Applications |
| B. Jimenez et all | Water Reuse An International Survey of current practice, issues and needs |
| G. Wang et all | Survival of enterohemorrhagic Escheridia coli O157:H7 in water |
| M. Kerr et all | Survival of Escheridia coli O157:H7 in bottled natural mineral water |
| A. Bernardes et all | Electrodialysis and Water Reuse |
| M. Morales et all | Water Reuse: Safety and Applications |

Legislația Apei

Legislația privitoare la deținerea, controlul și utilizarea resurselor de apă respectă în linii mari criteriul de bază al legii fundamentale: dreptate pentru toți. Din punct de vedere istoric, cea mai veche lege cu referire la apă este Codul lui Hammurabi, cel de al VI-lea rege din Prima Dinastie Babiloniană. În conexiune cu dreptul

de proprietate, vechea lege Babiloniană spunea că un proprietar de teren agricol îndatorat față de stăpânul său, va fi scutit de taxe atunci când zeul furtunii, Adad, i-a devastat câmpurile, și atunci când recolta a fost compromisă prin secetă sau inundații.

Apa reprezintă principala resursă și un bun indicator economic pentru pace și progres. Astfel, grupurile populaționale cu venituri și resurse materiale mici utilizează 90 % din apa disponibilă pentru agricultură, 3 % pentru industrie și 7 % pentru uz domestic, în timp ce grupurile populaționale cu venituri mari utilizează doar 44 % din resursele de apă pentru agricultură, 39 % pentru industrie și 17 % pentru uz domestic. Ca urmare, nici legislația emisă pentru gestionarea resurselor de apă nu este unitară pe glob, ci este adaptată situației regionale. Un număr de 140 de țări au venituri per cap de locuitor mici sau medii, iar 113 țări au identificat lipsa apei ca motiv principal pentru absența dezvoltării industriale. Nu întotdeauna însă veniturile se corelează cu resursele de apă. Există largi grupuri populaționale cu venituri anuale de peste 20 000 dolari/an și cu rezerve de apă sub 1000 m³/locuitor. În țările cu economie agricolă, peste 80 % dintre locurile de muncă sunt în strânsă legătură cu resursele de apă, în timp ce în țările cu o administrație puternic dezvoltată mai puțin de 50 % din angajați depind de sursa de apă. În ce privește impactul politic, trebuie amintit faptul că doar în intervalul 1948-2008 au fost înregistrate 6 400 de conflicte locale sau regionale, generate de accesul la sursa de apă, sau de calitatea apei, ca urmare a deversării unor agenți poluanți. Peste două treimi dintre conflictele de sorginte industrială au fost generate de operațiuni miniere sau hidroenergetice.

Un prin obiectiv al legislației îl reprezintă asigurarea necesarului de apă potabilă și menajeră pentru toți locuitorii aflați sub incidența respectivei legislații. Raportul pentru anul 2022 a identificat peste 2,2 miliarde de oameni fără acces permanent la o sursă sigură de apă potabilă, iar peste 3,5 miliarde de persoane nu au condiții sanitare minime pentru alimentarea cu apă și canalizare. Un al doilea obiectiv îl formează calitatea apei. Mai mult de 3 miliarde de oameni sunt expuși în permanență la îmbolnăviri cauzate prin lipsa de calitate a apei. Urmează apoi ca importanță prevenirea și combaterea efectelor dezastruoase datorate unor calamități naturale. Doar prin inundații, în perioada 2002-2021 au fost afectate pe glob peste 1,6 miliarde de persoane, dintre care peste 100 000 și-au pierdut viața. Dintre cele 123 de țări membre ONU, 105 țări (85 %) au elaborat legislație și măsuri politice pentru planificarea și administrarea resurselor de apă.

Câteva dintre prevederile legislative ce formează cadrul general sunt:

... fiecare persoană are acces la apă suficientă, la un cost accesibil, pentru o viață curată, sănătoasă, productivă, astfel încât să fie asigurate protecția și dezvoltarea mediului

... toate organismele și speciile din ecosistem au acces la o cantitate adecvată de apă de bună calitate, pentru o viață sau o producție de bună calitate, astfel încât să nu existe nici un risc pentru sănătatea sau economia mediului respectiv

... populația umană trebuie nu doar să asigure accesul la surse adecvate de apă pentru toate speciile din ecosistem, animale sau vegetale, dar trebuie să asigure viața și proprietatea asupra surselor de apă împotriva unor calamități naturale, cum sunt inundațiile, alunecările de teren, cutremurele sau seceta

... populația umană este cea care trebuie să asigure protecția împotriva contaminării surselor de apă prin agenți patogeni sau substanțe chimice capabile să producă îmbolnăviri în masă, pentru a asigura un climat general de pace și securitate

În rezumat, principalele obiective ale legislației sunt: pace, securitate, prosperitate economică, bunăstare socială, integritate a mediului. Se estimează că efortul financiar pentru administrarea resurselor de apă este în jur de 1 000 miliarde dolari/an, adică în jur de 1,21 % din produsul intern brut al întregii omeniri. Investițiile sunt de obicei în quantum semnificativ, mai mari de 10 milioane de dolari/investiție și pe termen lung, asigurând însă stabilitate în recuperarea investiției și profit.

În anul 1971, Organizația Națiunilor Unite (ONU, WHO) a elaborat primul ghid cu privire la reutilizarea în siguranță a apelor uzate. Criteriile au fost revizuite în anul 1989, apoi o nouă ediție a fost publicată în anul 2006.

Pentru Uniunea Europeană legislația în vigoare privitoare la apă este conținută în Decretul 2000/60/EC emis de Parlamentul European la data de 23 Octombrie 2000. Câteva dintre ideile principale conținute în

document sunt:

- apa nu este un produs comercial oarecare ci o moștenire ce trebuie protejată și apărată prin lege
- este necesar ca întreaga Comunitate Europeană să adopte o politică comună cu privire la apă
- politica de protecție a apei afectează numeroase alte sectoare economice, cum sunt: agricultura, energia, transporturile, turismul, politica regională
- este esențial ca eliberarea de substanțe periculoase în apele curgătoare să fie scăzută progresiv, începând cu substanțele cele mai periculoase, spre a crește progresiv calitatea apei din mediul natural
- există decrete speciale pentru substanțele cu potențial toxic extrem de mare: mercur (82/176/EEC și 84/156/EEC), cadmiu (83/513/EEC), hexaclorociclohexan (84/491/EEC), alte substanțe toxice (86/280/EEC)
- lista substanțelor periculoase ce trebuie eliminate prioritar cuprinde următoarele substanțe: acclonifen, alaclor, antracen, atrazine, benzen, bifenox, cibitrine, cipermethrine, cadmiu și compușii săi, cloralcani, clorfenvinfos, clorpirifos, dicloretan, diclormetan, dicofol, dietilftalați, difenileteri bromati, diourn, dioxine și compușii lor, endosulfani, fluorathene, heptaclor și heptaclor epoxid, hexaclorbenzen, hexaclorbutadiene, hexaclorociclohexan, hidrocarburi aromatice, isoproturon, plumb și compușii săi, mercur și compușii săi, naftaline, nichel și compușii săi, nonilfenoli, octilfenoli, pentaclorbenzen, pentaclorfenol, perflooroctani, quinoxifen, simazine, terbutryn și compuși tributilnici, triclorbenzeni, triclorometan, trifluralin.
- măsurile pentru creșterea calității apei trebuie să fie implementate simultan în bazinul tuturor râurilor, pentru a corecta toate apele de suprafață și cele subterane din sistemul geohidrologic respectiv
- atunci când bazinul râurilor depășește frontierele Uniunii Europene, măsurile de protecție trebuie să fie coordonate cu cele din statele non membre ale comunității
- sunt necesare măsuri susținute pentru prevenirea și combaterea efectelor unor calamități naturale (secetă, inundații, poluare masivă)
- trebuie identificate toate sursele de apă potabilă, începând de la cele care asigură minimum 10 m³/zi, adică necesarul pentru minimum 50 de persoane, iar sursele de peste 100 m³/zi trebuie monitorizate activ
- în cazul exploatărilor industriale, legislația Europeană permite reinjectarea în același acvifer a apelor rezultate în urma exploatărilor miniere sau de hidrocarburi, sau pomparea în formațiuni geologice de gaz metan, petrol, bioxid de carbon sau alte resurse în vederea exploatării ulterioare, cu condiția să nu contamineze alte spații geohidrologice
- prin toate mijloacele posibile, statele membre trebuie să ia măsuri pentru a reduce poluarea apelor marine
- toate măsurile implementate trebuie să fie publicate și supuse dezbaterii publice pentru a garanta conștientizarea întregii populații
- statele membre trebuie să întocmească și să înainteze Comisiei Europene raporte cu privire la măsurile active luate în bazinul oricărui râu aflat integral sau parțial în teritoriul Uniunii Europene
- statele membre trebuie să stabilească măsuri efective, proporționale și preventive pentru a penaliza orice încălcare a normelor legii apei pe teritoriul lor și să comunice Comisiei Europene textul legilor adoptate

