A XIX-a Conferinţă internaţională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti”,
CLUJ NAPOCA, 2019

ASPECTE PRIVIND UTILIZAREA ENERGIEI SOLARE
Partea I

Mircea BEJAN, Ioana BĂLAN, Barbu BEJAN,
Ioan VIDICAN, Ioan Aurel CHERECHEȘ, Daniel Gheorghe LAKATOS

ASPECTS ON THE USE OF SOLAR ENERGY – Part I

Most human activities, the size, volume and quality of goods and services available to mankind are energy dependent, with energy playing a central role in human existence, being the most important resource. At present, fossil fuel carriers are the fuel of the world economy, and humanity is geared towards using abundant energy at a relatively low price. Alternative sources such as sun, wind, hydropower, wave energy, geothermal energy, bioenergy etc. it is practically not consumed, calling it renewable (alternative or unconventional sources). They produce far fewer emissions, reduce chemical, thermal, and radioactive pollution, and are available theoretically anywhere in the world. The sun is a real blessing, giving us in an hour - enough energy for all people to use it for one year. Every day, about 120,000 terawatts (TW) of electrical power is offered to us by the sun. That, while over a year, the world uses only 15 TW of energy. The paper analyzes some aspects regarding the use of solar energy: collectors, solar power stations, solar houses.

Keywords: solar energy, types of renewable energy, history, heat fluxes, energy radiation, solar collector, nuclear energy
Cuvinte cheie: energie solară, tipuri de energii regenerabile, istoric, fluxuri termice, radiaţii energetice, colector solar, energie nucleară

1. Generalităţi privind energia

Un subiect prioritar, chiar crucial, al preocupărilor mondiale din ultimii ani, de a cărei soluţionare depinde menţinerea, dezvoltarea și

progresul civilizaţiei noastre îl constituie asigurarea cu energia necesară dezvoltării activităţilor de bază. Majoritatea activităţilor umane, mărimea, volumul și calitatea bunurilor şi serviciilor disponibile omenirii, sunt dependente de energie, de capacitatea unui sistem de corpuri de a efectua un lucru mecanic (sau echivalente ale acestuia). Energia are un rol central în existența omenirii, fiind resursa cea mai importantă, vitală.

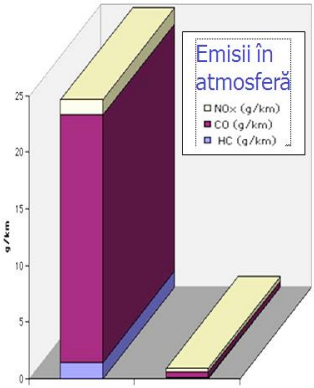


Fig. 1 Repartiția emisiilor în atmosferă

În ultimul secol, folosirea energiei din combustibili fosili (petrol, gaz, cărbuni), a avut efecte dezastruoase asupra mediului, mai mari decât orice activitate umană din istorie: acumularea de gaze nocive în atmosferă, ceea ce a declanşat procese (poate ireversibile), precum subţierea stratului de ozon, încălzirea globală etc. – vezi figura 1. De aceea, pentru lumea de azi, utilizarea unor surse alternative de energie, devine tot mai importantă. Să ne gândim că aproximativ o treime din petrolul[1] folosit pe planetă este folosit la mașini, camioane, autobuze și alte vehicule. În acest caz există două soluții paralele care trebuie aplicate: 1. Reducerea consumului de energie de proveniență fosilă specific fiecărui locuitor de pe planetă, a fiecărui stat, și în final pe plan mondial. 2. Dezvoltarea tehnologiilor de captare, producere și utilizare a energiilor regenerabile.

Un raport al Agenției Internaționale pentru Energie, citat de Mediafax precizează că la nivel mondial, combustibilii fosili vor rămâne cea mai importantă sursă de energie a omenirii până în 2030. Potrivit Agenției, până în 2030, cărbunele va acoperi cererea de energie în proporție de 84 %. Statele care vor consuma cărbune în cantități uriașe vor fi India și China. Combustibilii mai puțin poluanți decât cărbunele nu vor fi la fel de solicitați. De pildă, ponderea gazelor naturale va crește, ca grad de utilizare la nivel mondial, de la 21 % la 22 %. Energia nucleară, care nu generează emisii de dioxid de carbon, va fi folosită și mai puțin, reprezentând doar 5 % din cererea globală [1, 2].

