

# Roci comune - Caiet Petrologic

autor: Rusu Mircea Aurel Valer

## Cuprins:

1. Granit 2. Bazalt 3. Andezit 4. Dacit 5. Riolit 6. Diorit 7. Șisturi cristaline 8. Gnais 9. Marmură 10. Gresie 11. Calcar 12. Marnă 13. Dolomită 14. Argilă 15. Bauxită 16. Laterit 17. Fier în bandă 18. Ghips 19. Cărbune 20. Sare 21. Bentonită 22. Diabaz 23. Gabrou 24. Cuarțit 25. Travertin 26. Carbonatit 27. Dunit 28. Serpentină 29. Porfir 30. Pegmatit 31. Sticlă vulcanică 32. Trahit 33. Amfibolit 34. Ardezie 35. Filit 36. Steatit 37. Cretă 38. Șisturi bituminoase 39. Brechie 40. Pietriș 41. Nisip 42. Cenușă vulcanică

## 1. Granit

**COMPOZIȚIE CHIMICĂ:** SiO<sub>2</sub> 72 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 14 %, K<sub>2</sub>O 4 %, Na<sub>2</sub>O 4 %, CaO 2 %, FeO 2 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1 %, MgO 1 %, accidental TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO (valori medii din 2485 analize). Practic este vorba despre o familie întregă de roci vulcanice masive, cu granulație grosieră, formate aproape exclusiv din silicați și oxizi metalici, în special oxid de aluminiu. Deoarece răcirea magmei se face lent, în partea superioară a zăcămintului predomină elementele mai ușoare, iar cele grele se acumulează la bază, ceea ce face ca analiza chimică în eșantioanele de la bază să fie diferită de cea din cele superioare. Componentul principal este dioxidul de siliciu, provenit din sticlă vulcanică, silicați sau cuarț. Dioxidul de siliciu este practic insolubil în apă și acizi, cu excepția acidului fluorhidric, cu care reacționează pentru a elibera tetrafluoridul de siliciu gazos (SiF<sub>4</sub>). Dioxidul de siliciu se dizolvă însă în baze și substanțe alcaline.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** cuarț, feldspat, mică. În mod obișnuit cristalele acestor minerale au dimensiuni de câțiva milimetri, adică sunt vizibile cu ochiul liber. Atunci când conțin numeroase cristale mai mari de 1 cm, care se disting din masa amorfă de bază, se utilizează denumirea de textură porfirică, iar rocile se numesc pegmatitice. Aceste cristale mari iau naștere uneori din alte elemente decât cuarț sau mică și pot conține elemente rare, cum sunt litiu, thoriu, uraniu sau plutoniu, cu temperaturi de solidificare mai mici decât masa magmatică. Ca urmare aceste roci pegmatitice sunt căutate de prospectori, în special pentru a identifica cristale valoroase de topaz sau turmalină. Feldspatul este un grup de minerale tectosilicate ce formează 60 % din scoarța terestră, în compoziția cărora intră și metale: sodiu, calciu, potasiu, calciu sau bariu. În compoziția feldspatului pot intra minerale ca: albit, hornblendă, anorthit, anorthoclaz, orthoclaz,

sanidin, microclin, andesin, rutil, labradorit, bytownit. Mica este un grup format din 37 de minerale filosilicate ale căror cristale sunt foi tetraedrice paralele, asemănătoare unui teanc de hârtii. Mica poate avea în compoziție minerale precum: muscovit, paragoniot, biotit, lepidolit, flogopit, zinnwaldit, illit.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este între 2,65 și 2,75 g/cm<sup>3</sup>, porozitatea 0,2-1 %, absorbția apei între 0,2 și 1,2 %, permeabilitate pentru apă 0,01 microDarcy. Prin urmele de uraniu, thoriu, rubidiu și potasiu-40, granitul are radioactivitate naturală, măsurabilă dar nenocivă. Normal uraniul este între 10 și 20 părți la un milion, dar unele zăcăminte pot conține sedimente mult mai bogate în uraniu (în special la baza zăcămintului). Temperatura de topire este între 1215 și 1260 grade Celsius, apropiată de cea a sticlei, iar cuarțul pur se topește în jur de 1670 grade Celsius.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** rezistența la compresiune este foarte mare, cuprinsă între 220 și 280 MPa (betonul are maxim 210 MPa), rezistența la tracțiune este cuprinsă între 20 și 30 MPa (betonul are maxim 2-6 MPa), duritatea Moh 6-7, temperatura de topire este cuprinsă între 1215 și 1260 grade Celsius (2220-2300 F) pentru granitul uscat, dar scade la 650 grade Celsius în prezența apei și a unei presiuni de câteva sute de MPa. Proprietățile mecanice sunt ușor augmentate la temperaturi cuprinse între 25 și 300 de grade Celsius, dar scad progresiv la temperaturi de peste 300 grade Celsius. Proprietățile mecanice scad și în urma unor încărcări ciclice cu sarcină, prin apariția de microfisuri.

**CALITĂȚI:** Blocurile de granit s-au utilizat în construcție din cele mai vechi timpuri, începând cu piramidele faraonilor din Egipt. Rezistența mecanică și fizico-chimică recomandă această rocă pentru orice structuri supuse la forțe mari de compresie: turnuri înalte, poduri, zgârie nori, tuneluri la mare adâncime, piedestal pentru macarale și utilaje mari. Până în prezent au fost descrise circa 500 de tipuri granitice, cu aspect, preț și proprietăți diferite, iar numărul lor este în continuă creștere. Spărturile granitice se pot utiliza ca balast pentru betoane de foarte bună calitate, utilizate pentru pavarea străzilor, terasament de cale ferată. Nisipul granitic se poate utiliza ca material izolant mecanic, termic sau electric, pentru fabricarea cauciucului sintetic. Pudra granitică se poate utiliza pentru fabricarea vopselelor și lacurilor, substanțe adezive și lianți, semiconductori, pigmenti, strat lucios pentru hârtie cretată. Dioxidul de siliciu este componentul esențial în fabricarea sticlei și a lentilelor, în special a sticlei termorezistente. Granitul sintetic se obține din pudră granitică și din sfărâmături de dimensiuni diferite, legate cu ciment sau lianți. Cu cât presiunea aplicată în timpul coacerii și uscării este mai mare, cu atât proprietățile fizice și mecanice vor fi mai apropiate de cele ale granitului natural. Plăcile granitice astfel obținute au numeroase aplicații: blaturi de bucătărie, acoperișuri, rame pentru uși și ferestre, fântâni arteziene, decor interior, pardoseli, artă monumentală.

**DEFECTE:** Granitul natural din zăcămintele de adâncime este comprimat permanent la presiuni foarte mari. După extracție, ca rezultat al decompresiei, începe să se umfle și să crape spontan, indiferent de granulație sau compoziție chimică. Alte alterări sunt rezultatul interacțiunilor fizice și chimice cu mediul, în special prin acțiunea ploii acide și a razelor solare. Acidul carbonic din apa de ploaie acționează asupra feldspatului printr-un proces de hidroliză, pentru a forma caolinit, illit și bicarbonați. Prin alterare, granitul se sfărâmă asemănător cu betoanele cu granulație mare, pentru a forma pietriș și nisip grunjos. Atunci când alterarea este doar la suprafață, aceasta devine poroasă, friabilă, din loc în loc cu lipsă de substanță, asemănătoare cu travertinul. Atunci când alterarea este de foarte lungă durată, granitul produce foarte mult nisip, din care se dezvoltă soluri acide sau podosoluri. Crăpăturile și fisurile plăcilor din granit se observă mai bine pe fața nelustruită (inferioară). Granitul cu pete mari albe, sau colorate, se crapă mai ușor decât cel granular, deoarece oferă suprafețe de minimă rezistență. Calitatea granitului este inferioară și atunci când prezintă porozități sau chiar găuri de dimensiuni mai mari, asemănătoare cu travertinul. Plăcile pentru decor nu necesită nici un fel de analize, dar blocurile de granit utilizate la baza unor clădiri de proporții este bine să fie analizate fizico-chimic și mecanic, pentru a determina exact sarcina maximă la care pot fi expuse. Praful granitic este puternic de silicogen.

**REMEDII/RESTAURARE:** Dioxidul de siliciu se poate produce în cantități mari din nisipuri bogate în cuarț, dizolvate în soluție de carbonat de potasiu ( $K_2CO_3$ ). Se mai poate produce și pirogen din soluție de tetraclorură de siliciu. Suprafața zidurilor din granit se poate repara, după șlefuire, cu un glet format din pudră granitică și liant transparent, pentru a obține o structură și o culoare cât mai apropiată de cea originală. În loc de ciment se poate utiliza CaO și pigment, aracet sau adeziv epoxidic. Blocurile complet compromise trebuie înlocuite integral, cu blocuri din material similar. Crăpăturile se pot umple cu gel de silicon, sau cu lianți cu reacție slab acidă (cei alcalini dizolvă materialul). Defectele mici se pot repara și cu o spumă de siliciu cu următoarele proprietăți: densitate 2,3 g/cm<sup>3</sup>, punct de topire la 1414 grade Celsius, punct de fierbere la 2900 grade Celsius, porozitate 75-95 %, permeabilitate redusă pentru apă. După lustruire, suprafața dalelor din granit se poate acoperi cu lac epoxidic, transparent, pentru a împiedeca zgîrieturile și petele chimice. Monumentele istorice se pot curăța de licheni și bacterii cu substanțe biocide sau cu laser. Mortarul pe bază de ciment Portland izolează complet circulația aerului grăbind alterarea blocurilor din granit. Meșterii medievali utilizau intenționat mortar poros și chiar lăsau găuri pentru ventilație, sau pentru drenarea apei.

**DESCRIERE:** Denumirea provine de la cuvântul latin GRANUM (grăunțe) și face la referire la structura granulară, asemănătoare cu coliva de grâu. Cristalele de feldspat, cuarț și mică cu dimensiuni de câțiva milimetri sunt consolidate într-o matrice formată din pulbere fină, de culoare ceva mai deschisă. Uneori, unele dintre cristale sunt de dimensiuni mai mari (fenocristale) pentru a forma o textură porfiritică. Atunci când cuarțul lipsește din compoziție, rocile au o culoare maroniu gălbuie mai deschisă, sunt mai friabile și sunt denumite generic GRANITOIDE. În funcție de mineralele din compoziție, rocile granitice pot fi albicioase, roz, gri, sau mai rar în diferite alte culori. Rocile granitice se diferențiază între ele prin procentul de cuarț din compoziție, cuprins în mod normal între 20 % și 60 %. Diagrama QAPF (Quartz, Alkali feldspar, Plagioclase, Feldspathoid) se poate utiliza pentru a subclasifica rocile granitice în: sienitogranitice (feldspat 10-35 %), monzogranitice (feldspat (35-65 %) și granodioritice (feldspat 65-90 %). Granitele cu mai mult de 90 feldspat se numesc feldspaturi alcaline granitice. Granitele cu mai mult de 60 % cuarț se numesc cuarțuri granitice. Atunci când cristalele de mică sunt atât biotitice cât și muscovitice, se spune că sunt granite cu două mici. În funcție de metalele din compoziție, granitele pot fi metaluminoase, atunci când oxizii de aluminiu depășesc suma celorlalți oxizi, sau peralkaline atunci când predomină oxizii de sodiu și potasiu, cum este cazul granitelor ce conțin riebeckit. Când oxizii de aluminiu sunt în exces, cum este cazul granitelor care conțin muscovit, se utilizează denumirea de peraluminoase. Rocile granitice sunt larg răspândite în întreaga scoarță continentală, în special sub forma unor intruziuni din era Precambriană. Tipic formează stratul de la baza unor straturi suprapuse de roci sedimentare. Atunci când sunt expuse la suprafață, în urma eroziunii, rocile granitice formează stâncării și domuri, sau masive compacte. Uneori se întâlnesc și sub forma unor depresiuni circulare, înconjurată de dealuri.

**GENEZĂ:** Granitele se formează din magma bogată în nisipuri silicioase bogate în feldspat. Se crede că se formează la adâncime, la presiuni mari, unde vaporii de apă și temperaturile înalte grăbesc semnificativ procesul de lichefiere. Se formează în special în zonele de subducție a plăcilor tectonice, acolo unde nisipurile oceanice ajung rapid sub crusta continentală. Sedimentele topite formează o magmă intermediară, bogată în silicați, al cărei conținut în siliciu se îmbogățește prin decantare, pe măsură ce se ridică spre straturile superioare ale crustei. Răcirea se face lent, astfel că se produce o cristalizare fracționată a mineralelor din compoziție. Ca rezultat, fierul, calciul și titanul se decantează primele, la temperaturi mai înalte, pentru a crește astfel concentrația magmei în siliciu, aluminiu, sodiu și potasiu. Ca urmare a acestui proces de cristalizare fragmentată, uneori rocile granitice se formează din magmă bazaltică supraîncinsă, care s-a ridicat la suprafață și s-a răcit progresiv formând arhipelaguri insulare (numai vârful insulelor este granitic). Un astfel de exemplu îl formează Insulele South Sandwich din Atlanticul de Sud. Compoziția mineralogică poate oferi unele informații referitor la roca parentală din care s-a format magma granitică. Astfel, rocile metasedimentare vor determina un conținut crescut în feldspat alcalin, în timp ce rocile vulcanice vor determina un conținut crescut în feldspat plagioclaz. Granitele cu origine din roci sedimentare sunt bogate în aluminiu, conțin biotit și muscovit, iar raportul dintre izotopii Sr87/Sr86 este mai mic de 0,708. Granitele cu

origine din roci vulcanice sunt bogate în sodiu și calciu, conțin hornblendă, albit și anorthit, iar raportul dintre izotopii radioactivi ai stronțului este mai mic decât 0,708. Stronțiul 87 este produs prin dezintegrarea Rubidiului 87, despre care se presupune că provine din interiorul mantalei, adică de la adâncimi mai mari decât 400 Km și din roci mai tinere (timpul de înjumătățire pentru Stronțiu este de circa 3000 de ani). Magma granitică are o densitate medie în jur de 2,4 g/cm<sup>3</sup>, mai mică decât densitatea medie a rocilor solidificate (2,8 g/cm<sup>3</sup>), astfel că are tendința să penetreze spre suprafață, în special atunci când stratul de roci este fragmentat sau fisurat. Bulele de magmă fierbinte, se ridică la fel ca bulele de aer în apă, iar presiunea exercitată de gaze contribuie la fracturarea rocilor suprajacent. După răcire, intruziunile magmatice sunt eventual dezvelite la suprafață prin procese de eroziune ce îndepărtează rocile mai friabile. Uneori, magma penetrează spre suprafață mult mai rapid, prin hornuri apărute în urma unor accidente tectonice. La unele dintre zăcămintele se pot observa ambele mecanisme. Atunci când topește rocile situate deasupra sa, acestea recrystalizează în momentul când ajung la baza bulei și contaminează compoziția cu minerale accidentale. Acest proces nu poate fi perpetuat prea mult, deoarece are loc o pierdere semnificativă de energie.

**PRODUSE COMERCIALE:** Granitul se exploatează sub formă de blocuri mari, bolovani, piatră cubică, borduri, spărturi, pietriș și nisip granitic. Se comercializează sub formă de: blocuri pentru monumente funerare, placaj interior și exterior, dale, trepte și contratrepte, nisip antiderapant. Printre obiectele gata finisate se numără: șemineuri, blaturi de băcărie, chiuvete și baterii, pietre de polizor GRANITFLEX, mojar cu pistil, ghivece pentru flori, masă și bancă de grădină, fântână sau cișmea. Nisipul granitic poate fi materie primă și pentru produse derivate, cum sunt gelul sau spuma de siliciu. Cererea pe plan mondial pentru produse pe bază de nano-siliciu este în jur de 3 milioane de tone anual. În masivele granitice, mai ales în pegmatite, se pot găsi cristale de cuarț apreciate ca pietre semiprețioase: ametist (violet), cuarțit (roz), carnelian (roșu), aventurin (verde), agat (zonat), onix (negru).

**DEPOZITE MONDIALE:** Larg răspândit în întreaga crustă continentală, granitul este în mod normal acoperit de straturi groase de roci sedimentare. La suprafață apare mai rar, sub forma unor mase cu dimensiuni mai mici de 100 kilometri pătrați. Câteva locații turistice faimoase unde sunt expuse roci granitice sunt: Parcul Național Yosemite Valley Nevada (USA), Vârful Bugaboos din Munții Purcell British Columbia (Canada), Masivul Mont Blanc din Munții Alpi (Franța), Munții Mourne (Irlanda), Masivul Bregaglia (Elveția), Masivul Karakoram din Munții Kashmir (Pakistan), Munții Anzi din Patagonia (Argentina), Insula Baffin (Canada), Masivul Ogawayama (Japonia), Munții Cairngorms (Scoția), Muntele Sugarloaf (Brazilia). În România, blocuri mari granitice se pot vedea în: Munții Retezat (Peleaga, Vârful Mare până la Baleia), Munții Parâng, (Șușița, Drăgășan și Cărpiniș-Novaci, Munții Țarcu (Muntele Mic), Munții Măcin, Munții Anina, Munții Gilău, Muntele Mare, Munții Poiana Ruscă (grandiorit). În cursul istoriei printre cele mai cunoscute exploatări au fost la: Carrara (Italia), Portland (Anglia), Paros (Grecia). Cariere celebre în Egiptul antic au fost la: Aswan, Gebel al Ahmar, Silsileh, Edfu, Gabal Abu Dukhan. Cea mai mare carieră modernă pentru granit este la Mount Airy, North Carolina, USA, vizibilă din satelit, cam cât 66 de stadioane de fotbal. Alte exemple notabile din USA sunt: California Granite Company Rocklin, Griffith Quarry Penryn California, Aberdeen Quarry Colorado, Branford Connecticut, Stone Mountain Georgia, Franklin Maine, Quincy Massachusetts, Barre Vermont. În Australia Boogardie quarry produce granit orbicular. Carnolly New Brunswick din Canada exploatează granit roz și gri. În Germania un depozit important este în Königshainer Berge, lângă Górlitz în Saxonia. În Anglia importante centre de producție au fost la Dartmoor, Bodmin, St. Austell și Penryn. În China, exploatări renumite sunt la: Juparana, Yanshan, Jiaohe, Macheng, Xiamen, Shandong, Shanxi. Principalele cariere din India sunt la Sivakashi, Chamrajnagar, Ongole, Chennai, Juprana, Bangalore și Madurai. Pentru Africa de Sud cele mai cunoscute tipuri de granit sunt: Rustenburg, Impala, Marikana și Chitipa. Granitul albastru de la Azul Bahia este cel mai renumit produs al Braziliei. Printre marile exploatări din Turcia se află cele de la: Sivrihisar, Kaman, Crema Lal, Bergama, Samsun, Ebruli, Golbasi. Cariere de granit în Federația Rusă sunt la: Sibirsky, Vozrozhdenie, Mavarsky, Karjalan, Kirikovan, Drugaya Reka, Baltiskoye, Yushno Sultayevskiy, Vyantti Karelia. În România, cea mai mare carieră de granit roz și cenușiu se află la Iacobdeal (Tulcea), exploatată industrial începând cu anul 1880. În vecinătate, cariere

mai mici se găsesc la Greci și Turcoaia.

**DIVERSE:** Marea piramidă din Giza (Egipt), conține un imens sarcofag cioplit și șlefuit din granit roșu de Aswan. Cum au reușit anticii să prelucreze un asemenea bloc granitic este greu de imaginat, dar este probabil că au utilizat metode prin abraziune, cu nisip și pietriș granitic. Utilizând blocuri de granit șlefuit, arhitecții Imperiului Roman au construit uimitoare edificii, un exemplu elocvent fiind Apeductul din Segovia, întins pe 15 km, cu două rânduri de arcade, cel mai înalt tronson atingând 28 de metri înălțime. În India, primul templu construit în întregime din granit a fost ridicat la Tanjore, în secolul al XI-lea, pentru maharajahul Rahara Chola.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                          |  |  |
|--------------------------|--|--|
| Read H.H et all          | Meditations on granite   | in Proceedings of the Geologists Association |
| J.S. Myers               | Geology of granite   |  |
| Barbarin Bernard et all  | Genesis of the two main types of peraluminous granitoids                     |  |
| Twidale C.R. et all      | Granite landforms  |  |
| W.S. Pitcher             | The nature and origin of granite   |  |
| P. Mignon                | Granite landscapes of the world  |  |
| Brayley M.C. et all      | History of the Granite Industry of New England                               |  |
| P.K. Gautam et all       | Effect of high temperature on physical and mechanical properties of granite  |  |
| A. Momeni et all         | Effects of cyclic loading on the mechanical properties of granite            |  |
| J.S. Pozo-Antonio et all | Effectiveness of granite cleaning procedures in cultural heritage            |  |
| N. Lundborg              | The strength-size relation of granite  |  |
| RN Schock et all         | Static mechanical properties and shock loading response of granite           |  |
| A Abd Elmoaty            | Mechanical properties and corrosion resistance of concrete with granite dust | M.F.   |
| Andre et all             | Rates of stone recession on Mediaeval monuments                              |  |
| A. Lazaro et all         | Synthesis of Green Nano-Silica Material                                      |  |

## 2. Bazalt

**COMPOZIȚIE CHIMICĂ:** SiO<sub>2</sub> 45-55 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 11-20 %, CaO 6-11 %, MgO 8-19 %, FeO 6-12 %, Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O 0-5 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0-3 %, TiO<sub>2</sub> 0-4 %. Bazaltul este o rocă vulcanică asemănătoare cu granitul, cu un

conținut mult mai redus în cuarț și dioxid de siliciu, dar cu un conținut mai bogat în oxizi metalici de aluminiu, fier și magneziu. Bazaltul alcalin, negru la culoare, porfiritic, conține cantități relativ mari de substanțe alcaline ( $\text{Na}_2\text{O}$  și  $\text{K}_2\text{O}$  până la 5 %) și este relativ nesaturat în siliciu. În zona arcurilor vulcanice situate deasupra zonelor de subducție se formează o varietate de bazalt bogat în oxizi de Aluminiu (peste 17 %). În zonele de subducție situate submarin se formează și o varietate de bazalt bogată în Magneziu, denumită Boninit. Unele zăcămintele pot fi bogate și în europiu, sau alte elemente chimice rare din grupa lanthanidelor. Raportul dintre izotopii radioactivi și cei neradioactivi de Stronțiu, Plumb, Hafniu, Osmiu sau Neodymium este utilizat uneori pentru a estima vechimea zăcămintului. Rocile intermediare, cum sunt andezitele bazaltice conțin procente intermediare de  $\text{SiO}_2$  între bazalt și andezite. Prin alterare chimică intensă (cu oxigen și apă), rocile bazaltice eliberează cationi hidrosolubili de calciu, sodiu și magneziu, având astfel o puternică capacitate de a tampona reacția acidă cu alte roci vulcanice prin formare de săruri neutre. Calciul eliberat fixează  $\text{CO}_2$  atmosferic pentru a forma  $\text{CaCO}_3$ .