Un al doilea document esențial pentru Uniunea Europeană este decretul 1991/271/EEC cu privire la tratarea apelor urbane uzate și modul de eliberare a apelor industriale în mediu. Câteva dintre ideile principale conținute în document sunt:

- prin ape urbane uzate se înțelege un amestec de ape uzate menajere și ape industriale
- prin tratament primar al apelor uzate se înțelege cu proces fizic sau chimic în urma căruia particulele solide aflate în suspensie se reduc cu cel puțin 50 % iar consumul de oxigen datorat florei microbiene scade cu cel puțin 20 %
- prin tratament secundar al apelor uzate se înțelege procesul în urma căruia particulele solide aflate în suspensie nu depășesc 35 mg/litru iar consumul biochimic de oxigen al florei microbiene nu depășește 25 mg/litru
- prin tratament corespunzător al apelor uzate se înțelege orice proces în urma căruia apele eliberate sunt în parametrii de calitate cuprinși în acest document
- prin eutrofizare se înțelege îmbogățirea conținutului în nutrienți organici, în special în azot și fosfor, având ca urmare o dezvoltare accelerată a algelor verzi și a altor specii vegetale

- în cazul apelor eutrofizate, în urma tratării concentrația în fosfor total trebuie să scadă sub 2 mg/litru iar concentrația în azot total trebuie să scadă sub 15 mg/litru

- toate localitățile cu o populație mai mare de 2 000 de locuitori trebuie să dețină o stație de colectare și tratare a apelor uzate

- acolo unde o stație de colectare și tratare a apelor nu are rațiune economică și ecologică se vor implementa sisteme individuale de tratare a apei (fose septice)

- sistemele de colectare a apelor uzate trebuie să fie astfel proiectate încât să rețină întregul volum de ape reziduale, fără scurgeri, chiar și în condiții de furtună sau inundații

- apele uzate tratate vor fi eliberate în cursurile de apă doar după ce au fost prelevate probe și s-a constatat că respectă normele standard (particule solide sub 35 mg/litru, consum biochimic de oxigen sub 25 mg/litru)

- în cazul apelor industriale, stațiile de tratare trebuie proiectate astfel încât să nu pună în pericol sănătatea lucrătorilor din stație, să nu polueze mediul, iar rezidurile să poată fi îndepărtate și depozitate în condiții ecologice acceptabile

- sectoarele industriale ce trebuie să fie monitorizate activ sunt: procesarea laptelui, procesarea fructelor și legumelor, producția de băuturi răcoritoare, procesarea cartofilor, industria cărnii, producția de bere și băuturi alcoolice, producția de furaje animale, producția de gelatină, producția de malț, procesarea peștelui

- numărul de probe recoltate este de: 12 probe în primul an pentru localități cu 2 000 - 10 000 locuitori urmate de 4 probe/an în anii următori, 12 probe/an pentru localități cu 10 000- 50 000 de locuitori și 24 de probe/an pentru localități cu peste 50 000 de locuitori

- numărul maxim acceptat de probe neconforme este de 2/12 probe, 3/24 de probe sau 25/365 de probe.

În cazul României, doar 65 % din populație (98 % din mediul urban și 33 % din mediul rural) beneficiază de un sistem integrat de alimentare cu apă și canalizare, iar stații de epurare și tratare a apei sunt în funcțiune doar pentru 30 % din populație. Spre comparație, media Europeană este între 52 % (Slovenia) și 99 % (Olanda) cu valori mijlocii de 70-80 % pentru majoritatea țărilor. Doar Macedonia și Cipru au un sistem de tratare a apelor mai puțin dezvoltat.

Pentru România legea de bază este Legea Apelor 107/25.09.1996. Câteva idei principale desprinse din textul legii sunt:

- apele reprezintă o resursă naturală regenerabilă, vulnerabilă și limitată

- apele fac parte integrantă din domeniul public

- dreptul la folosință și obligațiile corespunzătoare se exercită în conformitate cu prevederile legii 107/1996

- apele, malurile și albiile, indiferent de persoana fizică sau juridică care le administrează sunt supuse prevederilor acestei legi, precum și convențiilor internaționale

- lucrările care se construiesc pe ape sau în legătură cu apele sunt supuse prevederilor acestei legi

- legea are ca scop conservarea, dezvoltarea și protecția apelor, valorificarea complexă, satisfacerea cerințelor de apă ale agriculturii, industriei, producerii de energie, transporturilor, aquaculturii, turismului și altor activități umane

- aparțin domeniului public apele de suprafață cu lungimi mai mari de 5 Km și bazine mai mari de 10 Km²

- albiile minore mai mici de 5 km sau cu bazin mai mic de 10 Km² aparțin deținătorilor terenurilor pe care curg

- apa subterană poate fi utilizată de proprietarul terenului doar prin instalații ce nu depășesc 0,2 litri/secundă

- în jurul surselor de apă se institue zone de protecție sanitară cu regim sever

- gospodărirea apelor se organizează și se desfășoară pe bazine hidrografice

- dreptul de folosință a apelor de suprafață sau subterane se stabilește prin autorizația de gospodărire a apelor

- utilizatorii de apă sunt obligați să respecte normele de consum, să asigure întreținerea și repararea instalațiilor proprii și a celor din sistemele de alimentare cu apă și canalizare

- normele de calitate a apei se aprobă prin standarde propuse de Ministerul Sănătății
- lățimea zonei de protecție, în funcție de suprafața luciului de apă, este de: 15-50 m în lungul cursurilor de apă, 5-15 metri în jurul lacurilor naturale, 5-15 metri în jurul lacurilor de acumulare, 3-4 metri în lungul digurilor, 3-5 metri în lungul canalelor de derivație, 10-50 m în vecinătatea barajelor și lucrărilor anexe.