---

[1] Trei linguri mari pline de petrol pur sunt echivalente cu energia a opt ore de muncă umană manuală, iar un rezervor plin de mașină înseamnă o energie egală cu aproximativ 2 ani de muncă umană ! Să reținem că între anul 2000 și începutul anului 2005, importurile zilnice de petrol ale Chinei au crescut cu 140 %, iar pentru următorii 15 ani se estimează că cererea totală de energie a țării se va dubla.

În momentul de faţă, în lume operează peste 440 de reactoare nucleare, acestea acoperind aproximativ 16 % din producţia mondială de energie electrică. În ceea ce privește Uniunea Europeană, dezvoltarea industriei nucleare pentru obţinerea energiei electrice este importantă, având în vedere că termocentralele depind de importurile din Rusia, petrolul este tot mai puţin şi, prin urmare, tot mai scump, hidroenergia nu poate asigura necesarul energetic, iar turbinele eoliene încă nu sunt recunoscute ca reprezentând o soluţie viabilă nici măcar pentru ţările cu un climat propice dezvoltării unei astfel de surse. Centralele nucleare asigură, în momentul acesta, 15 % din energia consumată în spaţiul comunitar. Uniunea Europeană deţine un total de 145 de unităţi nucleare. Între acestea, Franţa este campioană, acolo operând 59 de reactoare. În urmă cu trei decenii, guvernul francez a lansat cel mai amplu program nuclear din lume, ca răspuns la criza petrolului din 1973. După 30 de ani, Franţa şi-a redus consumul de combustibil fosil cu peste 10 %. În Marea Britanie, însă, operează 23 de reactoare, în Germania - 17, iar în Spania - 24. Încă 350 de reactoare nucleare s-ar putea deschide în toată lumea, cele mai multe dintre țările industrializate sau în curs de dezvoltare susținând în continuare energia atomică, în ciuda dezastrului de la Fukushima din martie 2011 (Accidentul nuclear de la Fukushima-Daiichi a avut loc la data de 11 martie 2011 la centrala electrică atomică Fukushima din Japonia, care constă din 4 reactoare nucleare, ca urmare a cutremurului din nord-estul țării, urmat de un tsunami de mari proporții. La 12 aprilie 2011 autoritățile japoneze au mărit clasificarea accidentului nuclear de la Fukushima de la nivelul 5 la nivelul 7, nivelul maxim pe scara accidentelor nucleare [1, 2]. Nivelul 7 a fost și nivelul declarat la accidentul nuclear de la Cernobîl în 1986). Până în 2030, sunt anunțate că vor fi construite cel puțin 90 de reactoare nucleare și numărul lor poate ajunge la 350 (din statistica Agenției Internaționale pentru Energie Atomică), energia nucleară rămânând o ramură importantă pentru Statele Unite și statele europene dezvoltate.

Funcție de faptul că urmează sau nu un ciclu, energia se clasifică în: ● energie neregenerabilă, care este energia obţinută din resurse epuizabile, cum sunt considerați combustibilii fosili şi cei nucleari; ● energie regenerabilă, prin care se înţelege energia obţinută de la Soare, energie considerată inepuizabilă, sub formă de energie electrică (conversie directă), termică (încălzire directă), hidraulică, energia valurilor, eoliană, sau cea provenită din biomasă.

În prezent, purtătorii fosili de energie constituie combustibilii economiei mondiale, omenirea fiind orientată spre utilizarea unei energii abundente la un preţ relativ scăzut. Dar, utilizarea cărbunelui,

ţiţeiului/petrolului, gazului şi uraniului este o transformare şi totodată o distrugere a resurselor, cu efecte catastrofale asupra omului şi a mediului.