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Circa 65 % din compoziție o formează tectosilicații de tip plagioclaz: anorthit, labradorit, andesina, oligoclaz, albit. Cuarțul reprezintă mai puțin de 20 %, iar tectosilicații feldspatoizi reprezintă mai puțin de 10 %: analcim, cancrinit, leucit, nefelină, lazurit, sodalit. Alte minerale prezente pot fi: piroxeni, olivină, magnetit, ulvospinel, ilmenit, cristobalit, apatit, hornblenda, biotit.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este cuprinsă între 2,5 și 3,2  $\text{g/cm}^3$  (2,91 sub formă de pudră), porozitatea este de obicei redusă, între 0,03 și 0,35 %, absorbția apei și permeabilitatea sunt practic nule, se topește la temperaturi cuprinse între 1000 și 1200 grade Celsius. Prezența oxizilor de fier și titaniu în cantități semnificative, în special prin magnetit, determină prezența unei puternice amprente magnetice ce păstrează direcția câmpului magnetic al Pământului din momentul răcirii magmei (magnetizare thermoremanentă). În cazul materialului detritic, cristalele se rearanjează în funcție de câmpul magnetic prezent în momentul depunerii (magnetizare detritică remanentă). Atunci când oxizii metalici sunt eliberați în urma unor reacții chimice, în special în hematit, cristalele se vor orienta în funcție de câmpul magnetic prezent în momentul reacției chimice (magnetizare chimică remanentă).

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** rezistența la compresiune este foarte mare, cuprinsă între 100 și 300 MPa, pentru unele varietăți mai mare decât cea a granitului, duritatea Moh este în jur de 7. Rezistența la tracțiune este însă mai mică, cuprinsă între 10 și 30 MPa. Rezistența la șocuri mecanice este cuprinsă între 7 și 12 % (aparitia de crăpături după 5 lovituri succesive cu un ciocan de 4,5 Kg de la înălțimea de 45 cm), adică este o rocă rezistentă. Rezistența la deformare a fost evaluată între 70 și 210 MPa, după 10 000 de cicluri de încărcare la un stress de gradul 4.

**CALITĂȚI:** Au fost descrise până în prezent peste 700 de tipuri de bazalt cu compoziție și proprietăți mecanice diferite. În general, bazaltul este o rocă tare, durabilă, gri închis sau neagră. Fibrele bazaltice sunt un excelent izolator termic și sonic, sunt impermeabile și absorb șocurile prin deformare plastică. Rezistența

maximă la tracțiune a fibrelor bazaltice artificiale este cuprinsă între 2,9 și 3,1 GPa (față de 0,5 GPa pentru armătura din oțel). Fibrele bazaltice cu diametru de 6-15 mm au o rezistență la tracțiune ceva mai mică, cuprinsă între 500-1300 MPa. Fibrele bazaltice sunt asemănătoare cu fibrele de sticlă și cu fibrele de carbon, dar se obțin la prețuri mult mai mici, doar prin topire și extrudare. Există și fibre bazaltice naturale, sub formă de burete din sticlă vulcanică, denumit sideromelane, format prin răcirea rapidă a lavei supraîncinse. Există și materiale compozite, cum este Basalt Composite Fiber Mix, în care fibrele bazaltice sunt combinate cu fibre de sticlă pentru a crește rezistența la compresiune. Armăturile compozite din fibre bazaltice și polimeri sunt mult mai ușoare decât oțelul și nu ruginesc. Nisipul bazaltic se poate utiliza în grădină pentru a crește fertilitatea solului prin aportul de fosfor, potasiu, calciu, magneziu, fier și zinc, dar și prin proprietățile sale neutralizante. Bazaltul și fibrele bazaltice sunt biodegradabile, nu au potențial cancerigen.

**DEFECTE:** Prin conținutul crescut de oxizi metalici, bazaltul expus la intemperii se alterează mult mai ușor și mai rapid decât granitul. Fragmentarea mecanică este grăbită de granulația mai fină, sau de sticla din compoziție. Mai friabil decât granitul este totuși mult mai tare decât toate rocile sedimentare. Atunci când conține fier în cantități semnificative, în condiții de climat umed se acoperă la suprafață cu o crustă de hematit sau alți oxizi și hidroxizi de fier. Bazaltul bogat în calciu poate suferi procese metamorfice intense pentru a se transforma în montmorillonit, apoi în kaolinit și gipsit. În zonele cu alterare hidrotermală intensă (pe fundul oceanelor în vecinătatea zonelor de subducție), bazalturile pot găzdui depozite importante de metale prețioase (uraniu, aur, cupru), formate prin decantare. Prin alterare completă acest tip de bazalturi se transformă în laterit și bauxită. La adâncimi și temperaturi mari, bazaltul suferă procese metamorfice de tip mecanic (turtire, strivire), pentru a se transforma în șisturi cristaline verzi, amfibolite sau eclogite. În medii acvatice, flora bacteriană poate contribui și ea la procesele de alterare prin specii de bacterii care oxidează fierul și magneziul (de exemplu bazalturile din insulele Hawaii, vulcanul Seamount). Din același considerent, bazaltul nu se utilizează în medii urbane umede (bucătărie, baie, seră). Praful bazaltic este moderat silicogen.

**REMEDI/RESTAURARE:** Zgârieturile și petele de culoare de pe plăcile și dalele din bazalt se pot restaura prin polizare și lustruire, respectiv prin curățare. Prin contact îndelungat cu soluții acide se formează la suprafață un strat de precipitat mineral, dar alterarea nu avansează în profunzime. În timp, ploile acide pot modifica aspectul exterior. Bazaltul este compatibil cu cimentul Portland și se utilizează în mod curent ca agregat în betoane hidrozistente, în proporții de 10 %, 15 %, 20 %, 25 % sau 30 %. Reciproc, cimentul se poate utiliza pentru a lipi fisuri și fracturi, preferabil dacă se folosesc soluții cu reacție neutră. Fibrele bazaltice sunt compuse din piroxeni, olivine și feldspat plagioclaz. Aceleași minerale se pot utiliza și ca liant pentru reparații, în special în cazul obiectelor de artă (statui, decor, amenajări interioare).

**DESCRIERE:** Denumirea provine din limba Latină, de la "basaltes", cu semnificația de piatră foarte tare. Bazaltul este o rocă vulcanică cu granulație foarte fină, formată prin răcirea rapidă a lavei vulcanice în apropiere de suprafața solului. Deși formează aproape 90 % din totalul rocilor din scoarță, magma bazaltică nu este la fel frecventă la suprafață, unde predomină rocile sedimentare. Totuși, geologii au înregistrat în medie 20 de erupții de magmă bazaltică, anual. Bazaltul este cea mai răspândită rocă și în restul corpurilor din Sistemul Solar. A fost identificat cu certitudine pe Lună, pe planetele Marte, Venus și Io și pe asteroidul Vesta. Rocile bazaltice sunt de cele mai multe ori negre la culoare sau gri închis, cu nuanțe spre albastru și verde. Atunci când conțin mult feldspat plagioclaz rocile bazaltice pot fi și deschise la culoare (leucobazalte), greu de diferențiat de andezite. Ca urmare a răcirii rapide, bazaltul conține frecvent vezicule, formate din bule gazoase. Atunci când aceste vezicule sunt extrem de numeroase (aproape de suprafața depozitului) se utilizează termenul de zgură bazaltică (scoria). Morfologia și textura depind de modul în care magma a erupt la suprafață. Atunci când magma erupe direct în aer liber, se depune sub formă de zgură, cenușă sau brezii. Bazaltul din conul vulcanic format prin erupție este de cele mai multe ori vezicular, uneori roșiatic prin conținutul bogat în fier. Atunci când suprafețe mari de lavă se răcesc brusc, forțele de contracție fracturează roca pe verticală li se produc niște coloane bazaltice, predominant de formă hexagonală (ca un fagure de miere) sau poligonală. Dimensiunea acestor coloane depinde de viteza răcirii. Dacă răcirea este foarte rapidă

coloanele sunt de câțiva centimetri în diametru, iar dacă răcirea este lentă coloanele sunt mult mai mari. Atunci când erupția magmei are loc sub apă, la adâncimi mai mici de 500 metri se produc explozii, cu dispersarea materialului piroclastic, iar la adâncimi mai mari de 500 metri au loc curgeri de lavă cu conținut bogat în piatră ponce (pumice). Păturile bazaltice formate prin aceste curgeri la adâncimi mai mari de 500 metri, au grosimi cuprinse între 10 cm și câțiva metri, conținând un material fin granular (Exemplu: Insula Surtsey din Oceanul Atlantic).

**GENEZĂ:** Bazaltul se formează prin decompresia magmei vulcanice în urma unor mișcări tectonice. La mari adâncimi, ca urmare a presiunii foarte mari exercitate de materialul suprajacent, temperatura de topire a rocilor din manta este mult crescută. Atunci când în urma unor mișcări tectonice aceste roci ajung în straturile superioare, ca urmare a decompresiei, punctul de topire scade și se formează magma bazaltică. Un fenomen similar se petrece și în zonele de subducție a plăcilor tectonice, asupra materialului din placa ridicată spre suprafață. În acest caz, punctul de topire scade și prin prezența vaporilor de apă sub presiune, care contribuie la fracturarea rapidă. Majoritatea bazaltului ce formează fundul oceanelor s-a format prin acest mecanism, la adâncimi cuprinse între 50 și 100 de kilometri în interiorul mantalei, fiind bogat în fier și aluminiu. Bazaltul bogat în substanțe alcaline s-a format la adâncimi și mai mari, probabil între 150 și 200 kilometri în interiorul mantalei. Cel mai probabil printre rocile sursă din care s-a format magma bazaltică se numără roci ultramafice, cum sunt peridotitele și piroxenitele.

**PRODUSE COMERCIALE:** Bazaltul se utilizează pe scară largă în construcții, sub formă de blocuri mari, dale și plăci de grosimi diferite, borduri, piatră cubică sau spărturi. Prin încălzire și extrudare se obține vată minerală utilizată ca material izolator. Fibrele bazaltice sunt asemănătoare cu fibrele de sticlă, dar sunt extrem de fine și sunt mult mai ieftine. Se pot utiliza ca atare, sau se combină ca strat izolator în compoziția unor materiale laminate. Fibrele bazaltice cu diametru de 10-20 microni au o rezistență specifică la tracțiune de trei ori mai mare decât oțelul la aceleași dimensiuni. Fibrele mai groase se utilizează pentru țevi și conducte de gaz sau petrol. În combinație cu diferiți lianți sau cu alte tipuri de fibre minerale se obțin materiale compozite. De exemplu, fibrele de sticlă au rezistență mai mare la compresiune, dar sunt casante și au rezistență mică la tracțiune. Tot prin extrudare se pot întinde bare groase din bazalt utilizate ca armătură pentru betoane. Din ce în ce mai mult, armăturile din fibre bazaltice înlocuiesc oțelul din betonul armat.

**DEPOZITE MONDIALE:** Bazaltul este cea mai comună rocă de tip vulcanic, reprezentând aproape 90 % din volumul total al rocilor vulcanice, formând masa principală a crustei plăcilor continentale. Tuff și bazalt piroclastic se observă cel mai bine în Insulele Hawaii (Mauna Loa) sau în Noua Zeelandă (Mount Tarawera). În România, andezit bazaltic se găsește în Munții Bârgăului și la Obcinele Bucovinei (Benea, Sadova). Câteva locații pentru bazalt columnar sunt: Giant's Causeway (Irlanda), Milos (Grecia), Stolbchatiy (Rusia), Munții Rhon (Germania), Scandola (Corsica), Badacsony (Ungaria), Detunata și Racoș (România), Aldeyjarfoss, Litlanesfoss, Stuolagil, Svartifoss și Borgarvirki (Islanda), Staffa (Scoția), Porto Santo (Portugalia), Kayaliklari (Turcia), Devil Postpile (California USA), Devils Tower (Wyoming USA), Mascota River (Mexico), Cape Raoul (Tasmania), Blackhead (Noua Zeelandă), Munții Kavadia (India), Gunung Padang (Indonezia), Hong Kong și Xiaomen (China), Tatami-ishi (Japonia), Tawau (Malaezia), Tuy Hoa (Vietnam). Dintre carierele de bazalt, cele mai apropiate de noi sunt cele din Turcia: Aliaga, Develi, Kayseri, Caltildere, Ergani, Izmir. În România se exploatează bazalt la Racoșu de Jos, Pătârș și Ursău (Arad). În Polonia o carieră importantă este Wilcza Gora, din Piotrowice. În Germania se exploatează bazalt la Hirzstein, lângă Kassel. În China cele mai multe companii pentru exploatare sunt localizate în regiunile Xiamen și Fujian. Bazalt rusesc se extrage la Bazaltoviy, Strzegom, sau Karakan, iar fibre bazaltice ieftine sunt produse de compania Kamenny Vek. În Munții Alpi, câteva dintre exploatări sunt la: Sankt Paul im Lavanttal (Austria), Bosco Lauri, San Giovanni Ilarione, Cattignano, Saint Marco (Italia).

**DIVERSE:** Bazaltul se utilizează pe scară largă în sculptură, în special pentru monumente funerare. Un



exemplu celebru este statuia din secolul al III-lea al erei noastre, denumită Medici Aphrodite. Muzeul Hermitage din Saint Petersburg găzduiește din anul 1929 o statuie egipteană, având ca subiect o zeiță, despre care se crede că ar fi Cleopatra VII, sau Arsinoe (316-270 îen). Un monument celtic poate fi vizitat în Germania, la Hochstein, cu o inscripție din care rezultă că triburile Celților din zonă foloseau Muntele Kalczberg ca loc sfânt pentru sacrificii. Celebrele statui monolitice "moai" din Insula Paștelui, au fost cioplite din bazalt columnar. Cea mai mare dintre acestea are 10 metri înălțime și cântărește 82 de tone, majoritatea statuiilor au însă în jur de 4 metri și cântăresc între 10 și 12 tone.



#### BIBLIOGRAFIE:

Yilmaz Altan	Mechanical Properties of Basalt Aggregates under the repeated loads
De Fazio Piero	Basalt fibra: from earth an ancient material for innovative modern application
Ross Anne	Basalt Fibres: Alternative to Glass ?
N.K. Naik	Woven Fabric Composites
Saravanan D.	Spinning the rocks-basalt fibres
Hooper P.R.	The Columbia River Basalts
Jourdan F. et all	From flood basalts to the inception of oceanization
Mahoney John	Continental Flood Basalts
Walker G.P.L	Basaltic-volcano systems
Vivek Dhand et all	Ashort review on basalt fiber reinforced polymer composites
Supriya Patil et all	Weathering of stone monuments: Damage assessment of basalt and laterite

### 3. Andezit

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 57-63 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 16-18 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2-7 %, MgO 3-6 %, CaO 2-5 %, Na<sub>2</sub>O 2-4 %, K<sub>2</sub>O 1-3 %. Andezitul este o rocă vulcanică cu granulație fină cu conținut intermediar în dioxid de siliciu (între granit și bazalt). Suma totală a oxizilor metalelor alcaline nu trebuie să depășească 6 %, altfel roca se încadrează ca ultramafică. Andezitul bazaltic are un conținut mai redus în dioxid de siliciu, cuprins între 52 și 57 %. Prin oxizii alcalini andezitul reacționează cu soluțiile acide pentru a se dizolva lent, sau pentru a deveni poros. De exemplu, după câteva zile de expunere la acid sulfuric 0,125 M (PH-6),

fenocristalele de plagioclaz se dizolvă primele, slăbind proprietățile mecanice ale rocii. Dacă se asociază și temperaturi de circa 110 grade, se obțin în laborator condiții pentru a evalua alterarea hidrotermală din mediul natural. În apă sărată, andezitul are tendința de expansiune cu fisuri și alterare mai rapidă decât în mediul neutru. În granate se identifică uneori elemente chimice rare, cum sunt Eu și La, sau metale alcaline din primele grupe: K, Rb, Cs, Sr, Ba.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Cel puțin 65 % din compoziție este feldspat, respectiv tectosilicați de tip plagioclaz. Cuarțul reprezintă mai puțin de 20 % din compoziție, iar mineralele felspatoide formează alte 10 % din compoziție. Cele mai comune minerale sunt: andesin, anorthit, piroxen, hornblendă, plagioclaz, oligoclaz, augit, pigeonit, ortopiroxen. Alte minerale din compoziție pot fi: apatit, ilmenit, biotit, magnetit, muscovit, mică, zircon, granate. Tipic andezitele au o textură porfiritică, prin conținutul de fenocristale de feldspat plagioclaz.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea rocilor este cuprinsă între 2,5 și 2,8 g/cm<sup>3</sup>, porozitatea este între 0,5 și 4 %, cu o permeabilitate de 0,01 miliDarcy și absorbție a apei de 1-2 %. Vâscozitatea lavei topite la temperaturi de peste 1200 grade Celsius este de  $3,5 \times 10^6$ . Ca urmare, lava andezitică are potențial exploziv.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** mai slab decât granitul sau bazaltul, andezitul are o rezistență la compresiune este de 60-250 MPa (în medie 130-170 MPa), cu o rezistență la tracțiune de 6-25 MPa și o duritate pe scara Moh în jur de 6 - 7. Rezistența rocii crește cu cât granulația este mai mare sau densitatea rocii este mai mare (prin conținutul în metale grele). La temperaturi cuprinse între 0 și 500 grade Celsius andezitul își păstrează proprietățile mecanice, dar în prezența vaporilor de apă sub presiune, sau la temperaturi cuprinse între 500 și 1000 grade Celsius, fracturarea rocii este accelerată.

**CALITĂȚI:** Andezitul este o rocă cu proprietăți mecanice foarte bune, rezistent la temperaturi ridicate și la presiune, dar este mai puțin rezistent la șocuri. Se utilizează pentru dale și plăci pentru pavaj, deoarece prezintă o aderență mai bună decât bazaltul sau marmura și este rezistent la abraziune. Principala utilizare este însă ca balast pentru betoane și piatră pentru drumuri sau terasament. Blocurile mari se utilizează pentru sculptură și monumente. Prin conținutul bogat în calciu, siliciu și feldspat praful andezitic este un component pozitiv în betoane, unde poate prezenta și activitate pozzolanică (în prezența apei, din hidroxid de calciu se formează silicați de calciu cu proprietăți adezive foarte bune).

**DEFECTE:** Alterarea andezitelor se produce în primul rând prin fisurare și prin oxidarea fierului din fenocristalele de augit și hornblendă, având ca rezultat formarea unor linii de clivaj. Viteza de alterare depinde de factori precum: climatul, umiditatea, salinitatea apei, compoziția mineralogică, expunerea la șocuri mecanice, poluarea. Alterarea este mai rapidă în prezența apei și a soluțiilor acide. În cazul zăcămintelor de suprafață, alterarea este grăbită de prezența solurilor acide (PH 5 - 6,7). Prin alterare, se produce o depleție a principalelor elemente chimice (Si, Al, Ca, și Na) cu modificarea proprietăților fizice și mecanice asociată cu microfracturi și o creștere a porozității (până la 14 % după sute de ani) și respectiv a

permeabilității pentru apă. În climat umed, pe suprafața andezitului se acumulează un strat fin de argilă și oxizi de fier (până la 25 %), urmat de colonizare cu licheni, alge și fungi. Praful de andezit este silicogen.

**REMEDII/RESTAURARE:** Cu un conținut intermediar de dioxid de siliciu, andezitele se comportă nautral față de majoritatea lianților utilizați în construcție și a cimentului cu reacție neutră. Adezivii mai bogați în calciu vor forma un ciment mai puternic. Chiar și praful andezitic pur, amestecat cu apă, poate fi utilizat pentru umplerea porilor și mici reparații de suprafață, dar este preferabil să conțină și CaO în procent de 20-50 %. Pudra de apatită sau aragonit se poate utiliza în loc de CaO. Mortarul bogat în siliciu alcalin provenit din andezit are tendința de a expanda în soluții saturate în NaCl. Pentru a împiedeca alterarea produsă prin apă și CO atmosferic, suprafețele se pot acoperi cu un strat fin impermeabil: lacuri transparente, soluții epoxidice, rezine, mase plastice, vopsele transparente, glanț de stică sau ceramic.

**DESCRIERE:** Denumirea provine de la Munții Anzi ai Americii de Sud, unde a fost descris pentru prima oară. Cu o compoziție chimică asemănătoare cu a bazaltului, dar cu mai puțin siliciu și o granulație mai fină dată de feldspatul plagioclaz, andezitul este o rocă mai friabilă decât granitul sau bazaltul, dar totuși foarte rezistentă prin comparație cu rocile sedimentare. Se găsește în cantități mari în scoarța Pământului, în special în zonele cu activitate vulcanică din vecinătatea subducției plăcilor continentale. Numeroase atoluri de origine vulcanică au în compoziție mult andezit. La fel ca bazaltul, andezitul a fost identificat și pe alte planete, în special pe Marte. Expulziile de rocă andezitică sunt de multe ori zgomotoase, cu formare de tuff vulcanic în mase aglomerate. Andezitul este mai frecvent asociat vulcanilor conici, înalți, formați prin scurgeri repetate ale lavei.

**GENEZĂ:** Întreaga linie de demarcație dintre plăcile continentale ce se întâlnesc în Oceanul Pacific a fost denumită "linie andezitică", deoarece face separația dintre rocile bazaltice vechi de pe fundul oceanului și rocile andezitice noi, de origine vulcanică. Andezitul urmărește întreaga regiune de subducție fiind rezultatul magmei formate prin creșterea presiunii asupra plăcii subjacente, urmată de penetrarea straturilor suprajacente și erupția la suprafață, sau subacvatică. În timpul subducției, prin expunere la presiuni și temperaturi ridicate, rocile suferă diverse procese metamorfice. Mineralele hidratate caracteristice pentru fundul oceanului se deshidratează, iar apa eliberată brusc contribuie la microfracturarea și lichefierea rocilor, pentru a forma lava ce se ridică prin toate soluțiile de continuitate apărute în urma mișcărilor tectonice. Inițial magma are o compoziție bazaltică, dar prin răcire progresivă are loc un proces de cristalizare fracționată urmată de creșterea compoziției în silicați (mai ușori). O parte din siliciu provine și din rocile sedimentare topite în calea spre suprafață. Primele cristale care se depun în timpul cristalizării fragmentate sunt cele de olivină și amfiboli, pentru a forma vezicule mafice la baza masei topite. În urma depunerii fierului și a magneziului, lava devine andezitică, iar dacă procesul continuă timp destul de îndelungat, conținutul în silicați crește până spre 80 % pentru a forma o lavă riolitică.

**PRODUSE COMERCIALE:** Andezitul se comercializează sub formă de blocuri mari, bolovani, spărturi, nisip sau pudră fină abrazivă (cu granulație 300 la 3000). Plăcile și dalele din andezit se comercializează la tipodimensiuni, gata polizate și șlefuite. Pentru proiecte publice, se comercializează piatră spartă pentru drumuri și pentru terasamente. Andezitul se mai utilizează și ca materie primă pentru materiale de construcție pe bază de feldspat. Andezitul alterat, sau de calitate inferioară, este un bun agregat în betoane. În amestec cu dolomită, la temperaturi de peste 1100 grade Celsius, se poate obține o magmă bazaltică ce poate fi extrudată în fibre minerale.