Contravențiunile prin încălcarea legii apelor se sancționează cu amendă cuprinsă între 250 000 lei și 1 milion de lei pentru persoane fizice, sau între 2-3 milioane de lei pentru persoane juridice, iar faptele penale săvârșite din culpă se sancționează cu amenzi cuprinse între 3-10 milioane de lei, sau cu închisoare de la 6 luni la un an. Printre faptele sancționate de lege se numără: lucrări în legătură cu apele fără autorizație, exploatarea resurselor fără respectarea prevederilor legii, evacuarea sau injectarea de ape uzate fără autorizație, extragerea agregatelor minerale din albiile fără autorizație, amplasarea în albiile de noi obiective economice fără autorizație, neîntreținerea malurilor sau a albiilor, nerespectarea zonei de protecție, depozitarea de materiale de orice fel în albiile sau pe maluri, neanunțarea autorităților cu privire la o poluare accidentală, lipsa planurilor de apărare împotriva inundațiilor, plantarea, tăierea sau distrugerea arborilor și arbuștilor pe maluri și diguri, plantarea de stâlpi pe baraje și diguri, pășunatul în zonele de protecție, instalarea de conducte, cabluri, linii aeriene prin sau sub albiile râurilor, efectuarea de săpături pe maluri și în albiile râurilor, circulația de vehicule sau staționarea pe baraje, diguri sau canale, refuzul de a prezenta avizele sau autorizațiile de gospodărire a apelor, refuzul de a permite accesul personalului autorizat, neparticiparea la acțiunile de apărare împotriva inundațiilor, bransarea locuințelor la rețeaua de alimentare fără realizarea rețelelor de canalizare a stației de epurare.

Legea nr 458/8 Iulie 2002 reglementează calitatea apei potabile, având ca obiectiv protecția sănătății oamenilor. Standardele de calitate a apei potabile au fost prezentate în capitolul de igienă a apei. Contravențiunile și faptele penale de încălcare acestei legi se sancționează conform Legii nr. 98/1994 privind normele de igienă și sănătate publică.

BIBLIOGRAFIE:

- | | |
|----------------------|---|
| European Union | Water Framework Directive 2000/60/EC |
| European Union | Urban Waste Water Treatment Directive 1991/271/EEC |
| WHO | Health Guidelines for the Use of Wastewater for Agriculture and Aquaculture |
| USA Congress | Clear Water Act (92-500/1972) |
| unesco.org | The United Nations World Water Development Report 2024 |
| D. Caponera et all | Principles of Water Law and Administration |
| F. Amery et all | Agricultural phosphorus legislation in Europe |
| A. Cardoso et all | Biological Monitoring of Rivers and European Water Legislation |
| M. Collivignarelli | Legislation for the Reuse of Biosolids on Agricultural Land in Europe |
| Peter Chave | The EU Water Framework Directive An Introduction |
| M. Solomun et all | Flood legislation and land policy framework of EU and non-EU countries |
| G. Kallis et all | The EU water framework directive: measures and implications |
| L. Carvalho et all | Protecting and restoring Europe's waters |
| S. Hodgson | Legislation for sustainable water user associations |
| Ray Huffaker et al | Agricultural Water Conservation Legislation - Will it Save Water ? |
| Abraham Hirsch | Water Legislation in the Middle East |
| Harry Cohen | Water Legislation Perspective for Alabama |
| Y. Vystavna et all | Water laws of Georgia, Moldova and Ukraine |
| R. Petrescu-Mag | Drinking Water: Legislation, policy, Economic Aspects |
| Parlamentul României | Legea apelor nr. 107/1996 |
| Parlamentul României | Lege nr. 458/8 Iulie 2002 privind calitatea apei potabile |

Reprezentări Artistice

Din cele mai vechi timpuri, apa a reprezentat un subiect de inspirație pentru artiști, fie ei pictori, sculptori, fotografi, artizani, poeți sau ingineri de ape. A fost immortalizată apa sub toate formele ei de prezentare: mări și oceane, râuri și lacuri, cascade și gheizere, precipitații, izvoare și fântâni arteziene. Zeii apelor, ambarcațiunile, apeductele și lucrările de inginerie a apei, au format de-a lungul timpului o altă sursă importantă de inspirație. Pentru arhitecți și hidrologi, apa nu a reprezentat doar un subiect de inspirație, ci material de lucru, pentru monumentale fântâni arteziene și spectacole cu jeturi de apă. Fără a face o lungă pledoarie, câteva dintre cele mai cunoscute lucrări de artă sunt:

SCULPTURI:

Statuia lui Neptun de la Castelul Marly (1699), este o lucrare a sculptorului francez Charles Antoine Coysevox (1640-1720), profesor la Academia Franceză, colaborator al pictorului Charles Le Brun, membru al echipei de artiști de la Palatul Versailles, aflat sub patronajul Regelui Louis XIV de Bourbonne. În prezent, lucrarea este expusă la Muzeul Louvre.

Statuia în marmură a lui Adolf Heer, Mutter Baar unde die Junge Donau (Mama Baar și tânăra ei fiică Dunărea), inaugurată în anul 1896 la izvorul Dunării. Baar este platoul dintre Munții Pădurea Neagră și Alpii Swabi, de unde izvorește Dunărea.

Micuța sirenă (The Little Mermaid), este o statuie în bronz a sculptorului Edvard Eriksen, expusă pe un bulgăre din granit roșu pe promenada orașului Copenhaga. Inspirată de un basm al lui Hans Christian Andersen, statuia a fost comandată în anul 1909 de către Carl Jacobsen, fondatorul companiei Carlsberg.

Zeița mării (Goddess of the Sea) este o sculptură în bronz aparținând sculptorului american Kristen Visbal (1962-), născută la Montevideo (Uruguay). Reprezentând o sirenă însoțită de doi delfini, lucrarea a fost expusă în Plyler Park, din Myrtle Beach (South Carolina) începând cu data de 18 Aprilie 2018, fiind o lucrare reprezentativă contemporană.

Natura Mamă (La Naturaleza Como Madre) este o sculptură abstractă modernă (1997), aparținând sculptorului mexican Adrian Reynoso. Lucrarea este expusă pe țârm, în Puerto Vallarta Malecon (Jalisco, Mexic) și reprezintă un val cu trăsăturile unei siluete umane (cap și brațe), o aducere aminte a faptului că ne-am născut în mare.

Regele Neptun (King Neptune), este o lucrare în bronz a sculptorului Paul DiPasquale, expusă pe plaja Virginia Beach (Virginia). Înaltă de zece metri, statuia a fost finalizată în anul 2005, în urma unui concurs organizat de Festivalul Neptun, la solicitarea lui Cameron Kitchin, directorul Centrului pentru Arte Contemporane din Virginia.

TABLOURI:

Odiseu și sirenele (Odysseus and the Sirens) este un vas antic grecesc, pictat, reprezentativ pentru arta arhaică din Epoca Bronzului grecesc 480-470 îen, având ca temă întoarcerea temerarului Ulise de la Troia, primul navigator care a avut curajul să părăsească linia țârmului, pentru a naviga ghidat de Soare și stele.

Nașterea lui Venus (Nascita di Venere) este o lucrare a pictorului Sandro Boticelli, realizată în jurul anului 1485, expusă în prezent în Galeria Uffizi, la Florența. Lucrarea a fost comandată de bancherul Lorenzo di Pierfrancesco de Medici, patronul lui Boticelli, pentru a decora locuința familiei, Villa di Castello, lângă Florența.