Sursele alternative, precum soarele, vântul, hidroenergia, energia valurilor, energia geotermală, bioenergia (biocombustibili, reziduuri animale), biogaz-biomasă-biodiesel, hidrogenul, pilele de combustibil, generatoarele magneto-hidrodinamice, practic nu se consumă, numindu-se energii regenerabile (surse alternative sau neconvenţionale). Produc emisii mult mai puţine, reduc poluarea chimică, termică, radioactivă şi sunt disponibile, teoretic oriunde pe glob. Figura 2 prezintă tipurile de energii regenerabile.

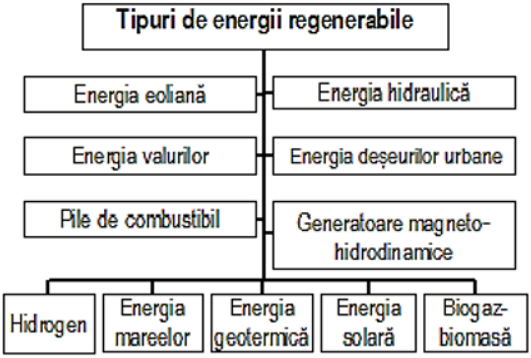


Fig. 2 Tipurile de energii regenerabile

Trebuie să folosim din timp unul din avantajele globalizării și să devenim conștienți că unica șansă de supraviețuire este utilizarea energiilor regenerabile, a căror potențial este foarte mare. Recentul studiu al PricewaterhouseCoopers LLP arată că da. Europa și alte regiuni ale lumii au ajuns la o răscruce, acum când avem șansa și capacitatea de a obține energie regenerabilă la scară largă. Utilizând energie solară, hidro, biomasă sau eoliană, Europa ar putea crea surse de alimentare cu energie 100 % regenerabilă până în 2050, dacă această idee e susținută de o piață unică de energie europeană, corelată cu o piață similară în Africa de Nord. Studiul, realizat de experţi în energie şi schimbări climatice din partea PricewaterhouseCoopers, în colaborare cu cercetători de la Institutul Potsdam de Cercetare a Impactului Climatic, Institutul International pentru Analiza Aplicată de Sisteme şi Forumul Climatic European, a stat la baza elaborării primul ghid în vederea atingerii obiectivului stabilit pentru anul 2050, de a avea un sector energetic 100 % regenerabil în Europa şi Africa de Nord.

Principalele motive pentru obținerea și utilizarea noilor surse de energii regenerabile sunt următoarele: ● evitarea modificării climei globale; ● temporizarea consumului exagerat de energie fosilă; ● prelungirea perioadei de exploatare a rezervelor mondiale epuizabile de

energie fosilă. Să punctăm și principalele cauze care duc la modificarea climei globale, care sunt: ▪ arderea carburanților fosili; ▪ emanația de bioxid de carbon, a cărei concentrație în atmosferă a devenit periculoasă; ▪ bioxidul de carbon este un gaz care contribuie substanțial la efectul de seră; ▪ amplificarea efectului de seră va conduce la creșterea tempe-raturii globale medii a mediului înconjurător, cu efecte multiple, încă neprevăzute.

La nivelul României, tabelul 1 prezintă potențialul surselor regenerabile de energie (solară, eoliană, hidro, biomasă și biogaz și energia geotermală). Pe ansamblu, situația energetică a României, comportă reabilitarea întregului sistem energetic.

Tabelul 1

Sursă	Potențial anual	Aplicație
Energie solară	60 PJ 1,2 TWh	Energie termică Energie electrică
Energie eoliană	23 TWh	Energie electrică
Energie hidro, din care sub 10 MW	36 TW 3,6 TWh	Energie electrică
Biomasă și biogaz	318 PJ	Energie termică Energie electrică
Energie geotermală	7 PJ	Energie termică

Sursa: *Strategia energetică a României pentru perioada 2007-2020*

Aproximativ 80 % din grupurile termoenergetice din România sunt instalate în perioada 1970 - 1980, depășindu-și practic durata de viață normată. În ultimii 10-15 ani au fost modernizate și retehnologizate unele centrale termoelectrice cu o capacitate de aproximativ 10 % din puterea instalată. De asemenea, aproximativ 37 % din grupurile hidroenergetice și-au depășit practic durata de viață normată. Potențialul național de economisire de energie este apreciat la 27 – 35 % din resursele energetice primare (10 milioane tep/an), adică un echivalent a 3 miliarde euro. Se apreciază că pentru reabilitarea întregului sistem energetic a României sunt necesare, până în 2020, fonduri totale de peste 31 miliarde de euro !