**DEPOZITE MONDIALE:** Depozitele de andezit urmăresc întregul "cerc de foc al Pacificului" cuprinzând Anzii Americani, Arhipelagul Aleutin, Peninsula Kamchatka, Insulele Kurile, Japonia, Insulele Mariane, Arhipelagul Palau, Insulele Solomon, Fiji și Tonga, Noua Zeelandă. Câțiva dintre cei mai cunoscuți vulcani cu emisii andezitice sunt: Krakatoa, Montagne Pelee, Popocatepetl, Fuji, Ngauruhoe, Dhasta, Hood, Adams. În România, blocuri masive de andezit se pot observa în munții: Vlădeasa, Bârgăului, Poiana Ruscă, Oaș,

Gutâi și Țibleș. În Rusia se exploatează 21 de depozite de andezit cu o producție anuală de peste 250 milioane de metri cubi, iar Ucraina exploatează în Transcarpatia alte 40 de milioane de metri cubi anual. Exemple de cariere pentru andezit sunt la: Kreimbach-Kaulbach (Germania), Kayseri, Golbasi și Iscehisar (Turcia), Kopasz (Ungaria), Majdan Visoka (Serbia), Rengasjajar, Cigudeg, Bogor (Indonezia), Xiamen, Fujian (China), Pietroasa și Limpedea (România), Gold Hill (Colorado, USA), Hardy Island (British Columbia, Canada)

DIVERSE: Pe insula Agai (Nemrutkale, Turcia) a fost dezvelită o așezare veche de peste 2300 de ani, ale cărei clădiri au fost ridicate exclusiv din blocuri de andezit. Cea mai cunoscută dintre statuile astecilor din Mexic este Coatlique, înaltă de 2,52 metri, păstrată în prezent la Muzeul Național de Antropologie din Mexico City. A fost descoperită în piața centrală a orașului în timpul unor lucrări de canalizare. Cîteva luni mai târziu s-a descoperit celebra Piatră a Soarelui. În India și Indonezia sunt numeroase statui din andezit ale unor divinități precum Budda, Siwa, Doorke, Bhairava, Bodhisa, Majapahit, Goliath. O statuie renumită este și Prajnaparamita din Java, datând din secolul al XIII-lea, dedicată zeiței înțelepciunii transcendente, înaltă de 126 cm.



#### BIBLIOGRAFIE:

- J. Farquharson et all Acid-Induced Dissolution of Andesite: Evolution of Permeability and Strength  
 Jiann-Neng Fang et all Hydrothermal Alteration of Andesite in Acid Solutions  
 Yuichiro Kawabata Petrological study on evaluation of Alkali-Silica reactivity of Andesite  
 Metin Ozdogan Physical and Mechanical Properties of Cubuk Andesite  
 Zhi Li et all Physical and Mechanical Properties of Thermally Cracked Andesite  
 Wojciech Szymansky Andesite weathering and soil formation in a moderately humid climate  
 Caglayan Kaplan et all Weathering of andesite monuments in archaeological sites  
 Sh. M. Niyazovara et all Physicochemical Properties of Andesitic Basalt Mineral Fibres

## 4. Dacit

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 63-68 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 14-16 %, FeO 2-8 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1-3 %, CaO 4-8 %, Na<sub>2</sub>O

2-5 %, K<sub>2</sub>O 1-2 %. Dacitul are o compoziție chimică asemănătoare cu granitul, dar este ceva mai sărac în siliciu, însă este mai bogat în siliciu decât bazaltul. Magma dacitică mai poate conține și vapori de apă, CO<sub>2</sub> și SO<sub>2</sub>, responsabili pentru porozitate. Prin conținutul crescut în siliciu reacționează cu cimenturile alcaline și nu face priză bună. Mai poate conține: Ti, Mg, Mn, P.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Principalele minerale din compoziție sunt cuarțul (20-60 %) și feldspatul plagioclaz (40-65 %). Alte minerale comune din compoziție sunt: biotit, hornblendă, augit, piroxeni, sanidin, magnetit, ilmenit, sticlă naturală. Granulația rocii fiind extrem de fină, identificarea optică a mineralelor din compoziție este de cele mai multe ori imposibilă, fiind nevoie de microscop și reactanți chimici. În cadrul clasificării TAS (Total Alkali Silica), dacitul este în sectorul rocilor cu conținut foarte mare de siliciu (O3), raportat la metalele alcaline din compoziție.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este cuprinsă între 2,3 și 2,66 g/cm<sup>3</sup>, cu o porozitate între 3 și 12 %, permeabilitate pentru apă de 0,01 microDarcy și absorbție a apei cuprinsă între 0,1 și 0,7 %. Punctul de topire al rocii din magma extruzivă este situat undeva între 1000 și 1100 grade Celsius, dar în unele erupții poate fi chiar mai mare decât 1200 de grade Celsius. Când conținutul în cuarț este foarte crescut, temperatura de topire poate crește până la 1400-1500 de grade Celsius. Nu conține izotopi radioactivi și nu are proprietăți magnetice, dar poate adăposti depozite semnificative de plumb, semn că este o rocă foarte veche. Vâscozitatea magmei dacitice este în jur de 10 E+7 Pa s.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Dacitul este o rocă tare, dar mai slabă decât granitul, cu o rezistență la compresiune cuprinsă între 130 și 190 MPa, și o rezistență la tracțiune cuprinsă între 13 și 19 MPa. Dacitul alterat, cu porozitate crescută, se fracturează însă începând de la compresiile de 5 MPa. Duritatea Moh este în jur de 7, apropiată de cea a cuarțului, rezistă la șocuri mai bine decât andezitul, spărtura fiind concoală. Porozitatea relativ mare asociată cu granulația extrem de fină, determină ca roca să fie friabilă, mai puțin rezistentă la șocuri decât granitul. De cele mai multe ori are textură fină, microcristalină, dar există și roci porfirice cu fenocristale de cuarț, sanidin sau augit.

**CALITĂȚI:** Dacitul este o rocă tare, durabilă, rezistentă la apă și soluții slab acide, rezistă bine la zgârieturi și la acțiunea factorilor naturali de eroziune. Practic este un granit de calitate ceva mai scăzută. Este utilizat și ca piatră decorativă, dar mai ales ca piatră pentru construcții și ca balast în compoziția betoanelor. Dacitul de bună calitate, cum este cel de la Poiana Stampei se utilizează pentru drumuri. Fiind rezistent la temperaturi înalte, fără să se crape, este utilizat pentru hornuri sau șemineuri.

**DEFECTE:** Deși este o rocă cristalină, din clasa granitului și riolitelor, dacitul nu este la fel de aspectuos pe secțiune, motiv pentru care este rareori utilizat ca piatră decorativă. Nu se cunosc nici statui sau opere monumentale cioplite în dacit. Fiind roci foarte vechi, cele expuse la suprafață sunt puternic alterate, iar prin alterare crește porozitatea și conținutul în siliciu, devenind astfel și mai friabile. Prin fracturare intensă, rocile devin inițial brecioase, apoi se transformă în gresii. În dacitul alterat au fost identificate și urme de sulf. În

prezența apei de mare, prin alterare hidrotermală se formează substanțe ionice având ca rezultat o conductivitate electrică crescută (până la 0,3 S/m).

**REMEDII/RESTAURARE:** La fel ca granitul, dacitul reacționează cu soluțiile puternic alcaline și cu cimentul cu reacție alcalină pentru a forma săruri. Când se lipsesc fragmente de dacit se vor prefera lianții cu reacție neutră, sau chiar ușor acidă. În prezența apei, CaO, Na<sub>2</sub>O și K<sub>2</sub>O formează hidroxizi, cu formare de pori și alterarea suprafeței. Dacă se utilizează dacit pentru blaturi de bucătărie, suprafața de lucru poate fi acoperită cu un strat ceramic, cu un glanț de stucică sau porțelan (ca pentru gresia artificială). Același lut ceramic, urmat de uscare în cuptor se poate utiliza și pentru reparații. Dacitul se poate lustrui cu praf din același material, sau cu praf bazaltic. Tăierea se poate face cu corindon.

**DESCRIERE:** Denumirea de dacit provine de la provincia Dacia din fostul Imperiu Roman. Termenul de dacit a fost utilizat pentru prima dată în literatura de specialitate de geologul austriac Franz Ritter von Hauer, în lucrarea sa Geologie Siebenburgens. Rocile sunt de obicei de culoare gri cenușiu, cu nuanțe de albăstrui până la brun, dar au fost descrise și roci albe-cenușii, negre sau ușor roșietice, cu un luciu vitros. Granulația cristalelor din compoziție este de obicei foarte fină, dar există și roci cu cristale mai mari cu aspect optic apropiat de andezit sau de riolit. Conținutul crescut în feldspat plagioclaz face ca roca să fie asemănătoare cu un bloc din ciment amestecat cu nisip fin. Se întâlnește în zonele cu erupții vulcanice, în asociație cu andezit sau riolit, de care diferă doar prin compoziție și granulație, ca urmare a cristalizării fracționate. Când are textură porfiritică, granulele vizibile sunt compuse fie din cuarț, fie din hornblendă sau biotit. Masa principală a rocii este însă întotdeauna micro-cristalină, mată, opacă, cenușie, rare ori vitroasă asemănătoare obsidianului.

**GENEZĂ:** Magma dacitică se formează în apropierea zonelor de subducție continentală, asemănător cu granitul, dar din roci mai bogate în feldspat plagioclaz. Frecvent, magma conține gaz din abundență și erupția la suprafață este zgomotoasă, explozivă. Atunci când magma este mai vâscoasă, cu puțin gaz incorporat, poate erupe sub forma unor curgeri lente, formând straturi destul de groase ce se răcesc apoi relativ rapid. O astfel de scurgere de lavă a fost identificată și pe planeta Marte, în vecinătatea vulcanului Styris Major. Dacitul se formează inițial ca rocă intruzivă, închistată între roci sedimentare. Exemple caracteristice de hornuri și pături dacitice plutonice se găsesc în Bulgaria, sau în Montana (SUA). Magma, inițial bazaltică, suferă un proces metamorfic de îmbogățire în silicați ca urmare a alterării hidrotermale, urmată de creșterea conținutului în cuarț și sodiu. Pe măsură ce rocile fostului platou oceanic înaintează tot mai mult sub placa subjacentă, suferă un proces de deshidratare, iar mineralele precum talcul, serpentinitul, mica și amfibolii se fragmentează formând o masă topită sodică, cu granulație mult mai fină. Pe măsură ce magma cu densitate mai mică se ridică spre straturile superioare se mai îmbogățește în siliciu din rocile sedimentare topite în cale. Prin răcire, primele care se formează sunt cristalele de feldspat plagioclaz, cuarț și hornblendă.

**PRODUSE COMERCIALE:** Dacitul se comercializează pentru agenții industriali sub formă de blocuri mari, bolovani, spărtură sau praf dacitic. Există plăci și dale pentru pardoseli, dar de calitate mai redusă decât cele din granit sau bazalt. Din praful dacitic se produc pietre de polizor cu granulație foarte fină, sub 0,5 mm. Spuma dacitică din erupțiile piroclastice (piatra ponce), sau cea artificială, au multiple utilizări: balast ușor și material izolator, betoane ușoare, produse horticoale (crește permeabilitatea solului pentru apă ca agent de afânare), filtre minerale, agent abraziv, produse cosmetice. La fel ca andezitul, dacitul amestecat cu dolomită în proporții potrivite, la temperaturi de peste 1100 grade Celsius formează o magmă bazaltică ce poate fi extrudată în fibre minerale.

**DEPOZITE MONDIALE:** Dacitul poate fi identificat în scurgerile de lavă, în domurile vulcanilor recentți, tuburi și hornuri vulcanice sau în resturile de material piroclastic, în special în apropierea zonelor de subducție a plăcilor continentale. Depozite importante de dacit au fost identificate în: Munții Anzi (Columbia, Ecuador), Muntele St. Helens (SUA) Munții Siera Nevada (SUA), Vulcanul Kilauea (Hawai, SUA),

Vulcanul Santorini (Italia), Peninsula Shimabara (Japonia), Muntele Fuji (Japonia), Tarascan (Mexico), Nysiros și Thera (Grecia), Almeyra (Spania), Argyll (Scoția), Munții Urali (Rusia), Kerrawarra (Australia), Taupo (Noua Zeelandă) și Vulcani Cuaternari (British Columbia și Islanda). În România, expunere de roci dacitice se poate observa în munții: Vlădeasa, Bângăului, Oaș, Gutâi, Țibleș. O carieră pentru dacit s-a deschis în anul 1930 la Poieni, pentru drumul de piatră dintre Budapesta și București. În Bosnia, o carieră de dacit este la Likari, lângă Srebenica. În Canada, spumă dacitică se exploatează la Mount Meager, în British Columbia.

DIVERSE: În Montana (SUA), au fost identificate vârfuri de săgeată cioplite din dacit, utilizate de indieni la vânatoare. Muchile nu sunt la fel de ascuțite ca la obsidian, dar în schimb sunt mult mai rezistente. În Mexic, în vecinătatea unor vulcani din regiunea Zacapu, au fost identificate mine de dacit din epoca paleolitică, estimate a fi vechi de 40 000-100 000 de ani, fragmentele ascuțite fiind utilizate ca unelte și arme primitive. Un monument emblematic pentru Romania este statuia lui Decebal de la Cazanele Mici, Porțile de Fier, înaltă de 55 metri. Blocuri din dacit s-au utilizat de către romani pentru zidul castrului de la Tibiscum. În Turcia, cariere antice și locuințe zidite din dacit au fost descoperite la Karakaya lângă Konya. La Kiziloren exista un caravanserai, iar la Eflatun Pinar s-a păstrat un monument al Hitiților, amplasat în jurul unui izvor mineral (s-a folosit andezit, dacit, rioidacit și riolit).



#### BIBLIOGRAFIE:

Esper Larsen	The Temperatures of Magmas in American Mineralogist
Richard Spikings et al	Latest Triassic to Early Cretaceous tectonics of Northern Andes
Eliza Calder et al	Lava Dome Eruptions
S.K. Haldar	Deposits of South America in Platinum-Nickel-Chromium deposits
Shinji Toda et al	The Shimabara Catastrophe
Haraldur Sigurdsson	Volcanology Silicic Magma
Hidekazu Yoshida et al	Concentric Fe-oxyhydroxide bands in dacite cobbles
Camilo Mireles et al	Dacite quarries and workshops in the prehispanic Tarascan Territory, Mexico
Anne Bartetzko et al	Electrical properties of hydrothermal altered dacite
M.J. Heap et al	Mechanical behaviour of dacite from Mount St. Helens (USA)
A.M. Kuperman et al	Physical-mechanical properties of andesite-dacite fibres

## 5. Riolit

**COMPOZIȚIE CHIMICĂ:** SiO<sub>2</sub> 69-77 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 7-15 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1-3 %, Na<sub>2</sub>O 2-4 %, K<sub>2</sub>O 1-6 %, CaO 1-3 %. Prin conținutul foarte crescut în siliciu, riolitul este în mare parte inert față de toți agenții chimici, singurele reacții fiind datorate oxizilor metalici, în principal în contact cu apa, mai ales la temperaturi și presiuni foarte ridicate. Totuși, atunci când conținutul în substanțe alcaline este mare, riolitul poate prezenta proprietăți pozzolanice, cu formarea unui ciment hidrezistent. Reacția radicalilor alcalini are însă un efect nefavorabil asupra cimentului obișnuit, deoarece prin umflare se produc crăpături și fisuri ale betoanelor. Mai poate conține urme de: Ti, Mg, Zr, Ni.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Riolitul este o rocă silicioasă asemănătoare granitului, fiind compus în cea mai mare parte din cuarț (20 până la 60 % din siliciu). Restul de feldspat este în cea mai mare parte feldspat alcalin (35 până la 90 % din feldspat total). Alte minerale prezente sunt: sticlă, biotit, hornblendă, augit, fayalit, andesin, magnetit, ilmenit, piroxeni, sanidin, ortoclaz, anorthoclaz, crisobalit, trymitid. Textura foarte fină, sau uneori sticloasă, face ca mineralele să nu poată fi diferențiate întotdeauna cu ochiul liber, ci doar la microscop sau prin reacții chimice.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** ca urmare a veziculelor de gaz densitatea este cuprinsă între 1,5 și 2,5 g/cm<sup>3</sup>, în funcție de textura rocii (pudra are densitatea cuarțului 2,65 g/cm<sup>3</sup>), în medie, uscat are densitatea de 1,8 g/cm<sup>3</sup>, iar îmbibat cu apă în jur de 2-2,1 g/cm<sup>3</sup>, porozitatea este cuprinsă între 1,5 și 15 % (foarte mare), absorbția apei este între 1 și 4 % cu o permeabilitate pentru apă de 0,1 - 10 microDarcy

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** rezistența la compresiune este cuprinsă între 120 și 240 MPa, iar rezistența la tracțiune este cuprinsă între 12 și 20 MPa atunci când are textura obsidianului, dar când este poros, proprietățile mecanice scad drastic. Într-un depozit, după 40 000 de ani de eroziune rezistența mecanică a scăzut cu 70-90 %. Duritatea este 6 pe scara Moh. Nu are proprietăți electrice sau magnetice, nu conține izotopi ai unor metale grele (s-au decantat în timpul cristalizării fracționate)

**CALITĂȚI:** fiind asemănătoare unui granit de bună calitate, riolitul se poate utiliza ca rocă decorativă, pentru blaturi de bucătărie, plăci de pavaj și dale, sculpturi și decorațiuni interioare. Blocuri de riolit se utilizează și în structura unor construcții pe post de cărămizi, în special la nivelele inferioare, unde compresiunile sunt mari. Spuma riolitică se poate utiliza ca material termoizolant sau ca material abraziv. Resturile și spărturile se pot utiliza ca agregat în betoane sau pentru terasamente. Obsidianul se utilizează și ca piatră semiprețioasă, pentru obiecte artizanale. În epoca neolitică, se produceau numeroase unelte și arme din riolit, asemănătoare celor din obsidian. Prin tratare cu acizi puternici, pudra de riolite poate fi utilizată ca materie primă pentru gel de siliciu sau spumă de siliciu.

**DEFECTE:** Ca urmare a porozității și a permeabilității pentru apă, riolitul se alterează mult mai ușor decât granitul. Apa sărată reacționează cu feldspatul alcalin grăbind și mai mult alterarea. În plus, ciclurile de îngheț-dezgeț fracturează rapid roca în condițiile prezenței apei. Cu cât este mai poros, cu atât este mai



friabil. Obsidianul este și el foarte sensibil la șocuri, se sparge la fel ca sticla de slabă calitate.

**REMEDII/RESTAURARE:** Riolitul poros este mult mai vulnerabil decât granitul la acțiunea factorilor de eroziune. Sub acțiunea apei, în special a apei sărate, porozitatea crește mult mai mult iar microfracturile sunt regulă. Suprafața uzată se poate poliza, dar pentru a crește rezistența rocii, este bine să fie uscată și apoi tratată cu lacuri, polimeri sau adezivi care închid complet porii, de exemplu cu polimetil acrilat. La fel ca pentru dacit, suprafața se poate acoperi cu un glanț de sticlă. Riolitul prezintă o bună compatibilitate cu mineralele utilizate în producția porțelanului (albit, magnezit, argile fine) deci poate fi restaurat prin tratarea suprafeței cu pastă de porțelan, coacere, urmată de polizare și lustruire.

**DESCRIERE:** Denumirea a fost propusă în anul 1860 de geologul german Ferdinand von Richthofen, pornind de la sufixul "rhyax" (flux de lavă), pentru a desemna curgerea lavei ca un râu. Magma riolitică erupe cu o temperatură cuprinsă între 800 și 1000 de grade Celsius, semnificativ mai mică decât magma bazaltică (1100-1200 grade Celsius). Textura depinde de viteza cu care se solidifică. Dacă se solidifică rapid formează cristale vitroase mari, denumite obsidian, iar dacă se răcește mai lent formează cristale mai mici, agregate apoi în formațiuni foliare, sferulitice, nodulare sau lenticulare. Uneori, riolitele formează o spumă înalt veziculară denumită pumice (piatră ponce). Culoarea începe de la gri deschis și merge spre roz roșietic, în funcție de oxizii de fier și aluminiu. Mai poate fi și albicios, cenușiu sau negru. Atunci când cristalele sunt mari, vizibile cu ochiul liber se spune că textura este porfiritică. Granitul se deosebește de riolit prin granulația mare (în bob de orez) și absența porozității, iar bazaltul este mult mai închis la culoare și mai dens. Procentul de microcristale din matrice se poate estima doar microscopic.

**GENEZĂ:** Riolitul se produce din magma granitică, în special în zonele de subducție a plăcilor continentale, cu diferența că răcirea se produce ceva mai lent și are loc o îmbogățire în siliciu și minerale mai ușoare. Practic, magma riolitică este asemănătoare cu sticla topită, cu sau fără vezicule gazoase. Ca urmare a gazelor produse și a vâscozității foarte înalte, erupțiile sunt de multe ori explozive, mai frecvent asociate cu roci piroclastice decât cu o curgere laminară. În domurile vulcanice, riolitele apar și sub formă de breccii, generate de rocile înglobate înainte de răcirea completă. Frecvent depozitele se asociază cu cele de andezite și dacite, formate tot prin cristalizare fracționată a unei magme inițial bazaltice. Atunci când magma riolitică se răcește mai brusc, se produce tuff vulcanic și obsidian (sticlă vulcanică). Erupțiile de lavă granitică sunt rare, ultimele înregistrate fiind cele de la Vulcanul St. Andrew din Papua Noua Guinee, Vulcanul Novarupta din Alaska și Vulcanul Chaiten din Chile.

**PRODUSE COMERCIALE:** riolitul se comercializează sub formă de blocuri de rocă, bolovani, spărtură, plăci și dale la diferite tip-dimensiuni. Pudra de riolit se utilizează și ca agent de flux în producția dalelor din porțelan.

**DEPOZITE MONDIALE:** În Europa depozite de riolite sunt la: Bolzano (Italia), Moixero (Spania), Torfajokull și Leirhnjúkur (Islanda), Copper Coast (Irlanda), Snowdonia (Țara Galilor), Rotliegendes, Donnersberg (Germania), Tokay (Ungaria), Vlădeasa, Techereu (România). În America de Nord riolite sunt la: Cascade Range (Canada), Rocky Mountains (USA), Sierra Nevada (Mexic și Guatemala). Vulcanul Taupo din Noua Zeelandă și regiunea Gondwana Rain Forests din Australia sunt acoperite de o floră specifică riolitelor. În Asia cele mai mari depozite sunt la: Malani Rajahstan (India) și Munții Yandang Shan (Zhejiang, China).