Perseu și Andromeda (Perseus and Andromeda) este o lucrare din anul 1554, aparținând pictorului italian renescentist Tiziano Vecelli (Tizian 1488-1576). Regele Philip II al Spaniei a primit lucrarea în dar în anul 1556, a fost preluată de sculptorul Leone Leoni, apoi de pictorul Anthony van Dyck, iar prin Louis Phelypeaux a ajuns în colecția Ducelui Philippe II de Orleans. După anul 1798 lucrarea a ajuns la Londra în

posesia Marchizului Francis Seymour Conway, principalul organizator al Wallace Collection, unde se află și în prezent.

Sfântul Anton predicând pentru pești (Predica di sant Antonio ai pesci) este o lucrare din anul 1580 a pictorului italian Paolo Veronese (1528-1588). Reprezentativă pentru Renașterea italiană, lucrarea se află în prezent expusă la Galleria Borghese din Roma, ca parte a colecției Cardinalului Scipione Borghese, fiind primită în dar în anul 1607 de la Francesco Barbaro, Patriarhul de Aquileia. O lucrare reprezentativă a lui Paolo Veronese este și Bătălia de la Lepanto, din anul 1572.

Peisaj cu păstori (Landscape with Shepherds) este o lucrare în ulei din anul 1644, aparținând pictorului francez Claude Lorrain, reprezentativă pentru stilul Baroque francez. Achiziționată de Regele Filip V al Spaniei, lucrarea a fost expusă începând cu anul 1746 la Palatul Regal din La Granja de San Ildefonso, apoi din 1827 la Palatul Regal din Aranjues, pentru ca în prezent să fie expusă la Muzeul Prado din Madrid.

Peisaj cu cascadă (Landschap met waterval) este o lucrare în ulei din anul 1660, aparținând pictorului olandez Jacob van Ruisdael (1629-1682), reprezentativă pentru Epoca de Aur a picturii olandeze. Lucrarea aparține în prezent Muzeului din Amsterdam și este expusă la Rijksmuseum Amsterdam. O altă lucrare celebră a lui Jacob van Ruisdael este Moara de vânt din Wijk (The windmill at Wijk) din anul 1670.

Vedere din Delft (Gezicht op Delft) este o lucrare din anul 1661 aparținând pictorului olandez Johannes Vermeer (1632-1675), unul din cele trei peisaje pictate la Delft (lângă Rotterdam). Achiziționată de bancherul Pietr Claeszoon van Ruijven, pentru 500 de guldeni, lucrarea a fost licitată în anul 2024 cu 21 000 de dolari, iar în prezent se află în colecția Muzeului Maurithuis din Hague.

Valuri furioase (Rough Waves) este o lucrare în tuș din anul 1704, aparținând artistului japonez Ogata Korin (1658-1716). Motivul a fost preluat apoi pe numeroase tapițerii, paravane, mătasuri, porțelanuri și chiar pe evantaie. În prezent, lucrarea este expusă la Metropolitan Museum of Arts din New York. O altă lucrare de referință este Valuri la Matsushima (Waves at Matsushima).

Călugăr pe malul mării (Der Monch am Meer) este o lucrare din anul 1810, aparținând pictorului german Caspar David Friedrich (1774-1840), reprezentativă pentru curentul Romantic german. Expusă pentru prima oară la Academia din Berlin, în prezent lucrarea face parte din colecția Alte Nationalgalerie Berlin. O lucrare interesantă este și Marea de Gheață (The Sea of Ice), din anul 1824, în prezent expusă la Hamburger Kunsthalle.

Sub marele val din Kanagawa (Kanagawa-oki Nami Ura) este o gravură în lemn aparținând artistului japonez Katsushika Hokusai, realizată în anul 1831, în plină eră Edo (perioada Tokugawa), pentru a fi apoi tipărită color, cu albastru de Prusia. Tipăritura face parte din seria denumită Treizeci și șase de chipuri ale Muntelui Fuji, tipărită de maestrul Nishimura Yohachi între anii 1830-1832. Doar 100 dintre tipăriturile originale au supraviețuit timpului, fiind expuse în diferite muzee ale lumii, printre care și Muzeul Metropolitan din New York.

Incendiul de la Casa Parlamentului (The Burning of the Houses of Lords and Commons 16th October 1834) este o pereche de lucrări în ulei aparținând pictorului Joseph Mallord William Turner (1775-1851). Cele două lucrări au fost expuse în anul 1835 la British Institution și la Royal Academy. Prima dintre lucrări a fost achiziționată în anul 1928 de Philadelphia Museum of Art, ca parte a colecției John Howard McFadden, iar cea de a doua a fost achiziționată în anul 1942 de Cleveland Museum of Art, la dorința miliardarului John Severance. Ambele lucrări sunt reprezentative pentru curentul artistic denumit Romanticism.

Icebergurile (The Icebergs) este o lucrare din anul 1861, aparținând pictorului american Frederic Edwin Church (1826-1900), realizată în cursul unei călătorii în jurul peninsulei Labrador. Lucrarea a fost expusă începând cu anul 1861 la New York, Boston și Londra pentru a fi vândută în Anglia. A fost achiziționată în anul 1979 de către milionarul Lamar Hunt și soția sa Norma, pentru suma de 2,5 milioane de dolari, pentru a fi donată Muzeului de Artă din Dallas (Texas). Pictorul Frederic Church este celebru pentru o serie de tablouri reprezentând Cascada Niagara.

Marea calmă (The Calm Sea) este o lucrare în ulei a pictorului Gustave Coubert (1819-1877), din anul 1869, reprezentând coasta Normandiei din dreptul Canalului Mânecii. Tabloul este expus în prezent la Muzeul Metropolitan din New York. Lucrarea este reprezentativă pentru curentul artistic denumit Realism.

Nocturne: Albastru și Argintiu-Chelsea (Nocturne: Blue and Silver-Chelsea) este o lucrare din anul

1871, aparținând pictorului american James McNeill Whistler (1834-1903), prima dintre cele 52 de lucrări ce formează seria sa de Nocturne, soră geamănă cu lucrarea identică denumită Variațiuni în Violet și Verde (Variations in Violet and Green), pictată în aceeași seară. Cele două lucrări au fost expuse inițial la Dudgeley Gallery, achiziționate de bancherul George William Alexander, în prezent fac parte din colecția Tate Britain, London.

Inundație la Port Marly (Flooding at Port-Marly) este unul dintre cele 12 tablouri pictate de Alfred Sisley (1839-1899) în urma inundațiilor din anii 1872 și 1876. Reprezentativ pentru curentul Impresionist francez, tabloul este expus la Muzeul Orsay din Paris.

Veliere Venețiene (Venetian Sails) este o lucrare din anul 1873, aparținând pictorului american Sanford Robinson Gifford (1823-1880), reprezentant al Iluminismului american, călător prin Europa între anii 1855-1857, 1868-1869. Din această ultimă perioadă datează 36 de lucrări reprezentând peisaje Venețiene. Achiziționată inițial de magnatul John Jacob Astor, lucrarea a fost expusă în anul 1874 la National Academy of Design, iar în prezent face parte dintr-o colecție privată, dar un studiu este expus la Washington University Museum of Art St. Louis.

Farul de Est (Eastern Point Light) este o lucrare din anul 1880, aparținând pictorului american Winslow Homer (1836-1910), specializat în peisaje marine, unul dintre exponenții secolului al XIX-lea în pictură, reprezentant al Impresionismului american. În prezent, lucrarea este expusă la Princeton University Art Museum (New Jersey).