Un alt exemplu: pilele de combustibil pe bază de hidrogen, care oferă posibilitatea producerii energiei curate. Pila de combustibil este alcătuită dintr-un ansamblu de celule elementare care cuprinde o componentă catodică (cameră alimentată cu aer) şi o componentă anodică (cameră alimentată cu combustibil), separate prin doi electrozi şi un electrolit intermediar solid sau lichid, conform tipului de pilă utilizat. La funcţionarea pilelor de combustibil pe bază de hidrogen randamentul de producere a energiei electrice este 40-60 %. Producerea combinată

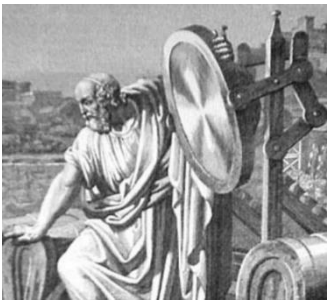
a energiei electrice și termice într-un sistem de cogenerare pe bază de pile de combustibil reprezintă o cale de creştere a eficienţei energetice în sectorul producerii energiei curate. Tehnologia pilei de combustibil se bazează pe principiul conversiei electrochimice directe a energiei, cu alte cuvinte, pilele de combustibil nu sunt asemănătoare cu motoarele termice deoarece nu are loc arderea combustibilului, ci energia chimică a combustibilului este transformată direct în energie electrică, fără etapă intermediară de producţie a energiei mecanice.

Pilele de combustibil sunt similare cu bateriile, deoarece ambele tehnologii produc un curent continuu printr-un proces electrochimic fără ardere directă a unui combustibil. Cu toate acestea, în timp ce o baterie oferă o cantitate finită de energie stocată, pila de combustibil operează indefinit cu condiția ca energia primară, combustibilul să fie furnizat în mod continuu.

2. Energia soarelui

2.1 Scurt istoric al energiei solare

Dintr-un scurt istoric al energiei solare termice aflăm că primele utilizări ale energiei solare, prin captare, sunt legate de antichitate, însorita coastă a Mediteranei fiind sediul unor realizări interesante în domeniul solar[1].

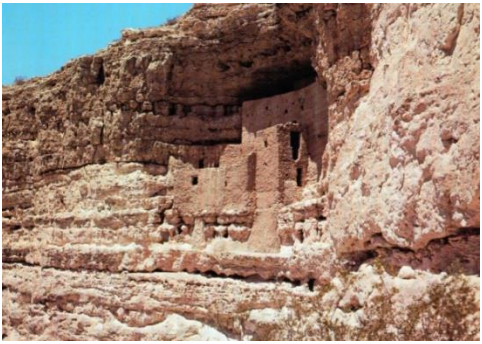


Este suficient să amintim că ”efectul de seră” a fost descoperit şi folosit de vechii egipteni, că Heron din Alexandria a construit un dispozitiv pentru pomparea apei care folosea ca sursă primară energia solară, şi în secolul al III-lea î.Hr., matematicianul grec Arhimede (287-212 î.Hr.) a apărat cetatea Siracuza (Sicilia) de atacuri, cu ajutorul unor oglinzi uriaşe care orientau fasciculele de lumină focalizată spre navele inamice, incendiindu-le. Aceasta-i legenda. Polybius, Plutarch și Pliniu cel Bătrân și câțiva istorici greco-romani susțin că în timpul asediului Syracuzei de către romani, de la 214 la 212 Ante Domini, din timpul celui de Al Doilea Război Punic, Archimede a folosit oglinzi de bronz pentru a concentra lumina Soarelui pe corăbiile de luptă romane și pentru a le da foc [6].