**DIVERSE:** O stațiune celebră pentru riolite se află în Cappadocia, Turcia, unde factorii de eroziune hidro-eolieni au produs o întreagă varietate de sculpturi naturale, la care s-au adăugat cele produse prin intervenția omului. Obsidianul a fost un material extrem de apreciat în America Centrală, atât pentru uneltele și armele folosite în viața de zi cu zi, cât și pentru diferitele tradiții rituale. Principala sursă erau vulcanii din Masivul Sierra Nevada. Cele mai multe obiecte produse erau lame de cuțit și vârfuri de săgeată, dar au fost

găsite și numeroase statuete sau amulete. Obiecte paleolitice din obsidian au fost identificate și în Armenia, în vecinătatea unui vulcan stins din Munții Arteni. Dincolo de Cercul Polar, cuțite din obsidian utilizate de eschimoși au fost găsite în Rusia, la Chukotka. Practic, distribuția lor acoperă întreaga suprafață a Pământului, cu concentrări în zonele vulcanice.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| Vahiddin Baki et all      | Pozzolanic properties of trachyte and rhyolite                |
| A. Torok, M. Galos et all | Experimental Weathering of Rhyolite Tuff Building Stones      |
| N. Bagdassarov et all     | Thermal properties of vesicular rhyolite                      |
| Irving Friedman et all    | Viscosity and water content of rhyolite glass                 |
| A. Kara et all            | Use of rhyolite as flux in porcelain tile production          |
| C.T. Oguchi et all        | Weathering rate over 40 000 years of porous rhyolite          |
| J.E. Ericson et all       | Chemical and physical properties of obsidian                  |
| Catherine Kuzucuoglu      | Geology and geomorphology of the Cappadocia volcanic Province |

## 6. Diorit

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 52-65 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 14-16 %, CaO 5-11 %, FeO 6-12 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3 %, MgO 4-10 %, Na<sub>2</sub>O 2-7 %. Dioritul este o rocă înrudită cu granitul, cu un conținut moderat în siliciu și scăzut în metale alcaline (Na,K), în schimb bogat în oxizi de calciu, fier și magneziu. Prin expunere la suprafața pământului, sau în contact cu apa freatică, mineralele mafice reacționează intens cu apa formând hidroxizi, crescând porozitatea rocii și permeabilitatea pentru apă. Mai poate conține urme de: K, Rb, Y, Cr, Sc, V.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Masa principală (65 %) este formată din feldspat plagioclaz (andesina, biotit, hornblendă, piroxeni), la care se adaugă cuarțul (mai puțin de 20 %). Alți 20-35 % din compoziție o formează mineralele mafice (bogate în Ca, Fe, Mg), cum sunt: olivină, apatit, magnetit, ilmenit, titanit. Alte minerale prezente în compoziție pot fi: microclin, zircon, sulfide.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** Prin metalele din compoziție, dioritul are densitate mai mare decât granitul, cu o medie cuprinsă între 2,6 și 3,0 g/cm<sup>3</sup>, porozitatea este cuprinsă între 0,1 și 2 %, absorbția apei este de 0,3-1,3 % cu o permeabilitate pentru apă de 0,01 microDarcy.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Dioritul este o rocă foarte tare, rezistentă la compresiune până la 200-270 MPa, rezistentă la tracțiune până la 20-27 MPa. Duritatea pe scara Moh este în jur de 7. În condiții de laborator, mostrele de diorit au prezentat o rezistență la stress invers proporțională cu dimensiunile mostrei, începând de la 990 psi pentru probele înalte de 270 cm și mergând până la 10 000 psi pentru probele înalte de 60 cm. Dioritul nu se dilată și nici nu se deformează înainte de a se rupe. Stressul maxim atins în laborator a fost de 27 700 psi. Rezistența mecanică a scăzut semnificativ dacă probele au fost menținute timp de 5-50 zile scufundate în soluții slab acide.

**CALITĂȚI:** Dioritul este o rocă foarte tare cu care se poate prelucra chiar și granitul. Se utilizează atât în construcții cât și ca rocă ornamentală. Se taie în plăci, blaturi și dale, cuburi și borduri sau blocuri mari fasonate, denumite ashlar. Spărtura și resturile de rocă alterată se utilizează pentru drumuri sau ca agregat și balast în betoane. Praful și pudra se pot utiliza ca material abraziv. În epoca pietrei șlefuite, dioritul se afla în topul listei pentru producția de unelte și scule. Dioritul poate fi lustruit tot cu praf de diorit, pentru a obține pietre ornamentale, bijuterii, obiecte de decor interior.

**DEFECTE:** În prezența apei, oxizii de calciu și magneziu se hidratează cu expandare de volum și alterare prematură a rocii. Amestecate cu ciment simplu, rocile din agregat au tendința de a se expanda, producând fisuri și fracturi. Aceste forțe pot fi însă valorificate pozitiv în cazul betoanelor precomprimate, dacă uscarea de face sub presiune. Nativ dioritul este situat în adâncime, în pături și hornuri, dar imediat ce este expus la suprafață încep procesele de alterare hidro-eoliană. Rezistența proverbială a dioritului a fost etichetată doar în țări calde, cu climat deșertic, precum Egiptul sau Persia. Praful este silicogen.

**REMEDII/RESTAURARE:** Suprafața zgâriată sau pătată se poate corecta prin șlefuire. Fracturile și fisurile se pot repara cu ciment alb amestecat cu praf de diorit, sau cu un amestec de minerale din compoziție (biotit, hornblendă) și oxid de calciu (25-30 %). Suprafețele expuse la apa și soluții slab acide este bine să fie protejate cu un lac transparent (epoxidic, polimeric, plastic). Un adeziv foarte bun se obține prin amestecarea prafului dioritic, în părți egale, cu compuși epoxidici. Un astfel de liant rezistă termic până la temperaturi de 180 grade Celsius și crește rezistența epoxidului cu 10-48 %. Dalele din diorit pot fi acoperite la suprafață și cu un glanț transparent din sticlă.

**DESCRIERE:** Dioritul este o rocă magmatică plutonică, foarte dură, provenind din straturile adânci ale pământului și răcită lent în subteran. Aparițiile la suprafață se datorează fie eroziunii progresive, fie unor mișcări tectonice. Roca are textură cristalină, cu granule mari de feldspat plagioclaz și cuarț. Diferența principală față de andezit constă în compoziția chimică și în textura sa granulară, față de cea fin granulară a andezitului. Spre deosebire de granit are în compoziție mult mai multe minerale mafice bogate în oxizi metalici (Mg, Fe). În plus dioritul are o porozitate mult mai mare și reacționează mai activ cu apa. Dioritul nealterat are o culoare alb murdar spre cenușiu cu pete închise la culoare de diferite dimensiuni. Clasic se descrie varietatea în "sare și piper", cu granule sferoidale negre de dimensiunea boabelor de piper. Prin alterare, oxizii de fier, aluminiu sau magneziu produc o colorație roșietică, spre brun deschis, sau spre negru, dar există și diorit negru închis (alterat timp de milenii). Spărtura este neregulată, cu aspect lucios.

**GENEZĂ:** Dioritul se formează asemănător granitului, în zonele de subducție a plăcilor continentale, prin topirea parțială a rocilor bogate în minerale mafice. O rocă intermediară între granit și diorit este grandioritul, o rocă intruzivă cu compoziție chimică asemănătoare dioritului și textură granulară asemănătoare granitului. O varietate de roci grandioritice formate în Banat în epoca târzie a Cretacicului, poartă și denumirea de banatite. Magma topită se ridică lent spre suprafață, în pânze sau hornuri (intruziv) și se răcește lent înainte de a erupe la suprafață. Dacă nu întâlnește pânze de apă freatică, alterarea este de cele mai multe ori redusă, iar porozitatea este aproape absentă.

**PRODUSE COMERCIALE:** Dioritul se comercializează sub formă de blocuri mari, bolovani, spărtură, plăci tăiate și dale, piatră cubică, ashlar. Praful de diorit se utilizează ca agregat în combinație cu lacuri epoxidice pentru a crește rezistența la stress a adezivului. Praful dioritit se utilizează uneori și în producția de porțelanuri.

**DEPOZITE MONDIALE:** Depozite importante de diorit se găsesc în Anzii Cordilieri din America de Sud. În Europa, stațiuni pentru diorit sunt la: Leichester și Aberdeenshire (Anglia), Normandia, Masivul Central și Insula Corsica (Franța), Cornwall (Anglia), Hartz Erzgebirge (Germania), Munții Alpi (Italia), Munții Pirinei (Spania). În România, diorit sau grandiorit se exploatează în: Munții Bârgăului, Munții Poiana Ruscă. Alte locații importante: Insula Vancouver (Canada), La Sal Mountains și Sierra Nevada (USA), Darran Range (Noua Zeelandă), Concordia (Africa de Sud), Shizhaigou (China).

**DIVERSE:** Dioritul a fost utilizat de egipteni încă din epoca paleolitică pentru a tăia sau ciopli blocurile de granit utilizate în piramide. Muzeul Louvre găzduiește un bloc din diorit datat pentru anul 1700 îen, având inscripționat celebrul cod de legi al regelui Babilonian Hammurabi. Tot din Mesopotamia provine o statuie închinată zeului Ningishzida, datată pentru anul 2120 îen. Muzeul Vorderasiatisches din Berlin găzduiește un cap de Assirian, sculptat cândva în Epoca Bronzului. Printre numeroasele statui egiptene, se numără cele dedicate zeilor Hathor și Amun. Celebra Roseta Stone, utilizată pentru descifrarea hieroglifelor, este tot un bloc din grandiorit. Coloanele Partenonului din Roma sunt și ele din grandiorit.



**BIBLIOGRAFIE:**

- Brunelli et all            Origin of oceanic ferrodiorites by injection of nelsonitic melts in gabbros  
 Charles Hutchinson    Sempora Peninsula Volcanism  
 Andrew Mitchell        Popa-Loimye Magmatic Arc - Wabo Chaung Formation  
 A. Henk et all            Permian Basins Variscan Internides  
 S.K. Haldar et all        Felsic Intrusive Igneous Rocks  
 H.R. Pratt et all         The effect of specimen size on the mechanical properties of unjointed diorite  
 H. Tian et all            High temperature influence on mechanical properties of diorite  
 A. Bekeshev et all      Development and Analysis of the Mechanical Properties of diorite-epoxy composites  
 S. Xie and W. Wan      Mechanical Damage to the Diorite Caused by Acid Corosion  
 C.A. Morrow            Physical Properties of Two Core Samples, at Coso Geothermal Field

## 7. Şisturi cristaline

**COMPOZIȚIE CHIMICĂ:** SiO<sub>2</sub> 40-95 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2-31 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1-17 %, MgO 0-11 %, CaO 0-24 %, Na<sub>2</sub>O 0-10 %, K<sub>2</sub>O 0-8 %. Compoziția chimică diferă foarte mult în funcție de roca parentală. În mediu acvatic, principalele interacțiuni le suferă sulfatii, carbonații, oxizii de calciu și magneziu. Capacitatea şisturilor de neutralizare a acizilor slabi se datorează calcitului și cloritului din compoziție. Mai poate conține urme de: Mn, Ti, P.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Mai mult de 50 % din compoziție o formează mineralele lamelare: mică, hornblendă, clorit, talc, grafit. Toate cristalele din aceste minerale prezintă o aranjare preferențială într-un anumit plan. Alte minerale comune, dispuse granular sunt: feldspați, azbest, caolin, cuarț, calcit, apatit, turmalină, magnetit, lotrit, amfiboli, cordierit, granați.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie a şisturilor este cuprinsă între 2,5 și 2,9 g/cm<sup>3</sup>, cu porozitate aproape nulă, cuprinsă între 0,04 și 0,5 % și permeabilitate pentru apă practic nulă, cuprinsă între 0,001 și 1 miliDarcy. Duritatea este cuprinsă între 4 și 5 pe scara Moh, în funcție de compoziția chimică.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Fiind roci cristaline, rezistența la compresiune este destul de mare, cuprinsă

între 6 și 100 MPa, în schimb se clivează ușor, rezistența la tracțiune fiind cuprinsă între 4 și 12 MPa.

Textura schistoasă face ca rocile să se spargă ușor, pentru a forma solzi cu grosimea mai mică de 5 până la 10 milimetri. Majoritatea fragmentelor de șisturi cristaline vor fi fragmentate mecanic după 15-20 de kilometri de deplasare în apele unui râu sau fluviu. Rocile cu structură schistică au planuri de clivaj ce reprezintă un semnificativ factor de risc și pentru toate tipurile de lucrări de construcție: tuneluri, poduri, fundații, construcții în pantă. În cursul mișcărilor tectonice, fragmente întregi se munte se pot rupe, pentru a provoca alunecări de teren catastrofale, în special dacă se asociază și interacțiuni hidro-termale. Orice construcție din interiorul sau situată deasupra acestor roci trebuie să aibă în vedere o prospecțiune geologică. În cazul șisturilor, rezultatul acțiunii unei forțe depinde radical de unghiul sub care acționează în raport cu planul de clivaj. Când forța acționează paralel cu planul de clivaj, rezistența rocii scade semnificativ. Atunci când șisturile se utilizează ca material abraziv, unghiul de atac trebuie să fie în jur de 45-55 de grade față de planul de clivaj al rocii. În prezența apei asociată cu cicluri periodice de îngheț-dezghet, porozitatea crește și apar fisuri ce modifică exponențial proprietățile mecanice.

**CALITĂȚI:** Șisturile cristaline pot avea în compoziție toate mineralele prezente în roci, astfel că pot reprezenta o importantă sursă de materii prime. Pot conține rezerve importante de fier, calciu, magneziu, sodiu sau potasiu. Atunci când roca parentală a inclus depozite organice, șisturile denumite bituminoase sunt o importantă rezervă de hidrocarburi. Fiind ușor de spart și fracturat, procesarea lor mecanică se face mult mai ușor decât în cazul rocilor vulcanice. Cristalele din compoziție sunt aproape impermeabile la apă, astfel că sunt un material excelent pentru diguri, baraje, canale de aducțiune, tuneluri, sau alte lucrări hidrotehnice. Fiind extrem de răspândite în natură, sunt cel mai ieftin material pentru drumuri sau pentru agregat în betoane de calitate inferioară. În unele cazuri, structura lor laminară este foarte atractivă pentru diverse lucrări decorative, în special pentru suprafețe care nu sunt expuse la uzură mecanică intensă: garduri din piatră, mobilier de grădină, plăci ornamentale. Unele șisturi pot reprezenta materie primă pentru gresii ornamentale, sau pur și simplu se pot acoperi cu glanțuri de sticlă sau porțelan.

**DEFECTE:** Majoritatea șisturilor se alterează rapid în prezența factorilor de eroziune, sau sub acțiunea unor șocuri mecanice repetate, în special prin percuție sau vibrație. Șisturile cristaline nu au o structură chimică sau mineralogică standardizată, astfel că proprietățile lor chimice și mecanice sunt extrem de variabile. În lipsa unei documentații clare, este imposibil de estimat comportamentul lor din mediul de exploatare și pot reprezenta un hazard în construcții. În urma exploatării la adâncime, se crează spații de rezistență minimă cu risc foarte mare de prăbușiri accidentale. Prin alterare îndelungată, șisturile se transformă în nisip, apoi în argilă. Rocile alterate se acoperă cu diferite specii de licheni ce grăbesc alterarea: Caloplaca pellodella, Candelariella vietllina, Circinaria hoffmanniana, Diploschistes actinostomus, Lecidea fuscoatra. Praful de carieră sau șlefuire este silicogen.

**REMEDII/RESTAURARE:** Fiind vorba despre roci extrem de răspândite și ieftine, nu prea poate fi vorba despre remedii sau restaurare, cât mai degrabă despre înlocuirea lor cu altele noi. În special în cazul drumurilor, pur și simplu se adaugă un strat nou. În cazul lucrărilor decorative, soluțiile tehnice trebuie să fie adaptate în funcție de mineralele din compoziție și reacția acestora cu lianții sau adezivii utilizați. În toate cazurile, este ușor și practic ca în jur de 50 % din compoziția materialului utilizat la restaurare să fie pudră din roca tratată. Rocile acoperite de licheni din situri arheologice pot fi curățate cu laser (la 1064 nm apoi la 266 nm) sau cu substanțe biocide cum este Biotin T (erbicid lichid cu PH între 5 și 9).

**DESCRIERE:** Șisturile cristaline sunt roci metamorfice formate prin supunerea altor roci la temperaturi și presiuni foarte ridicate. Ca urmare, mineralele ce formează aceste roci sunt complet cristalizate, vizibile cu ochiul liber sau cu ajutorul unei lupe 10X, așezate în straturi subțiri, orizontale, paralele. Fiind rezultatul unor procese metamorfice de intensitate medie, șisturile cristaline au o textură granulară medie, majoritatea cristalelor fiind fragmentate la dimensiuni milimetrice sau submilimetrice (0,25-2 mm). Rocile parentale supuse acestor procese pot fi din orice tip, cel mai frecvent fiind roci sedimentare de tip argilă, sau roci

vulcanice, mai ales tuff vulcanic. Cele derivate din argile sunt cele mai comune și conțin mică (mica șisturi). De cele mai multe ori, denumirea lor se formează în funcție de principalele minerale din compoziție. Exemplu: șisturi cuarț-feldspat-biotitice. Atunci când se cunoaște exact roca parentală, denumirea se formează în funcție de aceasta: șisturi semi-perlitice, sau gresii schistoase. În general, cele provenite din roci magmatice se numesc ortoșisturi cristaline, iar cele provenite din roci sedimentare se numesc parașisturi cristaline. Înainte de jumătatea secolului al XIX-lea, nu se făcea nici o deosebire între termenii de: ardezie, filit și șist. Se utilizează și denumirea de schisturi, din limba franceză, de la schiste. Șisturile silicioase formate din talc, kyanit și cuarț au primit denumirea de șisturi albe, iar șisturile mafice formate din clorit, epidotit și piroxenii au primit denumirea de șisturi verzi, ambele în funcție de culoarea lor predominantă. În general, șisturile pot avea orice culoare, începând de la alb și gri cenușiu, spre argintiu, maro, roșietic, verzui sau albastrui spre cenușiu închis și negru.

**GENEZĂ:** În mod obișnuit șisturile cristaline sunt rezultatul unor procese de metamorfism regional ce includ procese dinamo-termale din centurile orogene. Procesele dinamo-termale au loc atunci când plăcile continentale presează una asupra alteia, fără subducție, având ca rezultat plierea straturilor superficiale cu formarea de lanțuri muntoase. În alte cazuri, metamorfismul regional se referă la procese în urma cărora blocuri mari de roci sunt îngropate la adâncime, sub alte roci, cum se întâmplă în cazul subducției plăcilor continentale. Și în acest caz, asupra rocilor se exercită presiuni foarte mari, la temperaturi înalte. În ambele cazuri, mineralele din compoziția rocilor, supuse la presiune, se reorientează în plan perpendicular pe direcția forței, pentru a forma folii subțiri. Din punct de vedere microscopic structura schistică poate fi internă, făcând referire la orientarea incluziunilor din porfiroblaști (din granule), sau externă, făcând referire la orientarea granulelor în masa rocii. Procesele metamorfice au loc progresiv. Într-o primă fază, la presiuni mai mici, rocile sedimentare se tasează pentru a forma roci fin granulare denumite ardezii. Dacă presiunea crește în continuare, rocile se aplatizează și mai mult, pentru a forma roci denumite filite. Când presiunile ating valori medii, filitele se fragmentează pentru a forma roci medium granulare denumite șisturi. Dacă presiunile cresc în continuare, cristalele se fragmentează și mai mult, pierzând structura schistică, pentru a forma roci fin granulare denumite gnaisuri. În cazul rocilor vulcanice ultramafice, apa poate juca și ea un rol prin alterarea hidrotermală a cloritului, talcului sau grafitului din compoziția acestora. Astfel alterate, rocile vulcanice sunt mult mai ușor de tasat, pentru a forma șisturi cloritice sau grafitice. În cazul rocilor vulcanice mafice, cum este tuff-ul vulcanic, șisturile rezultate vor fi șisturi cuarțitice sau muscovitice, în funcție de compoziția mineralogică.

**PRODUSE COMERCIALE:** Fiind o rocă foarte comună, se vinde la tonaj, pentru drumuri, agregat sau balast. Materialul poate conține blocuri mari, bolovani sau spărtură. În zonele de munte, se exploatează și direct din carieră, cu aprobarea administrației locale. Timp de mii de ani a constituit principalul material de construcție pentru stâne, împrejmuiri și țărcuri primitive construite de ciobani. Mica și mineralele din compoziție se utilizează pentru: materiale izolante sau refractare, ceramică, sticlă, abrazivi, filtre pentru apă, vată minerală, ciment hidraulic, microelectronică (condensatoare), zugrăveli exterioare, lichid pentru foraj, plăcuțe de frână, plăci de rigips, polimeri, poliesteri și materiale compozite.

**DEPOZITE MONDIALE:** Majoritatea lanțurilor muntoase de pe toate continentele includ și masive formate din roci schistoase, rezultate în urma proceselor orogenice. Câteva exemple sunt: Munții Himalaya (depozite groase de 10-20 Km, până la altitudini de 8000 de metri), Rocky Mountains (șisturi și gnaisuri vechi de 1,7 miliarde de ani), Anzii Cordilieri (Minas Gerais, Diamantina, Caete, Sabara), Munții Alpi Europeni, Munții Alpi din Noua Zeelandă, Munții Chimanimani din Africa de Est, Muntele Northern Cape din Africa de Sud, Munții Urali, Munții Caucaz. În România, principalele masive formate din roci cristaline sunt: Munții Făgăraș, Munții Retezat, Munții Parâng, Munții Rodnei, Munții Gilăului, Munții Bârgăului, Munții Poiana Ruscă, Munții Rarău și Giuamălu, Munții Suhard, Obcinele Bucovinei, Masivul Ciucaș, Munții Ceahlău, Munții Tarcău, Munții Bucegi, Munții Baiului, Munții Șureanu, Munții Țarcu, Munții Aninei, Munții Măcin.

DIVERSE: Probabil cel mai celebru monument este cel de la Mount Rushmore, unde chipurile celor patru președinți americani au fost sculptate în granit și mica-șisturi. Un important sit arheologic format din mai mult de 1000 de monumente funerare, cioplite în șisturi cristaline a fost descris în Portugalia, în Parcul Național Serra da Estrela. Monumente asemănătoare, datând din Epoca Bronzului, au fost identificate și la Galiza, sau în Spania la Meseta. Din India, o celebră statuie a zeiței Bodhisattva, înaltă de 115 cm, este găzduită la Muzeul din Seul (Korea), în Southeast Asia Gallery. India însă găzduiește numeroase statui și statuete mai puțin celebre, în special reprezentări ale eternului Buddha. În Brazilia, monumente din roci schistoase au fost ridicate la numeroase locații, printre care: Caete, Diamantina, Sabara, Brumal, Catas Altas do Mato Dentro.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| K.L. Cameron           | Durabilities of sand size schist and volcanic rock fragments during fluvial transport |
| D.Craw                 | Water-rock interaction and acid neutralization in a large schist debris dam           |
| Rasoul Sorkhabi        | Geologic Formation of the Himalaya  |
| Sean Fitzsimons et all | Geology and Geomorphology of the European Alps and Alps of New Zealand                |
| D. Motamarri           | A study on Engineering behaviour of schist rock                                       |
| Xiao-Ping Zhang et all | Engineering properties of quartz mica schist  |
| P. Sanmartin et all    | Tertiary bioreceptivity of schists from prehistoric rock art sites in the Coa Valley  |
| Seyed Mousavi et all   | Mechanical studies of schist rocks under the freezing-thawing cycles                  |
| Gilberto Costa Antonio | Steatite and schist as contenders for Global Heritage Stone                           |

## 8. Gnais

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 51-75 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13-16 %, FeO 6-10 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2-3 %, CaO 4-6 %, Na<sub>2</sub>O 3-6 %, MgO 3-5 %. Gnaisurile cu conținut ridicat în siliciu (> 68 %) au o reactivitate chimică asemănătoare granitului, iar cele cu conținut redus în siliciu au o reactivitate chimică asemănătoare riolitelor. Principalele reacții cu apa sunt date de oxizii metalici, în special cei de calciu și fier. Depozitele de gnais conțin urme semnificative de elemente radioactive mobile (K, Rb, Th, U), mai mari decât cele granitice, fapt ce sugerează o vârstă mai înaintată a rocilor parentale, în conexiune cu crusta Arhaică. Mai pot conține urme de: Mn, P, Ti.