Vase de pescuit în larg la reflux (Ebb Tide Fishing Boats Going Out), este o lucrare din anul 1888, aparținând pictorului irlandez David James (1853-1904), un artist specializat în peisaje reprezentând marea și țărmurile Angliei dintre Cornwall și râul Tamisa. Lucrarea a fost expusă la Royal Academy of Arts din Londra.

Peisaj marin la Saintes-Maries (Seascape at Saintes-Maries F415) este o lucrare din anul 1888, aparținând pictorului olandez Vincent Van Gogh (1853-1890), una dintre cele 10 lucrări pictate în decurs de o săptămână, cât a durat vacanța sa la Saintes-Maries-de-le-Mer, pe țărmul Mării Mediterane. Reprezentativă pentru curentul Impresionist, lucrarea este expusă la Muzeul Van Gogh din Amsterdam.

Iazul cu nuferi (Le Bassin Aux Nymphaes) este unul dintre cele peste 250 de tablouri ale pictorului Claude Monet (1840-1926), inspirat de grădina sa cu flori din Givency (Eure, Franța). Opt dintre aceste tablouri au fost expuse în anul 1920 la Musee de l'Orangerie. În anul 2007, lucrarea s-a vândut cu 18,5 milioane de lire sterline.

Plaja din Pourville (La plage a Pourville) este o pânză a lui Claude Monet din anul 1882 considerată de critici drept una dintre cele mai reprezentative lucrări ale curentului Impresionist.

Seară de vară pe plaja de sud de la Skagen (Sommeraftern pa Skagen Sonderstrand) este o lucrare din anul 1893 aparținând pictorului danez Peder Severin Kroyer (1851-1909), reprezentativă pentru colonia de artiști de la Skagen. Cumpărată de soprana Lili Lehmann, lucrarea a fost achiziționată în anul 1978 de magnatul german Axel Springer pentru suma de 520 000 de mărci, iar în anul 1986 soția acestuia a donat-o poporului danez. În prezent se află la Skagen Museum, împreună cu numeroase alte lucrări ale membrilor coloniei de artiști.

Siesta (Idle Hours) este o lucrare în ulei din anul 1894 aparținând pictorului american William Merrit Chase (1849-1916), reprezentând pe soția sa, sora și două fiice, în liniștea după-amiezii, pe țărmul de Est al Long Island, unde pictorul conducea o școală de vară pentru pictori peisagiști. Lucrarea este deținută în prezent de Amon Carter Museum of American Art din Fort Worth.

Puterea amiezii, transparentă, purpurie (The purple noon's transparent night) este o lucrare din anul 1896, aparținând pictorului australian impresionist Arthur Streeton (1867-1943). Lucrarea reprezintă râul Hawkesbury River din Blue Mountains (New South Wales Australia) sub puterea Soarelui de la amiază (la 42 grade Celsius la umbră). Inclusă în anul 1898 la Exhibition of Australian Art in London, în prezent lucrarea face parte din colecția National Gallery of Victoria in Melbourne. O altă lucrare de referință este Sydney Harbour, din anul 1894.

Orașul (The Town) este o lucrare din anul 1903, aparținând dramaturgului suedez August Strindberg (1849-1912), reprezentativă pentru curentul Expresionist suedez. Alături de alte lucrări în aceeași manieră,

pânza este expusă în prezent la Nationalmuseum Stockholm.

Consiliul Ecumenic (The Ecumenical Council) este o lucrare din anul 1906 a pictorului spaniol Salvador Dali, reprezentând curentul Suprarealist. Lucrarea a fost inspirată de Conciliul Ecumenic din anul 1958 pentru alegerea Papei Ioan al XXIII-lea, cel care a ridicat excomunicarea Arhiepiscopului de Canterbury. Tabloul este în prezent expus la Muzeul Salvador Dali din St. Petersburg (Florida, USA).

Tărâm inundat (Drowned Land) este un tablou în ulei din anul 1912, al pictorului canadian Tom Tomson (1877-1917), reprezentând urmele lăsate de o inundație a râului Mississagi. Tabloul a fost achiziționat în anul 1937 de Galeria de Artă din Toronto.

Vâslind la Vinalhaven (Boating at Vinalhaven) este o lucrare din anul 1920, aparținând pictorului american Frank Weston Benson (1862-1951) specializat în peisaje marine, în ulei, acuarelă, tuș sau creion. Reprezentativă pentru Impresionismul american promovat de School of the Museum of Fine Arts din Boston, lucrarea se află în prezent într-o colecție privată. O lucrare reprezentativă este și Lumina Soarelui (Sunlight) din anul 1909, expusă la Indianapolis Museum of Art..

Zi de Primăvară (Spring Day) este o lucrare din anul 1959 aparținând pictorului rus Nikolai Matveevich Pozdneev (1930-1978), reprezentativă pentru curantul Realist promovat de Școala de la Leningrad. Expusă la Muzeul Memorial Nekrasov din Saint Petersburg, lucrarea face parte în prezent dintr-o colecție privată.

FÂNTÂNI ARTEZIENE:

Fântâna Mănăstirii Thoronet Abbey, fondată de călugărul Robert de Molesme pentru Ordinul Cistercian, în anul 1098, la Cîteaux, lângă Dijon, în Burgundia.

Palatul Alhambra din Granada (Spania), construit de emirul Muhammad Ibn al-Ahmar, începând cu anul 1238, include numeroase lucrări hidrotehnice, inclusiv o baie publică (hammam) de proporții. Apa este adusă de la o distanță de 6,1 km, de la poalele munților Sierra Nevada, printr-un apeduct, Acequia del Sultan, apoi este condusă printr-un sistem complex de conducte și cisterne. Fântâna arteziană denumită Curtea cu Lei, construită între anii 1362-1391, este străjuită de 12 lei din granit, în mărime naturală

Fântâna cea Mare (Fontana Maggiore) din Perugia a fost zidită între anii 1275-1277, după planurile arhitectului Bevisignate da Cingoli, iar circuitul apei a fost proiectat de Boninsegna Veneziano, specializat în inginerie hidraulică. Apa a fost adusă prin cădere liberă, de la câțiva kilometri, de pe Muntele Pacciano.

Dintre fântânile (cișmelele) otomane sunt celebre Fântâna lui Quasim Pasha (1527) de la Jerusalem, Fântâna Sultanului Ahmed III (1728) de la Palatul Topkapi din Istanbul, sau fântâna Tophane (1732) zidită de Sultanul Mahmud I în piața Tophane din Istanbul.

Fântâna Inocenților (1547), a fost construită la Paris de arhitectul Pierre Lescot, în stil Renascentist, din ordinul Regelui Henri II de Valois-Angouleme (1519-1559), pentru a comemora înălțarea sa pe tronul Franței.

Complexul de fântâni de la Villa d'Este (Tivoli) a fost realizat începând cu anul 1550, sub patronajul Cardinalului Ippolito II d'Este (1509-1572). Cele 51 de fântâni, cu 398 de țâșnitoare, 64 de cascade și 220 de bazine, sunt alimentate cu apă prin 875 metri de canale și funcționează prin cădere liberă, fără pompe de apă. Cele mai importante sunt: Fântâna Tripodului, Fântâna Europei, Fântâna lui Bicchierone, Grota Pomonei, Fântâna lui Pegasus, Grota Diane, Fântâna Ovală, Cele O Sută de Fântâni, Fântâna Rometa, Fântâna Dragonilor, Fântâna Bufniței, Fântâna Perseponei, Fântâna cu Orgă (cântă prin acționare hidraulică), Fântâna lui Neptun.