Oglinzile arzătoare sunt menționate și de Lucian din Samosata iar Anthemius din Thralles (474-534), arhitect al catedralei Sfânta Sofia

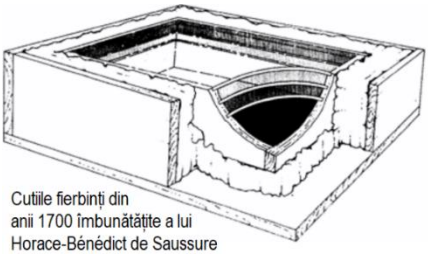
din Constantinopol (citată de către mulți cretini ai epocii Internet drept una din cele mai mărețe moschei musulmane. Președintele Turciei a declarat că "Sfânta Sofia" din Istanbul (Constantinopol), catedrala bizantină transformată în moschee și apoi în muzeu, ar putea redeveni moschee), ne-au relatat că Arhimede a fost foarte familiarizat cu folosirea a numeroase oglinzi. Johannes Tzetzes ne relatează că "...bătrânul (Arhimede) a construit un fel de oglindă hexagonală și ...a transformat în cenușă corăbiile aflate la o aruncătură de săgeată.'' Din păcate, povestea asta are mari șanse să fie doar o legendă. Realizarea ei se lovește de mai multe dificultăți, printre care: - Oglinzile concave pot concentra lumina doar la o anumită distanță (distanța focală), fiind total inofensive dacă ținta se află la o distanță diferită; - Oglinzile vremii, din bronz, au o eficiență redusă; - Nicio armată nu s-ar baza pe o armă atât de capricioasă. Ce te faci dacă e înnorat? Sau dacă adversarul vine la o oră nepotrivită și ai Soarele în spate? Au încercat unii să reproducă această legendă, folosind multe oglinzi plane. Nu au reușit să aprindă nici o barcă de lemn, nici măcar cu oglinzi actuale, mult mai eficiente decât cele de pe vremea lui Arhimede. Și le-a luat minute bune până au reușit să le focalizeze asupra aceluiași punct. Se termina bătălia între timp…

Și America vechilor civilizații a avut construcții remarcabile bazate pe cunoașterea experimentală a fizicii radiației solare. Unul din exemplele cele mai interesante îl reprezintă "castelul lui Montezuma", datat din jurul anului 700 e.n. şi aflat în actuala Arizona. Această construcţie era "climatizată" vara şi iarna, fiind ridicată sub o imensă boltă de stâncă orientată spre sud. Zidul masiv de stâncă o umbrea vara - când Soarele are înălțime mare pe boltă -, iar iarna, înmagazinând căldura, o încălzea prin radiație şi permitea şi razelor solare să ajungă la zidurile ei, deoarece înălțimea Soarelui pe cer este mult mai mică în acest anotimp [1].

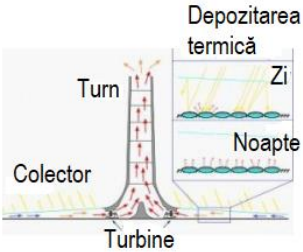


În secolul al XVIII-lea naturalistul Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799), a construit precursorul panoului solar de azi, o cutie simplă de lemn, cu interiorul vopsit în negru şi acoperită cu sticlă. Cu acest prim panou solar s-a atins o temperatură de 87 ^{0}C (1767).

Utilizarea crescută a sticlei în timpul secolului al XVIII-lea a făcut pe mulți oameni conștienți de capacitatea ei de a capta căldură solară. Horace-Bénédict de Saus-sure, unul dintre cei mai importanți naturaliști europeni ai perioadei, a observat că: "este un fapt cunoscut și un fapt care probabil a fost cunoscut de mult timp că o cameră, un cărucior sau orice alt loc este mai fierbinte când razele soarelui trec prin sticlă". Acest om de știință francez-elvețian a fost destul de surprins de faptul că un astfel de fenomen comun nu a dus la nici o cercetare empirică privind temperatura maximă atinsă într-o capcană de căldură din sticlă. Atunci când experimentează energie solară, contemporanii săi preferau să lucreze cu oglinzi arzătoare, care ar putea efectua astfel de fapte uimitoare ca arderea obiectelor la distanță sau topirea celor mai grele metale în câteva secunde.