**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Compoziția mineralogică este variabilă, în funcție de roca parentală. Frecvent compoziția chimică este asemănătoare cu cea a granitului, dar cu un conținut mai redus în cuarț. Cea mai mare parte din compoziție o formează feldspatii (albit 10-38 %, ortoclaz 20-36 %, anortit 2-10 %) și mica (biotit, muscovit) împreună cu cuarțul (10-35 %). Alte minerale comune sunt: epidotit, apatit, turmalină, magnetit, ilmenit, pirit, clorit, hornblendă, augit, lotrit, zircon.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este cuprinsă între 2,5 și 3 g/cm<sup>3</sup>, porozitatea este prezentă între 0,1 și 2 %, cu o absorbție a apei între 0,1 și 1,3 % și permeabilitate pentru apă practic nulă. Când CaO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O este mai mare decât 7 % conductivitatea electrică crește semnificativ, în special prin ionii de calciu. Gnaisul are o bună capacitate de stocare a energiei termice până la temperaturi de 550 grade Celsius. La temperaturi mai mari de 750 grade Celsius, proprietățile mecanice scad însă semnificativ, în special dacă forța se aplică paralel cu planul de foliaj.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Rezistența rocii depinde de planul de aplicare a forței în raport cu planul de foliere. Pentru forțe aplicate perpendicular pe acesta, rezistența la compresiune este între 60 și 150 MPa, iar rezistența la tracțiune între 6 și 20 MPa, duritatea este 6-7 pe scara Moh. Ciclurile repetate de îngheț-dezghet, în prezența apei, conduc la scăderea semnificativă a proprietăților mecanice. Astfel, în condiții de laborator, după 20 de astfel de cicluri porozitatea a crescut de patru ori ( de la 0,28 la 1,4), în special pentru porii cu diametrul mai mare de 100 micrometri.

**CALITĂȚI:** Gnaisul este o rocă rezistentă ca granitul, frumoasă ca marmura, motiv pentru care este indicat în special ca piatră decorativă, pentru monumente și lucrări artistice. Tăiat în plăci și dale se poate utiliza pentru blaturi de bucătărie și decorațiuni interiere. Spărtura și resturile de gnais se pulverizează și se pot utiliza pentru producția de gresie artificială, vitrificată. Gnaisul este un material de elecție pentru sobe și șemineuri, fiind propus și ca mediu de stocare a energiei în centralele solare (în pat de roci prin care se ventilează aer).

**DEFECTE:** Prin prezența porilor, în mediu umed, în urma expunerii la cicluri repetate de îngheț dezghet, alterarea gnaisului este puternic accelerată, în special la suprafață, unde porozitatea crește de 3-4 ori în 20 de ani. La temperaturi înalte (peste 700 grade Celsius), proprietățile mecanice scad semnificativ și roca se desface în folii. Expuse la factorii de eroziune, în timp gnisurile suferă un permanent proces de alterare hidromecanică în urma cărora mica se fragmentează și pulverizează cu depleție de Mg, Fe și K (prin hidratare) pentru a forma montmorilonit, apoi pudră de caolin. Biotitul se transformă direct în caolin, sau trece printr-o fază intermediară de mică bogată în fier și aluminiu. În cursul degradării, mica este colorată inițial verde închis, apoi verde deschis, pentru ca în final să fie albă argintie. Praful rezultat prin șlefuire este silicogen.

**REMEDII/RESTAURARE:** Gnaisul are proprietăți estetice deosebite, fapt ce îngreunează foarte mult repararea sau restaurarea suprafețelor. Benzile în nuanțe de culoare pot fi drepte și paralele, dar pot fi curbate

sau vălurite haotic. Frecvent alternează dungi albe cu dungi negre, sau albe cu roz, negre cu aurii, sau oricare altă combinație dintre aceste culori. Principalele deteriorări se datorează mediului umed, și poluării intense din mediul urban. Pentru reparații se poate utiliza un liant format în părți egale din: albit, ortoclaz, mică și oxid de calciu. Culorile se pot corecta cu ajutorul pigmentilor minerali. Pentru a încetini procesele de alterare prin eroziune, carierele de gnais este bine să fie dinamitate și acoperite cu un strat protector de roci, gros de câțiva metri, imediat după ce se oprește exploatarea.

**DESCRIERE:** Gnaisul este o rocă metamorfică comună, larg răspândită în vecinătatea șisturilor cristaline, formată la temperaturi și presiuni mai mari decât acestea (la adâncimi mai mari). Textura sa în benzi paralele, în culori alternative deschise și închise, este aproape întotdeauna vizibilă cu ochiul liber, fiind una dintre rocile cel mai ușor de identificat. Cristalele ce formează structura schistoasă sunt de obicei vizibile cu ochiul liber, sau cu lupa, dar planurile de clivaj sunt mult mai puțin clare decât la șisturi, deoarece prin tasare se formează numeroase anfractuozități. Granulele sunt medii spre mari, astfel că prin spargere se desprind solzi cu grosimea cuprinsă între 5 și 10 milimetri. La fel ca șisturile cristaline se poate forma fie din roci sedimentare, caz în care se utilizează denumirea de paragnais, fie din roci magmatice, caz în care se utilizează denumirea de ortognais.

**GENEZĂ:** Domurile de gnais se formează asemănător șisturilor cristaline ca rezultat al unor forțe orogene de pliere a scoarței, dar la temperaturi și presiuni mai mari, având ca rezultat dezorganizarea structurii foliare a cristalelor orientate preferențial. Un factor semnificativ în geneză este determinat de vâscozitatea magmei comprimate, la temperaturi mai mici decât cele necesare pentru lichefierea cristalelor. Astfel, păturile de cristale separate fracționat sunt tasate, fără însă a deveni lichidiene. Domurile de gnais sunt rare ori izolate, de obicei fiind formate asemănător lanțurilor muntoase, în structuri sistematizate de înălțimi diferite (ca niște dealuri). Cel mai elocvent exemplu de astfel de sistem este prezent în Masivul Hymalaian, întins pe distanțe de peste 1000 de kilometri. Presiunile exercitate asupra scoarței de origine pot fi de origine tectonică (rearanjarea plăcilor continentale), sau pot fi în legătură cu procesele de compresiune în plan, fără mișcări tectonice (presiune constantă cu durată foarte mare).

**PRODUSE COMERCIALE:** Gnaisul se exploatează asemănător cu granitul, sub formă de blocuri mari, bolovani și spărturi. După tăiere, fasonare și șlefuire se comercializează sub formă de blaturi și plăci mari, dale, sau piatră cubică și ashlar. Plăci mari de gnais se utilizează pentru rama ușilor și ferestrelor, sau pentru rama de la baza clădirilor stradale. Mica și mineralele din compoziție se utilizează pentru: materiale izolante sau refractare, ceramică, sticlă, abrazivi, filtre pentru apă, vată minerală, ciment hidraulic, microelectronică (condensatoare), zugrăveli exterioare, lichid pentru foraj, plăcuțe de frână, plăci de rigips, polimeri, poliesteri și materiale compozite.

**DEPOZITE MONDIALE:** Masivul Hymalaian, Glomfjord, Storglomvatn, Svartisen (Norvegia), Hallandia (Suedia), Bristol, Ponaganset and Harrison Gneiss (California, USA), Fordham Gneiss (New York, USA), Munții Alpi (Franța, Italia, Elveția), Madagascar, Mozambic, Africa de Sud, Northern Territory Australia, Chongqing (China), Rio Grande do Norte (Brazilia), Munții Ural și Caucaz, Karelia, Leningrad și Murmansk (Rusia), . În România un depozit semnificativ este în Munții Parâng. Roci și cavități expuse sunt vizitabile în Peștera Șugag, din Masivul Șureanu.

**DIVERSE:** În Brazilia, o varietate de gnais denumită Leptinito a fost utilizată extensiv pentru fațada arhitecturală a principalelor clădiri din vechiul oraș, încadrate în prezent ca monument istoric. În mod similar, în Suedia, o altă varietate de gnais, denumită Hallandia, a fost exploatată în mai mult de 500 de cariere spre a fi exportată în Danemarca și Germania ca piatră decorativă. În Korea, o altă varietate de granit denumită Augen, a fost utilizată pentru monumente funerare ale regilor și împăraților, exemple celebre fiind la mormântul Donghachong, Tappyeong Pagoda, sau piatra memorială Liu Renyuen în cinstea Dinastiei Tang. Cea mai veche carieră de gnais este Chephren Quarry din Egipt, unde primele extracții s-au făcut în timpul

Vechiului Regat, în urmă cu 4500 de ani. Cariera se întinde pe circa 50 de kilometri pătrați, cu peste 700 de puncte de lucru. O statuie celebră este cea a faraonului Khafre (2750 îen) pe tron, din gnais anorthozitic, înaltă de 168 cm. Un monument mai recent este Washington Monument, ridicat între anii 1848-1877, înalt de 169 de metri, compus din blocuri de granit, gnais și marmură. Doar costurile pentru renovare și reparații s-au ridicat în anul 2001 la circa 25 milioane de dolari.



#### BIBLIOGRAFIE:

- Lidong Dai      Effect of chemical composition on the electrical conductivity of gneiss  
 R. Rutland et all      The Chemical Composition of Granitic Gneisses in the Glomfjord Region  
 Y. Jemmal et all      Thermophysical and chemical analysis of gneiss rock for thermal energy storage  
 J. Souza et all      Recycling of gneiss rock waste in the manufacture of vitrified floor tiles  
 Rui Wang et all      Investigation on the Properties of Gneiss under Different Ground Stress  
 Xianghui D. et all      Study on mechanical properties and damage mechanism of strongly weathered gneiss  
 B. Costa et all      Influence of high temperatures on physical properties and microstructure of gneiss  
 R. Gottschalk et all      Mechanical anisotropy of gneiss: Failure criterion  
 An Yin      Gneiss domes and gneiss dome systems  
 L. Stoch, W. Sikora      Transformations of Micas in the Process of Kaolinization of Granites and Gneisses  
 Nuria Castro et all      Leptinito gneiss: The heritage stone of the old town Rio de Janeiro  
 B. Schouenborg et all      The Hallandia gneiss, a Swedish heritage stone resource  
 Park Hyung et all      Considerations for Historical Applications of Augen Gneiss  
 T.Heldal et all      Gneiss for the Pharaoh: Geology of the Third Millenium BC Chephren's Quarries

## 9. Marmură

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: CaCO<sub>3</sub> 80-97 %, SiO<sub>2</sub> 1-4 %, MgCO<sub>3</sub> 1-20 %. Carbonatul de calciu, și implicit marmura, reacționează intens cu acizii, pentru a elibera bioxid de carbon și săruri. Chiar și oțetul este suficient de reactiv pentru a degrada suprafața marmurei. Statuile din marmură expuse în mediul urban sunt grav afectate de ploaia acidă și de poluarea urbană. Nici mediul alcalin nu este favorabil marmurei, dar

alterarea este mai redusă decât prin acizi. În contact cu apa, sub presiune, siliciul se poate separa sub formă de talc sau serpentinit, iar din oxizii de fier se separă fierul și alumina. Accidental poate conține urme de: Fe, Mn, Ti, Al.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Marmura este alcătuită în cea mai mare parte din calcit, adică din cristale de carbonat de calciu. Alte minerale prezente în compoziție pot fi: dolomit, serpentinit, pirit, brucit, aragonit. Accidental se pot include și vene formate din cuarț, feldspat, epidotit, mică sau oxizi de fier. În Petrologie, pentru marmură se utilizează și termenul de carbonat rombohedral, denumire mai largă ce include și alte minerale carbonatate cum sunt: dolomit, ankerit, magnezit, siderit. Altă denumire utilizată în literatură este și cea de calcar cristalin.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este cuprinsă între 2,65 și 2,8 g/cm<sup>3</sup>, cu o porozitate de 0,5-2 %, absorbție a apei cuprinsă între 0,1 și 0,5 %, permeabilitatea pentru apă fiind de circa 0,002 miliDarcy. Temperatura de topire este în jur de 1000-1100 grade Celsius dar în prezența vaporilor de apă sub presiune poate scădea la 800-900 grade Celsius. La temperaturi cuprinse între 200 și 300 de grade Celsius, marmura este mai rezistentă decât la temperatura camerei, ca urmare a dilatării micro-cristalelor. La temperaturi mai mari de 400 grade Celsius, prin cicluri repetate de încălzire-răcire se produc micro-fisuri ce grăbesc alterarea rocii. Efectul este și mai pronunțat la temperaturi cuprinse între 600 și 800 de grade Celsius, când cristalele încep să se deformeze și se formează intruziuni de monticellit, larnit sau rankinit.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Rezistența la compresiune este între 60 și 160 MPa, iar rezistența la tracțiune între 6 și 16 MPa. Duritatea pe scara Moh este în jur de 3, poate fi zgâriată sau șlefuită cu aproape orice altă rocă. Marmura artificială are proprietăți mecanice comparabile, sau chiar superioare prin comparație cu marmura naturală. Rezistența la compresiune depinde de granulația rocii și de tipul de liant utilizat, dar și de presiunea aplicată în timpul producției (vacum vibro-compresie). Marmura se exploatează prin tăiere cu lame de fierăstrău sau cu fir diamantat. Dacă se utilizează explozivi, fisurile se pot transmite pe distanțe mari, alterând întreaga rocă. Marmura poate fi lustruită cu nisip sau cu praf de corindon.

**CALITĂȚI:** Marmura este roca ideală pentru lucrări de artă și monumente funerare, deoarece este moale, omogenă, densă, rezistă bine la șocuri, se sparge și se fisurează greu, iar indicele mic de refracție al cristalelor de calcit permite ca lumina să pătrundă în adâncime până la 12-30 mm, realizând un efect de luminiscentă. Marmura se păstrează optim în interiorul construcțiilor, în mediu uscat, la temperaturi pozitive. În construcții, blocurile fasonate din marmură s-au utilizat încă din antichitate pentru altare, monumente funerare sau pentru elemente decorative cum sunt coloanele și porticurile. În palate și locuințe de lux, marmura se utilizează pentru mobilier și decorațiuni interioare, tapetarea pereților sau pardoseală. Tot din marmură se produc obiecte de birou, blaturi de bucătărie, jucării, amendamente agricole, vopsele și produse cosmetice.

**DEFECTE:** Marmura se zgârie și se pătează ușor. Prin contact prelungit cu acizi sau baze, apar porozități din ce în ce mai mari și săruri albicioase. Marmura se alterează mai rapid prin expunere prelungită la soare sau la

cicluri de îngheț dezgheț. În mediu umed și la temperaturi ridicate, marmura se colonizează cu bacterii, fungi și licheni. Flora microbiană poate chiar să contribuie la degradarea rocii, prin legarea calciului. De exemplu bacteria *Methylophaga murata*, sau fungii din genul *Cladosporium*. Expusă timp îndelungat la factorii de eroziune din mediu, marmura își pierde strălucirea și se fisurează mult mai ușor, mai ales în prezența vibrațiilor. Marmura nu rezistă bine la temperaturi de peste 600 grade Celsius sau prin expunere directă la flacără, deci nu este recomandată pentru șemineuri. Prin eroziune, suprafața devine aspră, nisipoasă cu cristale de dolomit vizibile. La temperaturi înalte, cristalele de calcit expandează și plăcile de marmură se pot ondula. Praful de marmură nu este silicogen dar produce preumoconioze.

**REMEDII/RESTAURARE:** Suprafețele pătate se pot curăța prin lustruire cu o soluție de acid oxalic. Oxalatul de calciu format se înlătură ușor lăsând o suprafață curată. Suprafețele expuse la acizi se pot proteja prin lustruire cu o soluție de fluorosilicat de magneziu, pentru a forma hexafluorosilicat de calciu, mai rezistent la acțiunea acizilor. Infestarea biologică se poate trata cu soluții citostatice, preferabil alcaline, prin uscare, iradiere, sau cu laser. Defectele mari se pot corecta cu marmură artificială, produsă dintr-un amestec de: praf de marmură, cuarț, nisip, colofoniu, ciment și liant acrilic. Se mai pot utiliza pentru reparații: cimentul alb, cimentul Portland, pudră de aragonit, dolomit, magnezit, apatită. Marmura impregnată cu PMMA (polymethyl metacrylate) este mai rezistentă la compresiune cu 12-20 % prin reducerea porozității. Pentru rostruri și fixare pe perete sau pardosea este bun cimentul alb amestecat cu aracet în loc de apă.

**DESCRIERE:** Denumirea provine din limba greacă, de la "marmairein" cu sensul de a străluci. Cel mai frecvent marmura pură este de culoare albă, lucioasă, ca zahărul cristalizat. Cea mai faimoasă marmură pur albă este cea de Carara (Italia), destinată în special pentru sculpturi. Deși este o rocă metamorfică, cu rare excepții, textura este fin cristalină, cu granulație fină între 0,1 și 1 milimetru, sau cu granulație medie vizibilă cu ochiul liber, fără foliere. Prin sărurile de fier și mangan sau prin celelalte minerale din compoziție, marmura poate fi și colorată: gri-albăstrui, cenușiu, roșietic, maroniu, roz, roșu, negru, verzui. În special marmura artificială poate avea un model complex, brecios sau culori foarte intense de negru, roșu și verde. Cristalele de calcit fiind dublu refractare transmit lumina în ambele direcții, astfel că marmura tăiată subțire este translucidă. Marmura se sparge ușor, spărtura fiind neregulată, de cele mai multe ori în lungul venelor de oxid de fier, nispi, talc sau argilă. Fiind o rocă moale, marmura poate fi zgâriată cu orice obiect metalic, sau cu orice altă rocă. Depozitele de marmură se întind pe zeci de metri, în toate direcțiile, pentru a forma masive cu milioane de metri cubi. Spre deosebire de calcar, marmura nu conține niciodată fosile sau resturi de cochilii, deoarece acestea sunt complet dezagregate în timpul metamorfismului.

**GENEZĂ:** Marmura rezultă din metamorfismul unor roci sedimentare puternic carbonatate, cum sunt calcarul și dolomitul. Procesul metamorfic constă din dizolvarea, decantarea și apoi recristalizarea carbonatului de calciu sub formă de micro-granule. Rezultatul este o rețea mozaicată de cristale cu axul în toate direcțiile, fără nici o orientare preferențială. De cele mai multe ori, structura rocii parentale este complet dispărută sau modificată. Dacă temperatura din zăcământ nu depășește 1000 de grade Celsius, carbonatul de calciu nu se lichefiază complet și roca este doar moale, maleabilă, fără o decantare completă. Atunci când celelalte minerale nu s-au decantat complet, marmura poate include vene de argilă, lut, nisip, oxizi de fier sau șist silicios. Spre deosebire de alte roci, marmura are o compoziție omogenă, relativ ușor de realizat artificial. Cea mai simplă metodă este prin cimentarea spărturii și a prafului de marmură cu lianți polimerici și rezine. Imitând geneza naturală, marmura se poate obține din calcar, prin încălzire, decantare și presare. Marmura neagră se poate obține utilizând pigmenți minerali și sticlă topită pe post de liant. Pentru a putea fi turnată în forme și matrițe, pasta de marmură artificială se compactează cu ciment Portland. Pentru volume mari, carbonatul de calciu se poate extrage din roci calcaroase, pentru a fi apoi cristalizat și presat pe membrane din butir-aldehidă spre a forma plăci. Principalii adezivi utilizați sunt: resine epoxidice, poliesteri, latex de polivinil acetat, soluții de polivinil alcool, cauciuc sintetic cloroprenic. O marmură de bună calitate se poate obține din cristale pure de carbonat de calciu și oxid de calciu ca liant (prin hidratare, presare și uscare).

**PRODUSE COMERCIALE:** Marmura de calitate superioară se exploatează în blocuri mari, cu latura de doi până la trei metri și greutate de mai multe tone. Marmura de calitate inferioară (cu vene și crăpături) se exploatează sub formă de stânci, sau bolovani și spărtură. Principalele țări producătoare sunt Italia, China, Spania, India și Turcia. Marmura se taie apoi la metraj, în plăci mari, blaturi sau mici blocuri fasonate și dale pentru pavaj. Marmura artificială este mai ieftină, mai ușoară, mai rezistentă la acizi, mai ușor de întreținut și restaurat. Praful de marmură se adaugă în diferite varietăți de ciment pentru a le augmenta proprietățile mecanice și a le scădea permeabilitatea pentru apă. Pudra de marmură se utilizează ca manta de flux pentru producerea electrozilor de sudură. Marmura lichidă, cu aplicații pentru detectarea sau schimbul de gaze, se poate produce prin suspendarea particulelor de marmură hidrofobă deasupra unui lichid de suport. Praful de marmură se folosește pentru hârtia lucioasă sau ca supliment în furaje.

**DEPOZITE MONDIALE:** Cel mai mare depozit de marmură se exploatează în Alabama (USA), întins pe 50 de kilometri, cu o grosime a stratului exploatabil de peste 200 de metri. Câteva localități renumite pentru varietăți foarte apreciate de marmură sunt: Carara (Italia), Pickens County, Gilmer County și Talladega County (USA), Muntele Pentelicus și Isula Paros (Grecia), Quyang (China), Makrana (India), Markina (Spania), Ruskeala Karelia (Rusia), Rușchița (România), Prilep (Macedonia de Nord), Kolmarden (Suedia), Wunsiedel (Germania), Insula Marmara (Turcia), Vencac (Serbia). Cea mai mare carieră de marmură din lume este operată de Andhi Marble Group, în Rajasthan (India). Cea mai mare carieră de marmură din Europa este Pirgon Quarry (Grecia) cu o capacitate de producție de 140 000 tone pe an. Cele mai mari volume de marmură s-au extras însă de la Carrara (Italia) unde exploatarea este permanentă de peste 2000 de ani. În România, principalul agent economic pentru marmură este Marmosim Simeria. Producția mondială de marmură (spărtură) este în jur de 8 milioane de tone, dintre care 5 milioane se calcinează pentru a extrage carbonatul de calciu iar restul se utilizează ca agregat.