Fântâna lui Neptun (1559) din Florența, a fost realizată de sculptorul Bartolomeo Ammannati, din ordinul Ducelui Cosimo de Medici, pentru a omagia căsătoria fiului său, Francesco de Medici cu Ducesa Joanna de Austria.

Grădinile Fin (Bagh-e Fin), construite în anul 1590, în timpul domniei Șahului Abbas I al Persiei (1591-1629), cele mai vechi grădini din Persia se întind pe 2,3 hectare și includ fântâni arteziene cu mai multe bazine cu apă, interioare sau exterioare.

Grădinile Palatului Fontainebleu (1606) au inclus un canal exterior lung de 1200 de metri, construit din ordinul Regelui Henri IV de Navarre, iar fântânile arteziene s-au construit o jumătate de secol mai târziu, sub patronajul Regelui Louis XIV de Bourbon.

Grădinile Palatului Versailles (1650) sunt opera arhitectului Andre Le Notre, sub patronajul Regelui Louis XIV de Bourbon. Au contribuit însă numeroși alți arhitecți și artiști celebri, printre care Le Brun, Colbert, Jaques Boyceau, Jaques de Nemours, Hardouin-Mansard. Pentru a aduce apa din râul Sena, Uzina de Apă utiliza patru roți de moară gigantice și 253 de pompe de apă.

Grădinile Shalimar (Shalimar Gardens) din Lahore (Punjab Pakistan) construite începând cu anul 1641 pentru Împăratul Mugal Shah Jahan, reprezentând Grădina Paradisului pe stil Persian. Cu o suprafață de 658 x 258 de metri (16 hectare), grădinile includ 410 fântâni arteziene cu bazine din marmură (havuz) și 5 cascade.

Fântânile Palatului Peterhof (1709-1756) din Saint Petersburg, au fost construite de arhitecții italieni Domenico Trezzini și Francesco Bartolomeo Rastrelli, sub patronajului Țarului Petru cel Mare (1682-1721) și apoi al Țarinei Elisabeta Petrovna (1741-1762). Punctul central îl reprezintă Fântâna lui Samson și Marea Cascadă, un complex hidrotehnic compus din 64 de fântâni.

Fântâna muncitorilor (Fontana di Trevi 1732) din Roma, a fost construită după planurile arhitectului Nicola Salvi, sub patronajul Papei Clement XII, la mai bine de un secol după ce Papa Urban VII a inițiat proiectul de reconstrucție a unei fântâni antice, aflată a capătul apeductului roman. Înaltă de 26,3 metri și lată de 49 de metri, puternic decorată cu statui, în stil Baroc, este cea impresionantă fântână arteziană din cetatea Romei.

Fântâna lacrimilor (1764) din Palatul Bakhchisarai, a fost construită de Quirim Giray Khan pentru iubita sa soție, o tânără fată din Polonia, asasinată de una dintre soțiile hanului. Povestea fetei l-a impresionat până la lacrimi și pe poetul Alexander Pushkin, autorul unei poezii cu același nume. Au urmat apoi o cantată, un spectacol de balet, un film artistic și o operă, toate denumite după Fântâna din Bakhchisarai.

Fântânile din Piața Concorde (1830) au fost realizate de arhitectul Jaques Ignace Hittroff, sub patronajul Regelui Louis Philippe de Bourbon-Orleans (1773-1850). Un număr de 10 sculptori au realizat numeroasele statui, pentru un debit total de 6000 metri cubi/zi, apa fiind adusă prin cădere liberă din cisterna La Villete.

Fântâna Bethesda (1873) din Central Park New York, este opera arhitecților Calvert Vaux și Frederick Law Olmsted, iar statuia reprezentând Îngerul Apelor a fost proiectată de sculptorița Emma Stebbins, pentru a aminti oamenilor miracolul de la Bethesda, când Isus a vindecat un paralizat, cerându-i să intre în fântână pentru a primi botezul.

Fântâna Buckingham (1933) din Grant Park Chicago este o lucrare în marmură roz a arhitectului Edward Bennett, o donație a milionarei Kate Sturges Buckingham spre amintirea fratelui ei Clarence Buckingham. Fântâna conține 5 700 m³ de apă, iar prin cele 193 de ajutaje țâșnesc 0,88 m³/s (50 m³/minut). Cele trei bazine ale fântânii au un diametru de 7,3 de metri, 60 de metri și respectiv 85 de metri, iar pompele de apă sunt controlate computerizat.

Jetul de apă de la Geneva (1951), situat în locul unde Lacul Geneva se varsă în râul Rhone, este un jet de apă de 500 litri/secundă, împins până la o înălțime de 140 de metri, cu ajutorul a două pompe de 50 Kw acționate la o tensiune de 2400 V. În fiecare moment, în aer plutesc circa 7 000 de litri de apă. Primul jet de apă a fost instalat la Geneva în anul 1886, având o înălțime de 30 de metri.

Fântâna Bellagio (1998), din fața casinoului cu același nume din Las Vegas, este o creație a patronului Steve Wynn cu un proiect realizat de arhitectul Jon Jerde. Cu o suprafață de 3,4 hectare, 1 214 ajutaje și 4 792 de lămpi, fântâna Bellagio prezintă un adevărat spectacol de muzică și lumină, un dans al apei ce aruncă jeturi până la înălțimi de 180 de metri.

Fântâna Dubai (2009), situată în mijlocul lacului de 12 hectare din fața clădirii Burj Khalifa, aruncă jeturi de apă până la înălțimi de 73 de metri, iluminate multicolor de 6 000 de lămpi și 25 de proiectoare, cu un acompaniament muzical. La un cost de peste 220 milioane de dolari, este probabil cea mai scumpă fântână arteziană din lume. Dezvoltator a fost Emaar Properties, o companie multinațională având ca acționar principal pe Emirul Mohammed bin Rashid Al Maktoum, aflat la conducerea emiratului.

BIBLIOGRAFIE:

Sydney Freedberg	Pelican History of Art Painting in Italy, 1500-1600
John M. Montias	Vermeer and His Milieu
Wood Christopher	Victorian Painters
Algernon Graves	The Royal Academy or Arts: a complete dictionary of contributors and their work
MacLaren Neil	The Dutch School 1600-1800
Maarten Prak	Painters, Guilds and the Art Market during the Dutch Golden Age
Frederic Clarac	Musee de sculpture antique et moderne, ou description historique et graphicue du
Louvre	
Walter Liedtke	Dutch Paintings in the Metropolitan Museum of Art
Irving Stone	Lust for Life
Altcappenberg Schultze	An der Wiege der Romantik, Caspar David Friedrichs
Arthur Hoerber	Winslow Homer, A Painter of the Sea
Fairchild Sherman	American Painters of Yesterday and Today
George W. Sheldon	American Painters
Gregory Horace	The World of James McNeill Whistler
Arthur Streeton	Eaglemont in the Eighties: Beginnings of Art in Australia
William More	The Story of Australian Art: From the Earliest Known of the Continent to the Art of
Today	
Gloria Fossi	Italian Art: Painting, Sculpture, Architecture from the Origins to the Present Day
John Carpenter	Designing Nature: The Rinpa Aesthetic in Japanese Art
Sergei Ivanov	Unknown Socialist Realism The Leningrad School
Claus Olsen	Kroyer and artists colony at Skagen National Gallery of Ireland
Beatrice de Andia	Paris et ses Fontaines, del la Renaissance a nos jours
Frederik Cope et all	Les Fontaines de Rome
Marilyn Symmes	Fountains-Splash and Spectacle Water and Design form the Renaissance to the
Present	