Cutiile fierbinți din anii 1700 îmbunătățite a lui Horace-Bénédict de Saussure

La mijlocul secolului al XIX-lea francezul Augustin Mouchot (1825-1912) a dezvoltat panoul lui Saussure adăugându-i oglinzi concave, iar în anul 1878 la expoziția mondială din Paris a expus o mașină cu aburi acționată cu energie solară şi a făcut propunere utilizării acesteia pentru generarea de electricitate.



În 1903, colonelul spaniol de artilerie Isidoro Cabanyes (1843-1915), considerat un geniu tehnic al secolului al XIX-lea, printre altele brevetând 250 de invenții, a descris un șemineu solar în revista "La energía eléctrica". Una dintre ideile sale, turnul solar, a fost salvată și acum revoluționează producerea energiilor regenerabile.

Solar Tower Technology combina principiile de a concentra puterea solară și puterea vântului. Aerul de sub un acoperiș circular translucid (numit colector) deschis la periferie este încălzit de radiația solară și dirijat prin tiraj forțat spre baza unui turn foarte înalt, localizat în centru colectorului. La baza turnului se amplasează una sau mai multe turbine de mare randament care vor funcționa datorită curentului de aer fierbinte, care trece cu mare viteză pentru a ieși prin coșul turnului.

O prima realizare practică de prototip s-a pus în funcțiune în 1981-1982 la Manzanares (150 km de Madrid), Spania și a dus la rezultate uluitoare. Proiectul a fost condus de firma Enviro Mission

Limited în colaborare cu inginerul german Schlaich Bergermann, specialist în construcția de turnuri.

2.2 Fluxuri termice

Soarele este o adevărată binecuvântare dacă ne gândim la resursele de energie de care dispune. Razele soarelui care ating pământul ne oferă - în numai o oră - suficientă energie pentru ca toți oamenii să o folosească un an de zile. Zilnic, aproximativ 120.000 de terawati (TW) de putere electrică ne este oferită de soare. Asta în timp ce pe parcursul unui an, lumea folosește doar 15 TW de energie. Cantitatea de energie solară care cade pe suprafața planetei Pământ în timp de un an este aproximativ de două ori mai mare decât întreaga energie care ne stă la dispoziție pe Terra din toate sursele de energie neregenerabile (cărbune, petrol, gaz natural, uraniu) cunoscute. Din păcate, doar o mică parte din energia solară se poate capta, să ne gândim doar că o mare parte este reținută de către oceane, apoi o mare parte se întoarce în spațiu ca și lumina/căldură.