**DIVERSE:** Capitala Turkmenistanului, Ashgabat, deține recordul mondial pentru cele mai multe clădiri construite integral din marmură. Marmura este și mediul de transfer pentru informații autentice despre lumea Antică. Cele mai multe inscripții în marmură au fost identificate și studiate în lumea greco-romană, pe teritoriul fostelor imperii Roman și Otoman. Un impresionant monument din marmură este celebrul Taj Mahal, mormântul Împăratului Shah Jahan (1628-1658), înalt de 73 de metri, cu patru turnuri minaret de 40 metri. O clădire impunătoare este Curtea Supremă de Justiție din Washington DC, întinsă pe 100 x 100 metri, cu 24 de coloane din marmură înalte de peste 12 metri. Printre cele mai cunoscute statui în marmură se numără: Pieta (Michelangelo), David (Michelangelo), Moise (Michelangelo), Parthenonul, Laocoon și fiii săi, Discobolul, Afrodita din Milos (Grecia Antică), Adam și Eva, Moartea lui Adonis, Eva, Suzon (Rodin), Bustul Împăratului Severus (Roma Antică), Sfântul Longinus (Bernini), Muză adormită (Brâncuși).



#### BIBLIOGRAFIE:

Metin Bagci et al  
M. Brilli et al  
F.J. Heger et al

The genesis and characterization of Paleogene Pelagic marbles  
Petrography and mineralogy of white marble and black stones of Goktepe  
Buildings: Plastic and Composites

B. Hanifi et all	Influence of marble dust as additive on some mechanical properties of concrete
S. Siegfried et all	Marble as a natural building stone
Carlos Ribeiro et all	Microstructure and mechanical properties of artificial marble
Jie Wang et all	Hydratation and mechanical properties of cement-marble powder system
T.N. Singh	Effect of PH on the physico-mechanical properties of marble
F. Vagnon et all	Effects of thermal treatment on physical and mechanical properties of marble
S.M. Schmidt et all	High temperature flow and dynamic recrystallization in Carrara marble
B. Chen et all	Influence of Nanoscale Marble on Properties of D600R Surfacing Electrode
Junfei Tian et all	Liquid marble for gas sensing
Hazel Dodge	Ancient marble studies: recent research
E. Bilotta et all	Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites

## 10. Gresie

**COMPOZIȚIE CHIMICĂ:** SiO<sub>2</sub> 60-98 %, CaO 2-20 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1-14 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1-6 %, K<sub>2</sub>O 0-2 % Oxizii metalici din compoziție sunt susceptibili de a suferi procese de coroziune chimică, în urma cărora crește porozitatea rocii și implicit se alterează proprietățile fizice și mecanice. În mediul extern, principalii factori sunt poluarea acidă și poluarea. Mai poate conține urme de: Mg, Na, Mn, Ti, Zr, Ba.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Gresia este compusă aproape integral din cuarț, feldspat și calcit pe post de liant. Feldspatul poate fi alcalin (ortoclaz, sanidin, microclin, anorthoclaz) sau plagioclazic (albit, anorthit, oligoclaz, andesin, labradorit). Alte minerale din compoziție, mai puțin semnificative pot fi: mică (muscovit, biotit), hematit, limonit, anhidrit, gips, baritină, magnetit, olivină, corindon, turmalină, rutil, zircon, granați. Proporția de lut sau argile din compoziție afectează semnificativ proprietățile mecanice ale rocii. Fosfații sunt uneori prezenți în compoziția gresiilor, provenind din oase sau cochilii. Materia organică poate fi prezentă sub formă de petrol și gaze.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** granulele au densitatea apropiată de cea a cuarțului, adică 2,8-3,2 g/cm<sup>3</sup>, dar roca propriu zisă este mult mai ușoară ca urmare a porozității, cuprinsă între 1 și 20 %. Absorbția apei este cuprinsă între 1 și 15 %, cu o permeabilitate extrem de variabilă și ea, cuprinsă între 1 și 1000 miliDarcy.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Gresiile sunt în general fragile, proprietățile mecanice fiind strict corelate cu porozitatea și gradul de alterare. Rezistența la compresiune variază între 35 și 170 MPa, iar rezistența la

tracțiune este cuprinsă între 4 și 25 MPa. Duritatea granulelor de cuarț este în jur de 7, iar a cimentului este cuprinsă între 3 și 5 pe scara Moh. La temperaturi de peste 250 de grade Celsius, proprietățile mecanice încep să scadă progresiv, ca urmare a modificărilor produse prin oxidarea piritei sau a cloritului. Proprietățile abrazive depind de numărul și dimensiunea cristalelor de cuarț.

**CALITĂȚI:** Gresia naturală este o rocă spectaculară, friabilă, ușor de prelucrat, inclusiv cu scule rudimentare. Din acest motiv, în epoca de piatră era materialul de elecție pentru adăposturi rudimentare, în special pentru depozite de cereale, grăunțe și fructe uscate, pentru a menține alimentele la adăpost de dăunători. Încă din antichitate s-au ridicat temple, apoi biserici, decorate cu numeroase lucrări ornamentale. Gresia de calitate s-a utilizat dintotdeauna și pentru clădiri monumentale, de mari proporții. În regiunile uscate sau aride s-a utilizat și pentru pavaje sau ca material de construcție. În prezent, se folosesc cantități mari pentru depozite, grajduri, garduri și împrejmuiri. Gresii sunt un excelent material abraziv, pentru ascuțirea uneltelor metalice (seceră, coasă, sabie, topor). Gresia cu porozitate mare este un excelent filtru mineral. Gresii se utilizează și pentru bazine de decantare a apei. Nisipul rezultat prin alterarea completă a gresiilor formează circa 50 % din majoritatea solurilor, până la 90-100 % în cazul nisipurilor deșertului.

**DEFECTE:** Rezistența la factorii de eroziune este foarte variabilă, de la rocă dură și rezistentă, până la rocă nisipoasă, umedă, instabilă. Construcțiile ridicate cu blocuri de gresie necesită învelișuri protectoare, o permanentă întreținere și consolidare, existând permanent riscul unor prăbușiri. Cel mai agresiv factor îl reprezintă ciclurile de îngheț-dezghet, în mediu umed, pentru gresii cu porozitate mare. În condiții de încărcare și descărcare ciclică cu sarcini de mărimi diferite, proprietățile mecanice inițiale se pot altera în proporție de 65 %, mergând până la fisuri și deformări plastice. După circa un secol de expunere la eroziune în mediu umed, rezistența mecanică a blocurilor de gresie utilizate pentru fațada construcțiilor a scăzut la circa 50 % (28-42 MPa). Apa sărată, prin uscarea, contribuie semnificativ la eroziune, până la adâncimi de 10 cm față de suprafața rocii. În mediu salin, spălarea cu apă distilată pentru îndepărtarea sărurilor contribuie la reducerea alterării, urmată de impregnare cu soluții hidroizolante. Praful de gresie este puternic silicogen.

**REMEDI/RESTAURARE:** Gresia fiind o rocă comună, ieftină, este de cele mai multe ori înlocuită, mai repede decât restaurată. Pentru a alege blocurile care trebuie înlocuite se utilizează tehnici noninvasive, cu ultrasunete. Atunci când este cazul, gresia se repară ușor cu pasta folosită pentru gresia artificială. Cel mai simplu mortar se obține din nisip, ciment și aracet, în părți aproximativ egale, în funcție de granulația nisipului. Paste adezive mai bune se cumpără din comerț (Ultramastic Mapei, Litoacril Fix Litokol, Drauf Sitz Lugato). Pentru gletul de perete se pot utiliza materiale din comerț (Ceresit, Optirok, Atlas, Sopro, Eunice) folosind aracet pentru construcții în loc de apă. O soluție alternativă sunt adezivii pe bază de poliuretan, în special pentru placaje exterioare. Vopselele în ulei, mucegaiurile și flora bacteriană de la suprafața gresiilor se pot îndepărta cu laser. Umplerea golurilor interioare se poate face cu spumă sau gel de siliciu (dacă nu sunt supuse la sarcină mecanică).

**DESCRIERE:** Gresia este o rocă rezultată prin cimentarea granulelor de nisip. În limba Engleză chiar se utilizează denumirea de sandstone (rocă din nisip). Poate fi friabilă sau bine consolidată. O varietate de gresie argiloasă, cu granule fine, cu dispunere în straturi ce se pot desface ușor, este cunoscută sub denumirea de ardezic. O altă varietate ce conține minimum 25 % feldspat, fin granulară până la grăunțoasă, formată prin dezagregarea rocilor vulcanice, în special granitice, este cunoscută și sub denumirea de arcoză. Circa 20-25 % dintre rocile sedimentare sunt gresii. Granulele de nisip din componență au diametrul cuprins între 0,06 și 2 milimetri. La fel ca nisipul necimentat, gresia poate avea aproape orice culoare, dată de mineralele din compoziție, dar mai frecvent este: gălbuie, maro, galbenă, roșie, gri, roz, albă sau neagră. Depozitele de gresie sunt de obicei puternic erodate de apă și vânt, pentru a realiza canioane și formațiuni stâncoase spectaculare. Matricea, sau cimentul care leagă granulele de cuarț și feldspat este un material cu granulație extrem de fină (microscopică) compus din ciment cuarțitic, ciment calcitic, sau alte minerale: hematit, limonit, gips. Când acest ciment este degradat chimic sau mecanic, gresiile devin friabile, instabile, provocând alunecări de teren.



Gresiile cu ciment curațitic se mai numesc și afenite, având în compoziție aproape exclusiv silicați. Gresiile cu mai mult de 15 % argile în compoziție se mai numesc și graywacke, gresii imature sau gresii murdare.

**GENEZĂ:** Gresiile au origine clastică, adică se formează prin fragmentarea unor roci silicioase sub acțiunea factorilor de eroziune, sau sub acțiunea unor factori fizici (mișcări tectonice) și chimici (dizolvarea carbonaților din calcar). Se formează mai ales în vecinătatea arcurilor vulcanice, în urma alterării de lungă durată a rocilor vulcanice. Nisipul format poate fi însă transportat la distanțe remarcabile sub acțiunea vântului sau a râurilor, pentru a se depune apoi în spații declive formate în urma unor mișcări tectonice. Nisipul acumulat în straturi suprapuse începe apoi un proces de transformare denumit diageneză, constând din tasare, compactare și modificări fizico chimice cauzate de interacțiunea cu apa și cu flora microbială. Inițial scade porozitatea, apoi prin deshidratare se produce consolidarea. Compactarea mecanică începe când nisipul ajunge la adâncimi mai mari de 1000 de metri, iar compactarea chimică (prin dizolvarea punctelor de contact) continuă până la adâncimi de 2000 de metri, pentru ca cimentarea să se producă în mare majoritate la adâncimi cuprinse între 2000 și 5000 de metri. Apoi, în urma eroziunii straturilor supra-jacente, gresiile devin expuse la suprafață și încep la rândul lor procesele de eroziune, spre a se transforma în nisip. Uneori, prin metamorfism regional, gresiile supuse la presiuni și temperaturi mari se pot transforma în cuarțit (prin recristalizarea cuarțului). În final, compoziția mineralogică a gresiilor inițiale se poate schimba ca rezultat al proceselor diagenetice. Unele dintre minerale pot dispărea complet, cu apariția altora noi, în special a carbonaților (calcit, dolomit, aragonit, ankerit) precipitați din soluția apoasă. Spre deosebire de gresia naturală, cea artificială se poate produce cu compoziția chimică și mineralogică dorită, la o porozitate fixă, cu un anumit procent de permeabilitate pentru apă, pentru a obține astfel proprietăți mecanice net superioare. Se preferă nisipurile cu granulație cuprinsă între 45 și 300 de microni, cu 4-8 % liant (silicat de sodiu), la presiuni cuprinse între 11350 și 23500 psi și temperaturi de 100-200 grade Celsius, la o porozitate de 20-33 % și o permeabilitate pentru apă între 15 și 5000 miliDarcy. O altă metodă constă din învelirea completă a granulelor de nisip cu agent de cimentare în exces, urmată apoi de compactare și uscare.

**PRODUSE COMERCIALE:** Gresia se exploatează local sub formă de stânci, bolovani sau spărtură, apoi se taie în blocuri fasonate sau la dimensiunile dorite. Cărămizile de tip ashlar au o rezistență la compresiune de circa 30-40 MPa. În majoritate, gresia din comerț este însă gresie artificială, porțelanată cu glanț ceramic sau sticlos. Cele mai multe sortimente de placaj ceramic le oferă Cesarom.

**DEPOZITE MONDIALE:** Gresiile sunt răspândite pe întreaga scoarță terestră, fiind descrise numeroase varietăți cu nume propriu. Doar câteva dintre tipurile cele mai semnificative sunt: Hawkesbury (Australia), Nepoean, Paskapoo (Canada), Podhorni (Cehia), Nekso (Danemarca), Devonian (Estonia), Avesac, Champenay, Fointanebleau, Rothbach (Franța), Antswind, Gnodstad, Ihrlerstein, Worzeldorf, Maulbronn, Neckar, Weil, Osterwald, Weser, Ruhr, Cotta, Posta, Wehlen (Germania), Harshegy (Ungaria), Chunar, Jodhpur, Kandla (India), Silesian (Polonia), Ronda, Villamayor (Spania), Bach, Bollingen, Rorschach (Elveția), Ermelo, Oudtshoorn (Africa de Sud), Bargate, Horsham, Yorkstone (Anglia), Coconino, Dakota, Navajo, Wingate (SUA). În România, gresii sunt expuse la suprafață pe traseele turistice din munții: Bârgăului, Rarău, Giupalău, Rodnei, Obcinele Bucovinei, Vrancei, Ciucaș, Ceahlău, Tarcău, Bucegi, Baiului, Șureanu, Aninei, Măcin. Cel mai mare producător mondial este China, (113 milioane de tone), urmată de Rusia (37 milioane de tone) și USA (19 milioane de tone).

**DIVERSE:** În Austria, Muzeul Pietrarilor (Steinmetz Museum, Zogelsdorf) expune numeroase obiecte prin care atestă existența unei cariere de gresie cu vechime de peste 3000 de ani, în plină epocă neolitică. Bazinul Sydney, format în jurul râului Hawkesbury, este renumit pentru un strat de gresii cu grosime de peste 200 de metri, format în urmă cu 500 - 700 milioane de ani. Gresia Hawkesbury este extrem de poroasă, fiind preferată pentru filtre minerale. Printre clădirile emblematic ridicate în gresie Hawkesbury sunt: Universitatea din Sydney, Catedrala Sfântul Andrei, Colegiul Newington, Muzeul de Artă, Muzeul de istorie,

Gara Centrală, Clădirea Guvernului, Spitalul Sydney. India este renumită pentru numeroasele monumente și clădiri de cult ridicate în gresie, un exemplu tipic fiind orașul istoric Lahore, din Pakistan. La Florența, printre clădirile emblematice ridicate în gresie este Palazzo Vecchio, al cărui turn se înalță la 94 de metri. Un alt site istoric remarcabil este cel de la Petra (Iordania), cu aproximativ 4000 de monumente săpate direct în stâncă (în majoritate doar fațade).



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| Rao Qiu-hua et all    | Experimental study of mechanical properties of sandstone at high temperature |
| A. Taheri et all      | Experimental Study on Degradation of Mechanical Properties of Sandstone      |
| H. Roshan et all      | Microstructural effects on mechanical properties of shaly sandstone          |
| Yun Li et all         | Weakening Laws of Mechanical Properties of Sandstone                         |
| T. Yin et all         | Effect of oxygen on damage mechanism and mechanical properties               |
| Julie O'Connor et all | Changes in the Physical and Chemical Properties of Weathered Sandstone       |
| F.J. Pettijon et all  | Sand and Sandstone (book)  |
| S. Gulzar et all      | Mughal Sandstone Heritage of Lahore: Formulating the Restoration Strategy    |
| H. Siedel et all      | Laser cleaning as part of the restoration process                            |
| W.Wedekind et all     | Salt-weathering, conservation techniques and strategies in Petra/Jordan      |
| E. Al-Homadhi et all  | Artificial Sandstone Cores Production  |
| Han Xue-hui et all    | A new method for making artificial rock of unconsolidated sandstone          |

## 11. Calcar

COMPOZIȚIE CHIMICĂ:  $\text{CaCO}_3$  85-97 % ( $\text{CaO}$  48-54 %,  $\text{CO}_2$  20-40 %),  $\text{SiO}_2$  1-3 %,  $\text{MgO}$  1-3 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,6 %,  $\text{CaSO}_4$  0,5 %,  $\text{MnO}_2$  0,1 %. Mai poate conține urme de fluoruri, zinc sau plumb. Solubilitatea calcitului în apă distilată este de 14 mg/litru la 25 grade Celsius, iar ce a aragonitului este de 15,5 mg/litru la 25 grade Celsius. În prezența dioxidului de carbon ( $\text{CO}_2$ ) solubilitatea poate fi dublă, reacția fiind reversibilă. Prin încălzire și evaporarea apei, din soluție precipită carbonații de calciu și magneziu. Calcarul reacționează cu toți acizii, pentru ai neutraliza, formând săruri neutre. Calcarul dolomitic reacționează cu acizii slabi doar la temperaturi mai ridicate. Reacția cu acizii generează căldură, până la 4500 cal/mol (18,8 kJ/mol). La temperaturi de peste 95 grade Celsius, calcarul reacționează și cu dioxidul de sulf, pentru a forma sulfați. Prin încălzire, calcarul se descompune în  $\text{CaO}$  și  $\text{CO}_2$ , cu un consum de energie de 1700-1800 kJ/kg. Reacția cu acidul clorhidric este efervescentă, cu bule ce formează spumă.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Principalii componenți sunt: calcit, aragonit și dolomit. Alte minerale din compoziție pot fi: gips, calcedonie, cremene, argilă, pirit, oxizi de fier, nisip, fosile marine (spicule de spongieri, diatomee, radiolari, schelete animale). Calcitul și dolomitul formează cristale rombohedrale în timp ce aragonitul este rombic.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea pudrei este cuprinsă între 2,5 g/cm<sup>3</sup> și 2,8 g/cm<sup>3</sup>, în funcție de raportul mineralelor din compoziție (calcit 2,72 g/cm<sup>3</sup>, dolomit 2,86 g/cm<sup>3</sup>, aragonit 2,94 g/cm<sup>3</sup>), ca urmare a porozității roca uscată are o densitate aparentă cuprinsă între 1,5 și 2,3 g/cm<sup>3</sup>, porozitatea este variabilă, între 5 și 30 %, cea a dolomitei fiind între 1 și 10 %, absorbția apei este între 0,5 și 10 % cu o permeabilitate pentru apă cuprinsă între 0,2 și 1000 miliDarcy. Pentru calcarul calcitic, PH-ul este cuprins între 8 și 9, iar pentru cel dolomitic PH-ul poate fi între 9 și 9,2. Temperaturile ridicate determină expandarea rocii cu fracturare. Expuse la flacără directă, betoanele cu agregat calcaros se degradează mult mai rapid decât cele cu agregat granitic, temperaturile critice fiind cuprinse între 400 și 900 de grade Celsius. Ciclurile repetate de îngheț dezgheț alterează proprietățile mecanice ale rocilor calcaroase proporțional cu porozitatea.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** rezistența mecanică la compresiune este cuprinsă între 35 și 150 MPa, uneori până la 180 MPa, rezistența la tracțiune fiind cuprinsă între 5 și 25 MPa. Duritatea pe scara Moh variază între 2 și 4, iar rezistența la abraziune este între 4 și 10 kW oră/tonă. Prin fisurare și fracturare naturală, viteza de propagare a ultrasunetelor prin rocă scade, iar fisurile și fracturile ulterioare se propagă pe aceeași direcție cu cele pre-existente. În cazul rocilor fracturate, în mediu lichidian, rezistența la compresiune scade exponențial, invers proporțional cu presiunea exercitată de apă. Adăugarea de calcar în betoane ca agregat (circa 20 %) crește rezistența mecanică și capacitatea de a tampona soluțiile slab acide.

**CALITĂȚI:** Oxidul de calciu extras din calcar (varul nestins) este un excelent liant folosit în construcție pentru mortar încă din antichitate. Se mai păstrează până astăzi ziduri ale Imperiului Roman, vechi de 2000 de ani, ridicate cu astfel de mortar. Rocile din calcar au proprietăți mecanice rezonabile și au fost la rândul lor utilizate, fie fasonate, fie ca spărturi. Oxidul de calciu, ca materie primă, este utilizat pentru numeroase tipuri de produse, și ca agent industrial pentru numeroase reacții chimice. Pudra de calcar se utilizează și pe post de filtru, pentru soluții neapoase. Calcitul este utilizat industrial pentru: adezivi, izolatori, cosmetice, conservant, vopsele, hârtie, mase plastice, cauciuc sintetic, ameliorarea solurilor. Calcarul este o rocă ușor de prelucrat mecanic și termic, se exploatează în cariere cu explozivi banali. Se taie relativ ușor în blocuri de 3 x 1 x 1 metri.

**DEFECTE:** Roca are compoziție neomogenă, de foarte multe ori cu multe impurități. Este destul de rapid alterat prin factorii de eroziune, este sensibil la reacția cu apa și acizii slabi, este friabil și instabil. Cel mai spectaculos mod de a vizualiza reacția cu apa este în peșterile din zonele carstice, unde stalactitele și stalagmitele prezintă elocvent acest tip de transformare metamorfică. Cu o cinetică de 0,01 - 0,1 cm/an, formațiunile concreționare din peșteri au nevoie de mii de ani pentru a deveni coloane impresionante. Expuse

în mediul extern, rocile se alterează însă mult mai rapid. Praful de calcar nu este silicogen, dar inhalat cronic produce pneumoconioze.

**REMEDII/RESTAURARE:** În cazul monumentelor istorice, înlocuirea blocurilor de calcar alterate se face cu blocuri noi extrase din aceeași carieră, cu aceeași porozitate. Selectarea blocurilor se face cu ultrasunete. De exemplu, pentru roci cu porozitate între 18 și 25 %, viteza de propagare a ultrasunetelor trebuie să fie între 3844 și 4195 metri/secundă. Pentru alegerea blocurilor se pot utiliza și metode spectro-fotometice, pentru evaluare mineralogică și alegerea culorii optime. Calcarul fracturat sau fisurat se poate lipi cu lianți compuși din calcit și var nestins, în proporții diferite. În cazul alterărilor produse de apa sărată din mediul marin, restaurarea se poate face cu soluții de nano-calcar dizolvat în alcool izopropilic, de tip NanoRestore. Pentru impermeabilizarea suprafețelor expuse la mediul umed se pot utiliza soluții de sticlă lichidă și polisilicați. Restaurarea ecosistemului în urma carierelor de calcar se face prin acoperire cu pământ și refacerea vegetației.

**DESCRIERE:** Calcarul este o rocă sedimentară de origine organică, formată prin depunerea resturilor unor organisme marine bogate în carbonat de calciu. Atunci când porozitatea este mare, în termeni industriali este denumit cretă, iar oxidul de calciu rezutat prin încălzire este cunoscut sub denumirea de var nestins. Calcarul cu un conținut bogat în argile este denumit marnă. O varietate de calcar din vecinătatea izvoarelor hidrotermale, în urma transformărilor metamorfice este denumit travertin. Sunt descrise alte circa 300 de varietăți de calcar, dintre care mai importante sunt: micritic (microbian), algal (din alge), oolitic (din ooliți), tufa (precipitat din izvoare naturale). Culoarea dominantă este albă, cenușie sau galbenă, în funcție de impuritățile pe care le include. Oxizii de fier pot să contribuie la o tentă roșietică. Ca urmare a conținutului în substanțe carbonatate are un miros caracteristic, de pământ. În clasificări mai vechi, se utiliza termenul de roci calcaroase pentru orice rocă cu mai mult de 65 % carbonat de calciu în compoziție, cu multiple grade de calitate.