Perspective viitoare

În jurul anului 2030, populația globului formată din peste 8,5 miliarde de oameni va consuma anual 6 000 de miliarde de metri cubi de apă, adică circa 6 000 de kilometri cubi, dintre care o zecime pentru uz casnic, iar restul pentru uz agricol (70 %) sau industrial (20 %). Dacă în prezent doar 11 % din populația globului (780 milioane) se confruntă cu dificultăți de acces la apa potabilă, se estimează că în anul 2030 circa 50 % din populație se va confrunta cu un stress hidric, nu neapărat prin absența apei cât ca urmare a prețului de cost. Producția de apă potabilă, prin filtrare și desalinizare este în permanentă creștere, dar consumul crește mult mai rapid decât producția. În special utilizarea apei ca agent termic (combustibil), conduce la scăderea accesibilității, crescând stress-ul acolo unde există deja un deficit de apă dulce. Pentru zona noastră climatică (Nord-Estul României) și consumul antropic anticipat, specialiștii au estimat că apele subterane exploatabile vor dispărea total în jurul anului 2070, singura resursă exploatabilă fiind apa din precipitații, dar în condițiile unei evaporări reduse, volumul de precipitații va scădea și el exponențial. Din acest motiv, este imperioasă reducerea presiunii antropice, înainte ca dezechilibrul să fie imposibil de corectat.

În emisfera Nordică, cercetătorii acordă o importanță sporită criologiei, adică studiilor referitoare la suprafețele îngăpezite. Pentru agricultura climatului temperat, pătura hibernală de zăpadă are un rol esențial atât pentru protejarea termică a culturilor de toamnă, cât și ca sursă de apă în perioada de dezvoltare a plantulelor. Este evident faptul că în ultimele cinci decenii, volumul și durata precipitațiilor sub formă de zăpadă a scăzut semnificativ în regunile Sudice și Centrale ale Europei, dar cercetătorii nu au căzut încă de

acord dacă fenomenul se datorează activităților antropice, prin efect de seră, sau se încadrează doar în ciclul natural al planetei dintre ultima glaciațiune și climatul tropical extrem. Indiferent care este cauzalitatea, hidrologii trebuie să fie pregătiți pentru a anticipa și soluționa toate provocările climei.

În ultimul secol, populația globului a crescut de la 1 miliard la 6 miliarde, iar consumul de apă de la 2 000 la 6 000 Km³. Diferența a rezultat din cele peste 25 000 de baraje și lacuri de acumulare. Creșterea importantă a consumului nu se datorează însă apei potabile, ci consumului industrial și agricol. Astfel, consumul de hârtie a crescut de la 10 la 250 milioane de tone, iar numărul autovehiculelor a crescut la peste 800 de milioane. Dacă se menține același ritm de creștere, la sfârșitul secolului populația globului va crește la peste 36 de miliarde, iar necesarul de apă va fi de peste 36 000 Km³, adică peste potențialul total de apă dulce exploatabilă. Într-un astfel de scenariu, apa mărilor și oceanelor va reprezenta o alternativă viabilă, pentru regiunile costiere, dar gradul de poluare al apelor interioare nu va putea fi compensat.

Pentru a face față provocărilor rezultate din activități antropice, hidrologia trebuie să fie și ea o știință în permanentă evoluție. Dacă în prezent un satelit meteorologic implică o investiție de circa un miliard de dolari, în viitor fiecare națiune va deține unul sau mai mulți sateliți pentru monitorizarea resurselor locale de apă. Colectarea de informații este în prezent facilitată de telefonie mobilă, dar în viitor se va face complet automatizat, fără intervenție umană, fără erori.

Prin scăderea suprafețelor ocupate de orașe și alte dezvoltări antropice, poate crește evaporarea și implicit volumul precipitațiilor, dar consumul de apă rămâne corelat cu numărul de locuitori/suprafața. Chiar dacă toate ansamblurile rezidențiale vor fi de tip zgârie nori, iar producția agricolă se va face în sere și instalații hidroponice supraetajate, necesarul de apă nu poate fi scăzut cu mai mult de 50 % (cât reprezintă evaporarea). Estimările prezente indică pentru următorii 40 de ani o creștere a producției agricole de circa patru ori. Pentru Europa, asta ar însemna un necesar de peste 1000 Km³ de apă, doar pentru agricultură, față de un total disponibil de circa 3500 Km³. Creșterea consumului antrenează însă o creștere cel puțin paralelă a poluării, respectiv a volumului de ape reziduale și menajere. Astfel, în cazul unei populații de 4 miliarde de locuitori, volumul de apă menajeră ar atinge în jur de 400 Km³, depășind capacitatea stațiilor de tratare și filtrare (unde s-ar acumula milioane de metri cubi de nămoluri și reziduri menajere).

În scenariul cel mai optimist însă, stressul apei poate fi redus radical, atât prin scăderea populației cât și prin limitarea suprafețelor utilizate pentru activități antropice. De exemplu, terenurile agricole ocupă în prezent circa 5 miliarde de hectare, dintre cele 13 miliarde de hectare ale uscatului. Prin instalații hidroponice supraetajate, suprafețele exploatate pot fi reduse de până la 500 de ori. Asta înseamnă că producțiile actuale se pot obține pe 10 milioane de hectare, iar restul de 4,9 miliarde de hectare pot fi eliberate spre uzul altor specii. În paralel, dacă populația ar fi în permanentă recesiune, ar scădea și necesarul net de apă, până spre valorile Evului Mediu, când omul era încă integrat total în legile Naturii.

Scenariul cel mai probabil este însă unul intermediar, în care sporul natural se va fixa în vecinătatea valorii zero, iar utilizarea resurselor de apă și a spațiului antropic se va face din ce în ce mai eficient. La nivelul populației actuale, doar prin reducerea la jumătate a spațiului ocupat de activitățile antropice, stressul apei ar putea fi redus substanțial. Indiferent însă cât de mult se înalță clădirile pe verticală, necesarul de apă/locuitor nu va fi în scădere, ci în permanentă creștere. În consecință, pentru a evita poluarea excesivă a mediului este imperios ca megaorașele să fie divizate în sectoare de maximum 0,5-1 milioane de locuitori, separate între ele prin cordoane late de vegetație, pentru a permite reîmprospătarea aerului și a apelor și pentru a evita microclimatul de tip urban (suprafețele de beton formează un curent de aer ascendent ce împiedică circulația maselor de aer).

Viitorul hidrologiei este în strânsă legătură cu dezvoltarea inteligenței artificiale. Dacă în prezent este necesară intervenția umană pentru colectarea și analiza diferitelor probe și măsurători, în viitorul apropiat toate aceste operații se vor face automat. Mai mult decât atât, inteligența artificială va prelua și rolul decizional, atât în ce privește mijloacele de semnalare, atenționare și alarmare cu referire la fenomenele meteorologice, cât și în ce privește intervenția activă pentru prevenirea inundațiilor, sau a altor calamități naturale (golirea sau umplerea unor bazine de colectare subterane sau supraterane, închiderea sau deschiderea de supape într-un sistem de vase comunicante, descărcarea controlată a norilor de ploaie, descărcarea controlată de energie electrică).