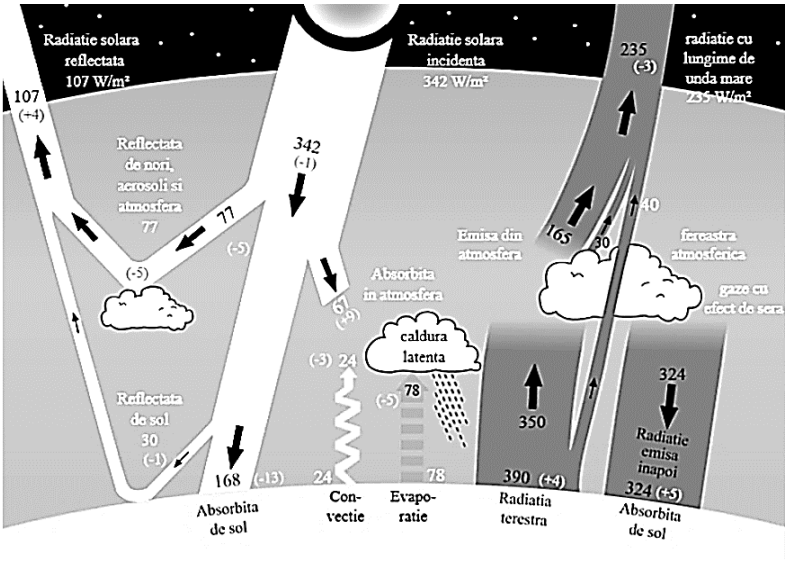


Fig. 3 Fluxurile termice în atmosferă

Energia solară totală absorbită într-un an de zile de atmosfera terestră, mări, oceane și pământ are valoarea de 3.850 ZJ (1 ZettaJoule = 10^{21} Joule). Energia solară se poate utiliza în toate domeniile de activitate şi pentru diferite procese.

Figura 3 prezintă fluxurile termice în atmosferă, în regim stabilizat. Din radiația solară incidentă o parte este reflectată de atmosferă și sol. Restul este reținut în atmosferă sau ajunge pe sol datorită efectului de seră, în acest fel închizându-se bilanțul energetic. Efectul actual al existenței gazelor cu efect de seră (GES) este că temperatura medie a Pământului este cu circa 33 ^{0}C mai mare decât ar fi în lipsa lor, adică este de aproximativ +15 ^{0}C în loc să fie de -18 ^{0}C. În acest sens, efectul de seră este benefic, el asigurând încălzirea suficientă a Pământului pentru a permite dezvoltarea plantelor așa cum le cunoaștem noi azi [2].

BIBLIOGRAFIE

[1] Bejan, M., *Ingineria – artă sau meșteșug,* vol. 4, Editura AGIR, București, 2019 și Editura MEGA, Cluj Napoca, 2019, ISBN 978-973-720-756-2; ISBN 978-606-020-065-9, 980 pagini total, 8 mari capitole, 82 subcapitole, 1024 figuri și fotografii, 24 tabele, 311 surse bibliografice.

[2] Bejan, M., *Ingineria – artă sau meșteșug*, vol. 1, Editura AGIR, București, 2016 și Editura MEGA, Cluj Napoca, 2016, ISBN 978-973-720-620-6; ISBN 978-606-543-817-0, 472 de pagini, 12 mari capitole, 104 subcapitole, peste 250 figuri și fotografii, tabele, o bibliografie impresionantă. Editura: AGIR București - Mega Cluj-Napoca (Diploma și Medalia de Aur - Euroinvent Book Salon, Iași,18 mai 2018; Premiul ASTR 2019, 13 iunie 2019).

[3] Bejan, M., *Energetica nucleară – pro și contra.* Partea I-a, Știință și Inginerie, An XI, vol. 19/2011, Editura AGIR, București, 2011, ISSN 2067-7138, pag. 65-74, 10 pag., 3 fig., 1 tab.

[4] Bejan, M., *Energetica nucleară – pro și contra.* Partea a II-a, Știință și Inginerie, An XI, vol. 19/2011, Editura AGIR, București, 2011, ISSN 2067-7138, pag. 75-84, 10 pag., 4 fig.

[5] * * * colecția *Știință și Inginerie*, 2001-2018, vol. 1-34, editor Bejan, M., Editura AGIR București și Editura MEGA Cluj Napoca.

[6] * * * http://www.astronomy.ro/forum/viewtopic.php?t=11926

Prof.univ.em.Dr.Ing.DHC Mircea BEJAN
Membru de onoare al Academiei de Științe Tehnice din România
e-mail: Mircea.Bejan@rezi.utcluj.ro
Ing. Ioana BĂLAN
membru AGIR, Metz, Franța
Prof. Barbu BEJAN, Paris, Franța
Dr.Ing. Ioan VIDICAN
e-mail: ionvidi@yahoo.com, Cluj Napoca, membru AGIR
Șef lucr. Dr.Ing. Ioan Aurel CHERECHEȘ
Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Prefectul județului Cluj, membru AGIR
e-mail: relu_chereches@yahoo.ro
Dr.Ing. Daniel Gheorghe LAKATOS
e-mail: 'Daniel Lakatos' <lakatosdaniel_2013@yahoo.ro>, membru AGIR