**GENEZĂ:** Majoritatea depozitelor de calcar s-au format in situ (pe loc), în ape liniștite sau adânci, prin depuneri succesive de material organic. Principalele locații pentru depuneri au fost plaje marine, lagune, recifuri, platouri inundate în timpul fluxului, platouri marine, bazine adânci, pe fundul oceanului. Procesul în urma căruia organismele marine se transformă în roci poartă numele de diagenază și are șase componente: 1. micritizarea microbiană (cianobacterii, spobgieri, scoici, poliachete sau fungi) constă din depunerea de carbonați de calciu (micrit) 2. cimentarea constă din formarea cristalelor de calcit în urma deshidratării 3. neomorfismul este reprezentat prin recristalizarea calcitului dizolvat în apă, în mod repetat 4. disoluția are loc prin spălare repetată cu apă și înlăturarea soluției 5. compactarea se produce atunci când depozitul este îngropat în urma unor procese tectonice sau de subducție 6. dolomitizarea constă din formarea carbonatului dublu de calciu și magneziu, la suprafața depozitelor îngropate în epoca Precambriană. Ca urmare a înlocuirii calcitului prin magneziu, dolomitul format este mai stabil decât calcitul și nu mai repetă ciclurile de neomorfism.

**PRODUSE COMERCIALE:** Anual se exploatează circa 4500 milioane de tone de calcar, în mare majoritate sub formă de agregat pentru construcții și betoane. Circa 1500 milioane de tone din cel extras se utilizează pentru producția de ciment ieftin, ciment Portland, mortar pentru construcții, adezivi și vopsele. Cantități mari se utilizează pentru drumuri, sau ca agregat în asfalt. În agricultură se utilizează ca amendament pentru soluri acide și ca supliment de hrană, în special pentru păsări. În metalurgie calciul se utilizează pentru rafinarea fierului și în producția de oțeluri sau alumină. Este un component important și în producția de: sticlă, ceramică, vată minerală, hârtie, chimicale organice. Se utilizează și pentru filtrarea apei sau tratamentul apelor reziduale, fixarea gazelor nocive din termocentrale. Nisip calcaros se utilizează pentru corectarea PH-ului apelor de munte afectate de ploii acide, în amenajări piscicole pentru păstrăv. Blocuri de calcar s-au utilizat în regiunea Marilor Lacuri pentru a reduce curenții, construind recifuri artificiale în fața porturilor și a locurilor de pescuit.

**DEPOZITE MONDIALE:** Fiind format prin depunerea unor microorganisme marine, calcarul este răspândit în natură pe platourile continentale vechi și în munții tineri formați prin cutarea scoarței. În Europa, depozitele cele mai mari de calcar s-au format cu sute de milioane de ani în urmă, în epocile Triasic și Cretacic (de unde și denumirea). Principalele depozite sunt în Munții Alpi. În România, cel mai mare depozit este în Munții Apuseni (Bihor, Trascăului). Roci calcaroase expuse pot fi văzute și în munții: Rodnei, Rarău, Giupalău, Suhard, Piatra Craiului, Latoriței, Parâng, Retezat, Țarcu, Godeanu, Șureanu, Aninei, Semenic, Măcin. Interesante fenomene carstice pot fi remarcate în: Munții Apuseni (Padiș), Munții Anina (Cheile Nerei), Munții Bucegi (Sfinxul și Babele). În Danemarca este un calcar coraligen vechi de 60 milioane de ani, iar în Turcia sunt terase din travertin la Pamukkale. Importante masive calcaroase din Europa sunt în munții: Apenini (Italia), Caucaz (Rusia), Estremadura (Portugalia), Chartreuse (Franța), Pirinei (Franța), Mali me Gropa (Albania), Rhenish (Germania), Plitwitzer (Croația), Orjen (Munteneșu), Karst (Slovenia). Cele mai mari depozite de calcar sunt în China, cu 175 de noi depozite descoperite doar în ultimii ani. Pentru anul 2012 producția mondială de calcar a fost estimată la 430 milioane de tone, dintre care 310 milioane de tone în China, urmată la mare distanță de SUA (17 milioane de tone), India (16 milioane de tone), Rusia (11 milioane de tone), Brazilia (8,1 milioane de tone), Germania (7,1 milioane de tone) și Japonia (7 milioane de tone).

**DIVERSE:** Ca material de construcție a fost menționat în scris pentru prima dată într-un manuscris al lui Pliniu cel Bătrân, sub numele de Calx, dar era cunoscut cu sute de ani mai înainte. Cele mai vechi urme au fost identificate în piramidele Egiptene (la Giza), vechi de 5800 de ani, la Marele Sfinx din Egipt, sau în Tibet, la piramidele din Shersi. Calcarul a fost utilizat extensiv și pentru construcția Zidului Chinezesc. Coloanele Parthenonului din Athena au fost inițial din calcar. În Evul Mediu varul nestins era unul dintre reactivii de bază din laboratoarele alchimiștilor, folosit pentru "causticizare". Cartagena de Indias (Columbia) este sediul a numeroase monumente istorice zidite cu blocuri de calcar, printre care Turnul cu Ceas de la poarta orașului. În America, celebra Empire State Building include peste 19 000 de tone de calcar din Indiana, cunoscut și sub numele de Bedford limestone. În România, un monument paleocreștin istoric unic este la Basarabi (Murfatlar), unde sihaștrii au săpat câteva mici biserici în creta calcaroasă.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                      |   |
|----------------------|---|
| J.A.H. Oates         | Lime and Limestone: Chemistry and Technology, Production and Uses                 |
| Arthur Palmer        | Origin and morphology of limestone caves  |
| Jian Ping Zuo et all | Experimental study of ultrasonic and mechanical properties of fractured limestone |
| Zhanping Song et all | Mechanical properties of limestone under hydro-mechanical coupling                |
| M. Ghrici et all     | Mechanical properties and durability of mortar and concrete containing limestone  |
| M. Tufail et all     | Effect of Elevated Temperature on Mechanical Properties of Limestone              |
| Javad Eslami         | Influence of mechanical properties of limestone subjected to freeze thaw cycles   |
| S. Ruffolo et all    | Efficacy of nanolime in restoration procedures of salt weathered limestone        |

Mark Hudy et all	Restoration of an Acidified Brook Trout Stream with Limestone Sand
Bianco Lino	Limestone replacement in restoration
M. Saba et all	Physico-mechanical characterization of the limestone used in Cartagena walls
L. Hopkinson et all	Sourcing limestone masonry for restoration of historic buildings
V. Loganina et all	Compositions for Limestone Restoration
K. Scrivener et all	Calcinated clay limestone cements
Rodica Ion et all	Restoration and Preservation of Cultural Heritage Monument

## 12. Marnă

**COMPOZIȚIE CHIMICĂ:**  $\text{CaCO}_3$  35-66 % ( $\text{CaO}$  23-35 %,  $\text{CO}_2$  15-30 %),  $\text{SiO}_2$  23-35 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  3-10 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  1-4 %. Marnele conțin și urme de Mg, Mn, Na, K, P. Conținutul în Mg și Na, deși este nesemnificativ procentual contribuie în mare măsură la accelerarea proceselor de alterare prin eroziune, alături de valoarea PH-ului. Reactivitatea chimică este la fel ca pentru calcar, dar mai puțin energică. În mediu acid, carbonatul de calciu se descompune în  $\text{CaO}$  și  $\text{CO}_2$ .



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Marnele conțin în principal calcit, dolomit, aragonit, argilă, glauconit și siderit, în proporții variabile. Componenti auxiliari pot fi: gips, anhidrit, sare, cuarț, pirit, mică, illit, clorit, sericit, muscovit. Printre incluziunile rocii sunt și fosile sau microfosile marine, zirconiu. Prin încălzirea rocilor marnoase și dolomitice, în cursul procesului de calcinare se formează minerale noi, printre care: metakaolinit, gehlenit, anorthit, periclase, diopsid.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** roca deshidratată are o densitate cuprinsă între 1,8 și 2,2 g/cm, cu o porozitate între 3 și 10 %, absorbția apei este între 1 și 5 %, iar permeabilitatea pentru apă este cuprinsă între 0,1 și 2 miliDarcy. Pe scara Moh, marlele au o duritate cuprinsă între 1 și 2, asemănătoare cu creta.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Marnele sunt roci slabe, friabile, fără valoare pentru solicitările mecanice. Rezistența maximă la compresiune este între 7 și 9 MPa iar rezistența la tracțiune este între 1 și 2 MPa. În ce privește rezistența mecanică, rocile sunt clasificate undeva între rocile slabe și pământurile bine tasate.

**CALITĂȚI:** Marnele sunt roci cu textură foarte fină, compacte, relativ impermeabile pentru apă, astfel că pot conține depozite mari de petrol și gaze, formate din degradarea materialului biologic din sediment. Fiind

friabile, marnele sunt ușor de exploatat, în volume mari. Conținutul bogat în oxid de calciu și feldpat le recomandă în special ca marnerie primă pentru ciment și lianți. Acolo unde nu există argile de calitate, marnele pot fi materie primă și pentru producția de cărămidă și produse ceramice, dar de calitate inferioară.

**DEFECTE:** Fiind roci cu proprietăți mecanice reduse, marnele se comportă aleator în condiții de supunere la stress, fiind compresibile și plastice. Drumurile construite pe terenuri marnoase se strică mult mai repede, prin apariția unor gropi de mari dimensiuni, sau chiar rupturi și deplasări de teren. Carierele și tunelurile sunt instabile, sensibile la orice mișcări tectonice, necesitând măsuri speciale de siguranță și consolidare. În cazul barajelor, modificările plastice rezultate sub presiunea constantă pot avea urmări catastrofale. Marnele au o structură discontinuă, sunt de multe ori plate și fracturate tectonic, astfel că este foarte greu de anticipat comportamentul în condiții de solicitare mecanică (construcții de mari dimensiuni pe sol marnos).

**REMEDII/RESTAURARE:** Pentru stabilizarea terenurilor marnoase pe care se construiesc drumuri se poate utiliza un amestec de zgură industrială și cenușă (deșeuri calcinate, pe post de liant), capabile să crească rezistența la solicitări de până la 22 de ori. Rezultate similare s-au obținut și utilizând cenușă vulcanică, respectiv trei tipuri de pozzolana naturală. Prin calcinare, din marne se pot obține geopolimeri cu proprietăți mecanice mult crescute, mergând până la o rezistență la compresiune de 34 MPa. Prin amestec cu calcar, proprietățile mecanice se augmentează și mai mult. Un exemplu de restaurare a unui monument istoric ridicat cu blocuri de marnă îl reprezintă Catedrala din Bourges (Franța), unde s-a utilizat ciment natural, identic cu cel produs în jurul anului 1820 prin calcinarea marnei la temperaturi cuprinse între 1000 și 1100 de grade Celsius. Cimentul natural are în compoziție: CaO 45-55 %, SiO<sub>2</sub> 20-30 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 8-10 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3-7 %, MgO 1-2 %, SO<sub>3</sub> 0,5-3 % (sulfur provine din gips). Pentru a distinge zonele de rocă bogate în carbonați de cele bogate în siliciu se poate aplica inițial un strat de indicator, cum este fenolftaleina. Prezența cuarțului nealterat în compoziția cimentului natural indică faptul că pudra calcinată era amestecată și cu pudră marnoasă nearsă, sau cu nisip.

**DESCRIERE:** Marna este o rocă sedimentară compusă din carbonat de calciu și argilă, de obicei de culoare cenușie sau albăstruie. Marnele bogate în glauconit au o culoare spre verzui. Prin conținutul în fier, marnele pot fi și maronii sau roșietice. Prin compoziția sa chimică, marnele sunt roci intermediare între calcar și argilă pură. Rocile pot fi masive sau stratificate, cu textură pelitică fină (cu particule < 0,02 mm), de cele mai multe ori microstratificată. În funcție de mineralele din compoziție, se descriu varietăți de marnă: gipsiferă, saliferă, glauconitică, calcaroasă sau bituminoasă. Inițial, denumirea de marnă s-a aplicat pentru orice depozit mineral compus din carbonat și argilă, dar în prezent se utilizează doar pentru depozite marine sau lacustre pietrificate. Când carbonatul din compoziție este mai mic de 35 % se utilizează termenul de argilă calcaroasă sau argilă. În funcție de factorii climatici, fauna și flora din sedimentele depuse au fost variabile ca volum, astfel că s-au format straturi succesive în care predomină calcitul sau argila. La fel ca inelele din trunchiul arborilor, marnele sunt o adevărată amprentă a modificărilor climatice, la scară geologică. Fractura este concoidală. Marnele se fisurează și fracturează ușor, având tendința naturală de a forma bolovăniș, apoi pietriș și nisipuri. De multe ori, rocile au o structură nodulară, cu zone mai puternic cimentate într-o masă mai fragilă. Eventual, rocile complet alterate, până la nisip, ajung din nou în mediu acvatic pentru a se recimenta din nou.

**GENEZĂ:** Marnele s-au format în era Cretacică, prin depunere de sediment marin (plancton), în paralel cu depozitele de calcar și cretă. Depozitele continentale din Nordul Europei conțin frecvent următoarea secvență de straturi geologice: un strat de cretă cenușie gros de 10-25 metri, un strat de marnă cretoasă gros de 20-50 metri, un strat de marnă glauconitică gros de câțiva metri și în profunzime un strat de argilă gros de 30-50 metri. De exemplu, tunelul de sub Marea Nordului dintre Anglia și Franța a fost săpat în stratul de marnă cretoasă. În cazul marnelor lacustrine, sedimentul constă în special din spiculi algei moarte, astfel că textura rocilor este extrem de fină, iar PH-ul este mai ridicat. În zonele expuse ultimelor glaciațiuni, se găsesc și depozite lenticulare de marne, denumite lacuri de marnă, formate în ape puternic alcaline cu mult carbonat

de calciu în soluție. La scară mică, depozite de marnă se pot depune și în interiorul țevilor sau conductelor prin care trece apa calcaroasă, în puțuri și fântâni. La fel ca pentru calcar, se vorbește despre un proces de diageneză. Durata unui ciclu de transformare a calcarului în marnă a fost estimată la circa 20 000 până la 100 000 de ani, cu un ritm de sedimentare cuprins între 0,5 și 3 cm la fiecare 1000 de ani. Natura a muncit milioane de ani pentru ceea ce noi consumăm într-un singur an.

**PRODUSE COMERCIALE:** Marnele sunt roci aproape exclusiv industriale, utilizate în principal pentru fabricarea cimentului și cărămidilor, sau ca amendamente agricole pentru solurile acide. Fiind bogate în lianți minerali naturali, se utilizează și pentru diguri, sau la fundația barajelor, unde se scontează pe o pietrificare in situ. Carbonatul din compoziție se poate extrage termic sau chimic, pentru a fi utilizat în producția de materiale de construcție (tencuieli, vopsele, var nestins). În lagune și zone de coastă marină, marnele au fost utilizate cu succes și ca rocă de substrat (sursă de calciu) pentru scoicile de cultură. Fostele exploatări de marnă, datorită permeabilității reduse, au fost utilizate și pentru depozitarea deșeurilor radioactive, pentru o îmbogățire și valorificare ulterioară. Există și plăci sau dale din marnă, dar calitatea lor este inferioară gresiei artificiale. Se utilizează uneori pentru sculpturi și decoruri, în special în interiorul bisericilor, unde nu sunt expuse la eroziune. Cea mai mare companie producătoare este Marl Chemical Park, întinsă pe 55 de kilometri, cu 100 de fabrici prelucrătoare și o producție anuală de 4 milioane de tone metrice.

**DEPOZITE MONDIALE:** Marnele sunt roci comune răspândite pe întreaga suprafață a planetei, în principal în vecinătatea depozitelor de calcar și cretă. Depozite importante sunt în zonele costiere ale Oceanului Atlantic, în special în Europa și America de Nord. În România, depozite masive de marne se găsesc în munții: Rodnei, Vrancei, Baiului, Șureanu și Semenice. Câteva dintre cele mai mari cariere pentru exploatarea marnelor se găsesc la: South Limburg și Maastricht (Olanda), Osnovnoy și Amvrosievka (Ukraina), Ludes, Marne, Reims (Franța), Molle (Suedia), Kentucky Knit (USA).

**DIVERSE:** Canalul Corinth (Grecia), lung de 6,3 Km, a fost săpat până la adâncimi de 85 de metri într-un strat de marnă bine cimentată. În ciuda numeroaselor mișcări tectonice, pereții canalului au cauzat doar probleme minore de stabilitate în 100 de ani de exploatare. Datorită conținutului bogat în fosile, unele depozite de marne sunt interesante și din punct de vedere paleontologic. Fosile întregi ale unor pești arhaici au putut fi observate microscopic prin aplicarea unor uleiuri ușoare pe suprafețele polizate (Bushinsky oil technique). Un monument emblematic cu numeroase decorațiuni sculptate în marnă este Catedrala din Bourges (Franța) ridicată între anii 1195-1230, restaurată îndelung între anii 1829-1847, inclusiv impresionantul portal sculptat. Un impresionant monument modern, este și mâna sculptată în marnă în mijlocul deșertului Atacama (Chile), ridicat în onoarea victimelor justiției din timpul unei dictaturi militare.



#### BIBLIOGRAFIE:

- Maria Ovechkina et al    Calcareous Nannofossil Biostratigraphy  
 Peter Gorog                Characterization and mechanical properties of Eocene Buda Marl  
 E. Bensaifi et al            Influence of furnace slag on mechanical properties of compacted marl



S. Salehin et all	Exploring mechanical properties of marl core samples
J. Sadrekarimi et all	Geotechnical features of Tabriz Marl
Hadi Bahadori et all	Experimental Study on Marl Soil Stabilization Using Natural Pozzolans
Laila Mesrar et all	Study of Taza's Miocene Marl applications in heavy clay industry
Anagnostopoulos et all	A framework for the mechanical behavior of the cemented Corinth marl
N. Rakhimova et all	Marl based geopolymers incorporated with limestone: A feasibility study
G. Einsele	Limestone-Marl Cycles (Periodites): Diagnosis, Significance, Causes
A.A. Ekdale et all	Trace fossils and ichnofabric in the Kjolby Gaard Marl
S. Shoal	Mineralogical changes upon heating calcitic and dolomitic marl rocks
M. Varavipour	Relationship between chemical properties and types of erosion on marl soils
C.Gosselin et all	Natural cement and stone restoration of Bourges Cathedral

## 13. Dolomită

**COMPOZIȚIE CHIMICĂ:**  $\text{CaCO}_3$  57 %,  $\text{MgCO}_3$  43 % ( $\text{CaO}$  31-50 %,  $\text{MgO}$  20-43 %,  $\text{CO}_2$  26-45 %),  $\text{SiO}_2$  0-2 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0-1 %. Mai poate conține urme de Al, Na, K, Mn, P, S. Reactivitatea chimică este similară cu a calcarului, dar mai puțin energetică. În prezența acidului clorhidric se formează bule de bioxid de carbon, dar fără efervescentă.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Masa rocii este formată din dolomit, magnezit și calcit. Alte minerale din compoziție pot fi: aragonit, brucit, huntit, hydromagnezit, siderit, pirit, fluorit, barit, gips, cuarț, talc, diopsid, apatit. În depozitele marine, la dâncimi de peste 3000 de metri, dolomita se depozitează în straturi, amestecată cu alte minerale. Dolomita poate reprezenta 80-95 % din rocă, restul fiind un amestec de anhidrit, gips, cuarț, fluorit, feldspat plagioclaz și argile.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** pudra are o densitate de 2,87 g/cm<sup>3</sup> iar pentru roca uscată densitatea medie este cuprinsă între 2,6 și 2,8 g/cm<sup>3</sup>, cu o porozitate de 5-30 %, absorbție a apei de 12-14 % și permeabilitate pentru apă de 22-500 miliDarcy. Reacția reversibilă de fixare/eliberare a bioxidului de carbon în jurul temperaturii de 550 grade Celsius poate fi utilizată pentru conservarea energiei produse în centralele solare. La temperaturi cuprinse între 770 și 830 grade Celsius se produce o disociere completă a bioxidului de carbon din dolomită, respectiv din calcit.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** În funcție de porozitate și gradul de deshidratare, rezistența la compresiune este cuprinsă între 50 și 150 MPa, iar rezistența la tracțiune este cuprinsă între 5 și 15 MPa. Durezza este în jur de 4 pe scara Moh, sau mai mică. Dolomita nu este utilizată atât pentru proprietățile ei mecanice intrinseci, cât pentru a crește proprietățile mecanice ale betoanelor și materialelor compozite în componența cărora se adaugă fie ca liant fie ca agregat.

**CALITĂȚI:** Dolomita este o rocă dură, mai rezistentă la eroziune decât calcarul, dar supusă totuși fenomenelor carstice. Fiind puțin permeabilă, roca adăpostește uneori depozite importante de petrol și gaze. Prin compoziția chimică, dolomitul are cam aceleași utilizări ca rocile calcaroase. Oxidul de magneziu este valoros în metalurgie pentru producția de oțeluri, în industria sticlei pentru producerea vatei de sticlă și în agricultură ca amendament agricol. Fiind o rocă mai dură, pulberea dolomitică se utilizează și ca abraziv, pentru șlefuirea sticlei și a porțelanului. Magneziul din compoziție este materie primă pentru producerea de reactivi chimici. Prin acțiunea antimicrobiană și capacitatea de a lega substanțele toxice dolomita este un component important și în bazinele de filtrare a apei. Resturile industriale de dolomită se pot utiliza ca agregat în betoane pre-comprimate, deoarece rezistă bine la presiuni de turnare de 125 MPa și la temperaturi de până la 400 grade Celsius. Pudra de dolomită se poate utiliza pentru producția de betoane aerate (BCA), utilizând o matrice geopolimerică și apă oxigenată.

**DEFECTE:** Este mai greu de procesat mecanic decât calcarul și mai puțin reactiv chimic. Dacă se utilizează ca agregat pentru betoane, crește rezistența mecanică a acestora, dar scade maleabilitatea, pasta fiind mai vâscoasă, mai greu de turnat. Multe dintre depozitele de dolomită exploatabile la suprafață sunt de fapt produse de alterare ale unor depozite de dolomită mai vechi, având ca rezultat modificări geochemice și texturale. În mediu acvatic o parte din carbonați se vor hidrata, cu formare de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  și  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , având ca rezultat o scădere drastică a proprietăților mecanice. Pudra de dolomită este iritantă pentru căile respiratorii, iar expunerea cronică favorizează apariția silicozei. La temperaturi de peste 1350 grade Celsius,  $\text{CaO}$  și  $\text{MgO}$  din dolomită reacționează cu  $\text{SiO}_2$  și  $\text{FeO}$  pentru a forma o zgură compusă din silicați și ferită de calciu.