Hidrologia este însă în strânsă legătură cu celelalte științe naturale, în special cu științele pământului, deoarece de cele mai multe ori calamitățile naturale se intercondiționează și vin înlănțuite. Astfel, incendiile de vegetație de mari proporții, cutremurele și alunecările de pământ generate de activități miniere, invaziile de insecte, defrișările masive sau construcțiile urbane întinse pe zeci de kilometri pătrați au un impact semnificativ asupra ciclului natural al apei, atrăgând după sine alte calamități: secetă, furtuni și uragane, inundații, foamete. Rolul mijloacelor de supraveghere automată este tocmai cel de a identifica riscul unor astfel de interacțiuni, cu mult înainte ca riscul teoretic să devină real.

Eco-hidrologia este o altă ramură a viitorului, pentru acea epocă în care omenirea va fi rezolvat toate problemele legate de necesitățile antropice și se va ocupa aproape exclusiv de necesitățile altor specii. Experimente de acest gen sunt deja în desfășurare. De exemplu, un teren împădurit cu configurație topografică specifică pentru colectarea apelor (cumpăna apelor) este evaluat pentru specia de arbori existentă, apoi este defrișat și evaluat fără vegetație, pentru a fi reîmpădurit și reevaluat, dar pentru o altă specie de arbori, cu frunze și rădăcini diferite, respectiv cu o capacitate diferită de retenție a apei. Evaluări de acest gen vor permite intervenții active în echilibrarea ecosistemelor hidrice prin valorificarea potențialului natural și intervenție biologică. Prin inginerie genetică, pot fi favorizate speciile și caracteristicile optime ale unor specii, astfel încât echilibrul hidrologic să fie menținut prin mijloace naturale, în paralel cu conviețuirea cât mai multor specii în habitat.

Intervenția activă a omului în viitorul hidrologiei se va face însă mai ales prin lucrări hidrotehnice de mare anvergură: bazine de acumulare, sisteme de distribuție și drenaj ramificate, sisteme neuronale de vase comunicante, sisteme de producție a apei potabile, sisteme de desalinizare și producție energetică (cu panouri solare), sisteme și ecosisteme de tratare a apelor uzate, sisteme energetice de ardere a apelor uzate (în reactoare de fuziune), sisteme de sinteză a apei potabile (din hidrogen și oxigen, prin valorificarea resturilor organice).

Previzunile cu privire la consumul urban de apă menajeră se fac pentru intervale scurte (2 luni-2 ani), medii (7-10 ani) sau lungi (10-50 de ani). Previzunile pe termen scurt sunt cele mai simple și mai exacte, bazate pe analiza statistică a datelor din anii precedenți, coroborată cu previziunile meteorologice pe termen scurt. Previzunile pe termen mediu trebuie să includă și modificările de consum estimate în funcție de evoluția demografică (creșterea sau scăderea numărului de clienți), evoluția climatului de afaceri și evoluția consumului mediu/locuitor. Previzunile pe termen lung se fac în funcție de investiția în infrastructură, respectiv în bazine de colectare, stații de tratare sau de desalinizare, rețele de distribuție, investiții de capital, evoluția preconizată a consumului agricol și industrial.

Previzunile cu privire la impactul economico-social al modului de utilizare a apei se fac în conexiune cu dezvoltarea celor șapte sectoare economice responsabile pentru poluarea apei: industria alimentară, industria textilă, producția de energie, industria metalurgică, industria chimică, industria farmaceutică, industria minieră. Mai mult de 70 % dintre companiile producătoare de bunuri au identificat apa ca principal factor de risc al dezvoltării viitoare, ținând cont de faptul că raportul costuri/beneficii dintre ameliorarea/remedierea factorilor de poluare a apelor uzate este de 5/1. De exemplu, în Chile, compania BHP Biliton and Rio Tinto a investit 3 miliarde de dolari într-o instalație de desalinizare a apei de mare, doar pentru a putea exploata în continuare metale din Deșertul Atacama.

Una dintre soluțiile viitorului o reprezintă exploatarea apei direct de la sursă, acolo unde este cea mai abundentă, adică în zona de coastă a mărilor și oceanelor. Vase de navigație de mare tonaj (peste 100 000 de tone) pot fi relativ ușor transformate fie în unități industriale pentru producția de apă, fie în instalații hidroponice pentru culturi vegetale, alimentate cu apă obținută prin desalinizare. Se elimină astfel cheltuielile de transport a apei și a rezidurilor de sare. În plus, dacă navele sunt semiscufundate, temperatura medie se menține constant în jurul valorii de 19-20 grade Celsius, ideală pentru legume și majoritatea culturilor de cereale. Energia necesară poate fi asigurată prin panouri solare și instalații eoliene.

Un subiect extrem de acut îl formează apa consumată în diferitele procedee de producere a energiei. Pentru anul 2014, consumul global a fost estimat la circa 55 Km³, adică 1,4 % din cei 3 900 Km³ de apă utilizată pentru consum. În condițiile creșterii consumurilor energetice, este de așteptat ca volumul de apă consumată în procesul energetic să fie din ce în ce mai mare, având ca efect încălzirea globală și modificări climatice

catastrofale. În Europa de Vest, mlaștinile și terenurile inundate au fost deja asanate aproape în totalitate: Germania 98 %, Olanda 95 %, Danemarca 93 %, Irlanda 82 %. Defrișarea pădurilor a înaintat la un ritm de peste 100 000 Km²/an, fapt ce a condus în țările sub Sahariene la o scădere a evaporării cu peste 43 % și implicit la secarea unor surse de apă supra și subterane. Impactul ecologic nu este doar de natură biologică sau politică. În țările afectate, peste 50 % din produsul intern brut este afectat direct prin modificările climatice induse. În concluzie, gospodărirea apelor va reprezenta principalul indicator de civilizație pentru lumea viitoare.

BIBLIOGRAFIE:

- | | |
|----------------------|--|
| E. Brini et all | How Water's Properties Are Encoded in Its Molecular Structure and Energies |
| Ertug Ercin ety all | Water footprint scenarios for 2050: A global analysis |
| T. Wagener et all | The future of hydrology: An evolving science for changing the world |
| M. McCabe et all | The future of Earth observation in Hydrology |
| J. Niemczynowicz | Urban hydrology and water management - present and future challenges |
| Jacques Delleur | The Evolution of Urban Hydrology: Past, Present, and Future |
| Jan Hopmans et all | Experimental hydrology: A bright future |
| B. Mirus et all | Disturbance Hydrology: Preparing for an Increasingly Disturbed Future |
| Vijay Singh | Hydrologic modeling: progress and future directions |
| R. Vogel et all | Hydrology: The interdisciplinary science of water |
| Edwin Engman | Remote sensing applications to hydrology: future impact |
| D. Garen et all | Curve number hydrology in water quality modeling: uses, abuses and future directions |
| Xiao-fang Rui et all | Present and future of hydrology |
| M. Huss et all | Future high-mountain hydrology: a new parametrization of glacier retreat |
| J. McDonell et all | On the future of forest hydrology and biogeochemistry |
| Gwenn Flowers | Hydrology and the future of the Greenland Ice Sheet |
| Clifford Voss | The future of hydrogeology |
| R. Halbac et all | Applied Hydrotechnics Multidisciplinary Research and Future Challenges |
| T. Man et all | Use of 3D terrestrial scanning (TLS) technology in the field of hydrotechnics |
| Dino Pbradovic | Some Applications of Artificial Intelligence in Hydrotechnics |
| Bruce Billings | Forecasting Urban Water Demand |
| unesco.org | The United Nations World Water Development Report 2024 |



Rusu Mircea Aurel Valer