**REMEDII/RESTAURARE:** Lucrările de artă sculptate în dolomită se pot repara sau restaura cu o pastă compusă din dolomit, magnezit și calcit (var nestins). Pentru a obține o rocă artificială similară celei naturale sunt importante condițiile de temperatură, și concentrația ionilor de magneziu, deci pasta trebuie uscată în cuptoare ceramice. În condiții de laborator, cristale de dolomită s-au obținut și adăugând calcit într-o soluție de clorură de magneziu, timp de 8-240 de ore, la temperaturi cuprinse între 190 și 230 grade Celsius. O pastă compusă din dolomită și argile se poate utiliza pentru înlocuirea mortarului din zidurile și apeducturile Romane, acolo unde Romanii au utilizat dolomită în loc de marne.

**DESCRIERE:** Dolomita este o rocă sedimentară alcătuită din carbonați, asemănătoare calcarului, dar în urma unor procese diagenetice hidro-termale o parte din carbonatul de calciu a fost înlocuit prin carbonat de magneziu. Ca rezultat, roca este compactă, bine cimentată, mai dură și mai sfărâmicioasă. Mineralele din compoziție fiind cu refracție dublă, roca are o culoare translucidă, alb lăptos, asemănătoare calcarului, dar prin spargere suprafața este așchioasă. Cristalele de dolomit și magnezit formează o granulație medie, cu aspect zaharos. Sub microscop, cristalele sunt rombice, cu porozitate semnificativă. Prin conținutul în oxizi de fier, roca expusă la suprafața solului se alterează primind o colorație roșietică, maronie. Resturi fosilifere pot fi prezente dar sunt mult mai rare decât în calcar, cu structura fragmentată prin cristale rombice de dolomit.

**GENEZĂ:** Rocile dolomitice se formează în mediu marin, în condițiile unei concentrații crescute a magneziului, mediată de sărurile acidului sulfuric prin următoarea reacție chimică:  $\text{CaCO}_3 + \text{MgSO}_4 + \text{CH}_4 = \text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{S}$ . Importantă este formarea carbonatului de magneziu prin:  $\text{MgSO}_4 + \text{CH}_4 = \text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$ . Sulfatul de magneziu provine din apa de mare, unde se depune în apropierea zonelor

cu activitate vulcanică. Relativ frecvent, procesul de dolomitizare afectează recifurile de corali, prin formare de aragonit. Frecvent se formează în vecinătatea depozitelor de calcar, dar cu o distribuție mai redusă și în cantități mult mai mici. Reacția este exotermă și o dată începută se perpetuează, procesul de dolomitizare fiind accelerat la temperaturi mai mari de 60-100 grade Celsius. Tipic, reacția continuă până la epuizarea depozitului de calcar. Reacția este reversibilă, procesul are uneori loc și în sens invers (dedolomitizare) cu formare de calcar, în special în ape de adâncime mică din vecinătatea țărmurilor, cu mult calciu și puțin magneziu în soluție, magneziul fiind îndepărtat permanent prin spălare.

**PRODUSE COMERCIALE:** Dolomita este o rocă utilizată aproape exclusiv pentru aplicații industriale. Se pot tăia blocuri pentru construcție sau plăci pentru pavaj, dar roca nu prezintă nici un fel de avantaj mecanic sau fizico-chimic. Sculpturile în dolomită sunt ocazionale. Se utilizează în special sub formă de spărtură, pietriș mărunț sau pudră. Principalele aplicații sunt în metalurgie, ceramică și industria sticlei. Se mai utilizează pentru producția de hârtie, mase plastice, polimeri și geo-polimeri, magneziu metallic. Piața globală pentru dolomită pentru anul 2020 a fost estimată la circa 2,25 miliarde de dolari, principalele companii de pe piață fiind: Calconor, Carneuse, Imerys, Lhoist, Omya AG, RHI Magnesita, Sibelco și Vardar Dolomite.

**DEPOZITE MONDIALE:** Dolomita este o rocă relativ ieftină, dar mai scumpă decât calcarul, răspândită pe toată suprafața globului. În depozitele oceanice de mare adâncime, dolomita reprezintă circa 1 % din straturile de rocă, având aceeași textură și dimensiune a cristalelor ca în dolomita din marile depozite situate în zonele de coastă. Principalele țări exportatoare de dolomită pentru anul 2018 au fost: Emiratele Arabe Unite (2 milioane de tone), Thailanda (151 000 tone), Italia (30 000 tone), Uniunea Europeană (40 000 tone), Iran (20 000 tone), Lituania (19 000 tone). În România, depozitele de dolomit sunt în paralel cu cele de calcar, distribuite în munții: Bistriței, Tulgheș, Făgăraș, Poiana Ruscă, Rodnei, Bihorului.

**DIVERSE:** Denumirea a fost aleasă spre onoarea geologului Guy Tancrede de Dolomieu (1750-1801), cel care a descris acest mineral pentru prima dată în zidurile Romei Antice și apoi în Munții Dolomiți, în Sudul Munților Alpi (între anii 1786-1790). Munții Dolomiți reprezintă nu doar un important depozit de dolomită, dar și un adevărat muzeu peleoontologic în aer liber, cu numeroase fosile așezate în straturi suprapuse ce acoperă intervalul geologic dintre Permianul Superior (270 milioane îen) și Triassic (200 milioane îen). Depozitul atinge grosimi totale de peste 1000 de metri. Printre monumentele artistice în dolomită este și cel dedicat Războiului de independență, realizat de Jaan Koort (Estonia). În India, dolomitul este preferat pentru stauile lui Budha din templele Budhiste. Proporții impresionante are monumentul de la Bennington (Vermont, USA), înalt de 93 de metri, ridicat spre amintirea unei importante victorii obținută de americani în Războiul de Independență.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                     |   |
|---------------------|---|
| H.C. Heard et all   | Mechanical properties of Blair dolomite                         |
| Adesakin A.O et all | Mechanical properties of dolomite as filler in polyester        |
| Y. Agrawal et all   | Potential of dolomite industrial waste as construction material |

W.Lin et all	Recycling the waste dolomite powder with excellent consolidation properties
Shu Yan et all	Mechanical properties of dolomite hollow microspheres foams
E.A. Azimi et all	Review of Dolomite as Precursor of Geopolymer Materials
S.J. Mazzullo	Geochemical and neomorphic alteration of dolomite
O. Pokrovsky et all	Dolomite surface speciation and reactivity in aquatic systems
G.M Hernandez et all	Dissolution-precipitation reactions controlling fast formation of dolomite
Jay Gregg et all	Mineralogy, nucleation and growth of dolomite in laboratory environment
D. Lumsden et all	Mineralogy and Mn geochemistry of laboratory-synthesized dolomite
Ewa Krogulec et all	Mineralogy and permeability of Gas and Oil Dolomite Reservoirs
David Lumsden	Characteristics of deep-marine dolomite
I. Kirilovica et all	Chemical and Physical Processes in Synthesis of Roman cement from Dolomite
T. Humphries et all	Dolomite: a low cost thermochemical energy storage material
Y.Satyoko et all	Dissolution of dolomite and doloma in silicate slag
S. Gunasekaran et all	Thermal decomposition of natural dolomite

## 14. Argilă

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 50-68 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 16-34 %, MgO 3-7 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2-7 %, Na<sub>2</sub>O 1-3 %. Mai poate conține și Ca, K, P, Ti, Mn, Ba. Concentrația totală a ionilor de fier și aluminiu ce pot fi extrași cu o soluție de citrat-ditionit-bicarbonat (CDB) poate indica cât de susceptibile la eroziune sunt solurile argiloase analizate. Eroziunea este proporțională cu suma ionilor metalici.



COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ: Principalele minerale din compoziție sunt: cuarț, feldspați și mică. componenți frecvent identificați sunt: biotit, clorit, muscovit, illit, montmorilonit, beidelit, caolinit, smectit, sepiolit, calcit, siderit, pirit, marcasit și alți oxizi de fier, dolomit, turmalină. Caoliniul se poate identifica cu soluție de albastru de metil, se colorează în violet deschis, iar beidelitul se colorează verzui strălucitor. Hidromica se poate identifica cu benzidină, se colorează gri. Cel mai comod însă, identificarea mineralogică se face prin difracția razelor X, cu mici aparate portabile.

PROPRIETĂȚI FIZICE: densitatea medie este cuprinsă între 18 și 2 g/cm<sup>3</sup>, pentru o porozitate de 33-66 %, cu o absorbție a apei de 25-50 %, cu o permeabilitate pentru apă de 12-200 miliDarcy. În contact cu apa, particulele de argilă se înconjoară cu un film de apă și roca devine moale, plastică. Prin uscare sau expunere

la flacără, granulele se cimentează și roca devine tare, friabilă. Pe măsură ce se hidratează, argilele devin impermeabile pentru apă și joacă un rol esențial în formarea pânzelor de apă freatică. Majoritatea argilelor au un miros caracteristic, argilos (lutos).

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Argilele neconsolidate au rezistență mecanică redusă, până la 2-4 MPa pentru compresiune și 0,2-0,5 MPa pentru forțele de tracțiune. Argilele consolidate (argilitul) pot avea o rezistență mecanică asemănătoare cărămidei, cuprinsă între 17 și 68 MPa (în funcție de compoziția chimică) pentru compresiune și între 2 și 4 MPa pentru forțele de tracțiune. Argila moale are duritatea 1 (poate fi zgâriată cu unghia) în timp ce argilitul are duritatea între 2,5 și 3 pe scara Moh. Spre deosebire de alte roci, argilele umede sunt însă plastice, atunci când în compoziție caolinitul este între 36 și 40 % iar apa formează circa 58-72 %. Calitatea argilelor industriale se măsoară prin lucrul mecanic necesar pentru a întinde sub formă a foaie o probă de material. În prezența apei, cristalele aplatizate de mică și filo-silicați, alunecă unul deasupra altuia, dar rămân totuși aderente prin pelicula fină de apă, astfel că materialul în ansamblu caută să se așeze în condițiile de minimum de forțe. Plasticitatea solurilor argiloase trebuie luată în calcul atunci când se construiește deasupra acestor soluri. La temperaturi normale, uscarea și rehidratatrea se pot repeta de nenumărate ori. Prin ardere, sau uscare la temperaturi mari, între cristale se formează legături ireversibile și hidratarea nu mai este posibilă. În unele dintre argile, cristalele încărcate electric negativ se înconjoară cu ioni pozitivi de sodiu, potasiu și calciu. Aceste argile, în mediu lichid acționează ca schimbătoare de ioni, putând elibera sau atrage ionii pozitivi.

**CALITĂȚI:** Plasticitatea argilelor hidratate a fost descoperită și exploatată de om încă din epocile primitive, pentru producerea primelor obiecte ceramice. Fără oalele din lut, omenirea ar fi fost și astăzi parte a regnului animal. Capacitatea de a reține apa și acțiunea ca schimbător de ioni contribuie mult la fertilitatea solurilor și la formarea pânzelor freactice. Argila poate fi utilizată ca sursă de siliciu, în loc de nisip, mai ales atunci când granulația particulelor conține. În materiale compozite, particulele de argilă se acoperă cu liant pentru a realiza o aderență extrem de bună. Prin plasticitate, orice pastă de argilă poate fi turnată în forme, sau poate fi pompată sub presiune pentru a umple golurile dintr-un corp solid.

**DEFECTE:** Solurile argiloase pun nenumărate probleme constructorilor, prin comportamentul lor imprevizibil. În contact cu apa, se pot umfla sau se pot tasa, dar mai ales pot antrena alunecări de teren. Argilele din același depozit, dar din straturi diferite, pot avea compoziție chimică și proprietăți mecanice diferite. Solurile argiloase sunt foarte sensibile la eroziune, în special atunci când conțin mult fier și aluminiu. Prin capacitatea lor de a lega ionii metalici, argilele pot acumula cantități mari de noxe, motiv pentru care utilizarea lor ca aditiv în furaje sau preparate farmaceutice trebuie făcută doar sub control riguros al compoziției. Pudra de argilă nu este toxică în sine, dar este iritantă și poate provoca pneumoconioze. Argilele umede pot fi colonizate biologic: paraziți, licheni, floră microbiană, mucegaiuri. Diferite specii microbiene sunt uneori utilizate la scară industrială pentru a extrage fierul din argila destinată pentru aplicații ceramice.

**REMEDII/RESTAURARE:** Argilele sunt nisipuri fin pulverizate, dar spre deosebire de acestea, prin hidratare devin plastice și adezive, fiind larg utilizate în vechime ca mortar natural. Toate construcțiile din lut sau cărămizi din lut trebuie ținute permanent, prin lipirea fisurilor și spărturilor cu o pastă formată doar din argilă și apă. Adăugarea de ciment în compoziție face ca mortarul rezultat să fie mai tare decât cărămizile și să grăbească degradarea lor, acționând ca o pană. Cărămizile complet compromise trebuie înlocuite cu altele noi, realizate din același material, cu aceleași proprietăți mecanice. Suprafețele exterioare, expuse la factorii de eroziune, sau cele interioare expuse la umiditate și gaze, pot fi protejate prin straturi izolatoare (ciment, tencuială, lavabilă).

**DESCRIERE:** Argila este o rocă sedimentară detritică, fin granulară, formată din particule cu diametrul mai mic de 4 microni. Geologii se referă la argile doar când au granulația mai mică de 2 microni, iar chimiștii doar pentru cele cu particule mai mici de 1 micron. Atunci când granulația particulelor este cuprinsă între 4 și

64 de microni, se utilizează termenul de silt, sau nămol, iar rocile pietrificate prin uscarea acestui sediment se numesc argilit sau mudstone. Depozitele de argilă și nămoluri sunt de obicei asociate, argilele fiind în straturile inferioare, fiind cernute cu ajutorul apelor de infiltrație. Într-o comparație sugestivă, granulele din argilă sunt de 1000 de ori mai mici decât granulele de nisip. Argilele pure sunt albicioase, sau prezintă culori deschise, cel mai frecvent cu nuanțe de maro și roșu datorate oxizilor de fier. În funcție de compoziția chimică au fost descrise mai mult de 30 de varietăți de argile, dar majoritatea argilelor naturale sunt un amestec format din mai multe minerale. Argile pure se pot obține doar în condiții industriale, prin pulverizarea unui anumit mineral filosilicat.

**GENEZĂ:** Nisipul, nămolurile și argila sunt rezultatul final al alterării clastice a diferitelor tipuri de roci, în majoritatea lor roci silicioase. Sub influența acțiunii prelungite a factorilor de eroziune, la care se adaugă și alterarea chimică prin acizi slabi, cum este acidul carbonic din apa de ploaie, rocile consolidate se fragmentează în particule din ce în ce mai mici: nisip și gresii (0,1-1 mm), nămol (0,004-0,064 mm), argilă (< 0,004 mm). Sub influența apei de ploaie ca vehicol, particulele mai mari funcționează permanent ca un fel de sită minerală pentru cele mai mici, ce se depozitează în straturile inferioare. Tipul de argilă format depinde de natura rocilor parentale și de natura mediului clastic. De exemplu, din granit, în climatul cald rezultă argilă bogată în caolin iar în mediu alcalin se formează predominant illit. Depozitele primare de argilă pot fi uneori transportate de ape, sau alunecări de teren, pentru a forma depozite secundare, frecvent în zonele cu energie potențială minimă, cum sunt fundurile de lac sau de mare. Depozitele de argilă depuse pe fundul oceanelor, prin conținutul lor în caolin, au fost utilizate pentru a estima modificări paleoclimatice cu aproximație de un milion de ani (1Ma).

**PRODUSE COMERCIALE:** Din cele mai vechi timpuri, argiolele s-au utilizat pentru modelaj și ceramică. Argilele de calitate superioară se utilizează pentru vase utilitare sau decorative, iar cele inferioare pentru producția de cărămizi. Caolinul se utilizează în industria porțelanului. În lumea arabă, tăblițele din lut au ținut loc de hârtie, timp de sute de ani, pentru învățarea literelor sau pentru arhivarea documentelor. Bile făcute din lut au fost utilizate ca unități de măsură, sau ca proiectile pentru praștii și baliste. În unele locuri, mici discuri de lut, ștampilate, au fost utilizate pe post de monede primitive. În epoca modernă, argilele au numeroase aplicații industriale, pentru producția de: hârtie, ciment, lianți, tencuieli, dale pentru pavaj și gresie artificială, amendamente agricole, filtrarea apei, industria farmaceutică, lubrefianți pentru foraj. Argilele pot fi materie primă în sinteza a numeroase tipuri de roci artificiale sau materiale compozite, prin asociere cu mase plastice, rășini, lianți sau polimeri organici. Argila de calitate, sterilizată, se vinde sub formă de pudră pentru produse cosmetice. Există și pachete cu lut pentru olărit sau tencuieli.

**DEPOZITE MONDIALE:** Depozitele de argilă se suprapun cu distribuția rocilor sedimentare în general, fiind doar un produs final de alterare. Deci se găsesc pe toată suprafața globului, în straturi de grosimi diferite, de la câțiva metri până la zeci de metri. Straturile cele mai groase sunt legate de acțiunea apei ca agent clastic și de transport și se găsesc la baza dealurilor și munților, pe fundul lacurilor și mărilor sau oceanelor. Anual se exploatează circa 15 milioane de tone de argile, adică în jur de 4 % din mineralele extrase în cariere, fără a lua în calcul argila exploatată empiric pentru cărămizi artizanale. În plus, alte 40 de milioane de tone de soluri argiloase se produc anual din molozul clădirilor demolate (cele din cărămidă). În România, argile se găsesc oriunde sunt roci sedimentare, dar se exploatează mai ales în județele Vaslui, Ialomița, Călărași, Giurgiu, Teleorman, Olt, Dolj, unde există o cultură a caselor din chirpici (Dridu, Vădastra).

**DIVERSE:** Casele și adăposturile din chirpici au fost printre primele construcții ridicate de omul primitiv. În zonele deșertice, unde piatra și lemnul sunt un lux, în cursul mileniilor s-a dezvoltat un adevărat imperiu al lutului, cele mai mari construcții fiind Turnul Babilonului și zigguratul din Uruk (Mesopotamia). Un întreg oraș ridicat din argilă este Arg-e Bam (Iran), sediul unei Caravan-serai pe drumul Mătasei, ridicat în epoca Sassanidă (224-637 en). Un monument celebru este și Moscheea Djinguereber din Timbuktu (Mali), construită în anul 1325. Asemănătoare este Moscheea Bobo Dioulasso din Burkina Faso. În Uzbekistan, zidul

Khiva, înalt de 10 metri, a fost ridicat pentru prima oară în urmă cu 2500 de ani. Probabil cel mai mare producător de cărămizi din argilă a fost și este China, unde doar pentru Zidul Chinezesc s-au utilizat mai mult de 4 miliarde de cărămizi, majoritatea din argile depozitate la baza munților de pe traseu.

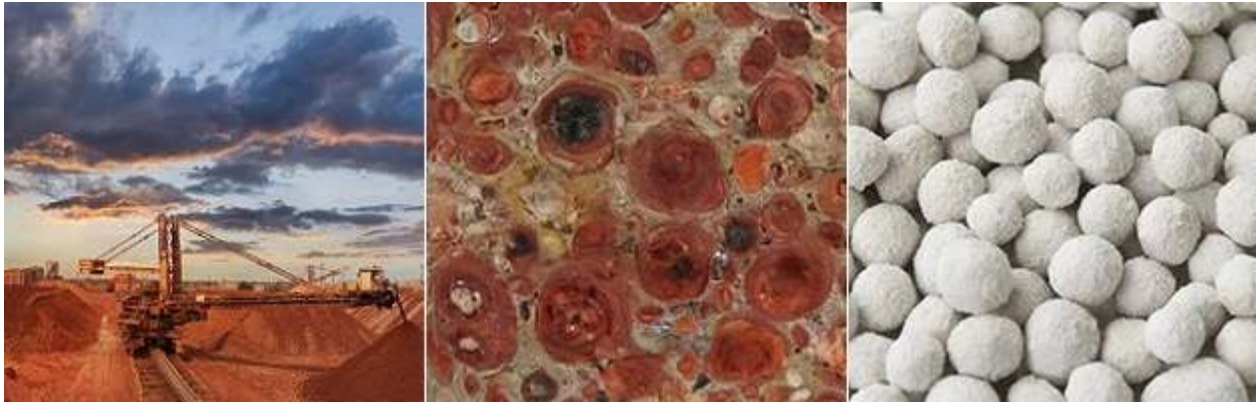


#### BIBLIOGRAFIE:

- |                      |   |
|----------------------|---|
| G.M. Reeves          | Clay Materials Used in Construction   |
| Nora Foley           | Environmental Characteristics of Clays and Clay Mineral Deposits                      |
| M. Nadziakiewicz     | Physico-Chemical properties of Clay Minerals  |
| M. Romkens et al     | Erodibility of Selected Clay Subsoils in Relation to Physical and Chemical Properties |
| V.V. Seredin et al   | Changes in Physical-Chemical Properties of Clay Under Compression                     |
| M. Thiry et al       | Palaeoclimatic interpretation of clay minerals in marine deposits                     |
| V.I. Perederij       | Clay mineral composition and paleoclimatic interpretation                             |
| H. Baccour et al     | Mineralogical evaluation and industrial applications of the Triassic clay deposits    |
| E. Kalkan et al      | Geotechnical evaluation of Turkish clay deposits                                      |
| M. El Ouahabi et al  | Maroccan clay deposits: Physico-chemical properties on ancient ceramics               |
| H.A. Wheeler         | Clays of Missouri   |
| G. Lee et al         | Experimental Investigation of Traditional Clay Brick and Lime Mortar                  |
| M. R. Hosseini et al | Biological beneficiation of kaolin: A review on iron removal                          |

## 15. Bauxită

COMPOZIȚIE CHIMICĂ:  $\text{SiO}_2$  3-12 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  50-81 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  2-29 %,  $\text{TiO}_2$  2-4 %. Mai poate conține urme de: Mg, Ca, Na, K, Cr, Ga, Zr, Ba, Bo, Hf, Ga, Au, La, Pb, Bi, Ce, Cu, Ni, Mo, Sr, U, Zn. Extragerea metalelor se poate face chimic. Cu acid clorhidric 4 molar (4 M) se poate extrage până la 98 % din fierul conținut în hematit. Din soluția de acid clorhidric se mai pot izola și metale rare, printre care: scandium (90 %), yttrium (95 %), lanthanum (95 %), neodymium (95 %). Metalele pot fi extrase și cu o soluție de acid sulfuric, încălzită la 150 de grade Celsius.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Principalele minerale din compoziție sunt gibbsit, boehmit și diaspor. Mai poate conține în cantități mari goethit, hematit, caolinit, limonit, anatase, ilmenit, magnetit. Componenti auxiliari sau accidentali sunt cuarț, pământuri rare, fosfați, zircon, rutil, turmalină, staurolit, kyanit, mică.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** În funcție de compoziție și porozitate, densitatea variază între 2,45 și 3,25 g/cm<sup>2</sup>. Pentru boehmitul pudră, densitatea este de 3-3,05 g/cm<sup>3</sup>. Porozitatea este variabilă, între 8 și 20 %, iar absorbția apei poate fi între 17 și 31 %, cu o permeabilitate pentru apă de 0,4-1 miliDarcy. Sinterizarea se face la temperaturi de peste 1100 grade Celsius. După sinterizare, porozitatea scade sub 8 %, iar absorbția apei scade sub 1 %. O parte din fier (circa 35 %) se poate extrage magnetic.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Roca nativă este friabilă, având proprietăți mecanice modeste, cu o rezistență la compresiune cuprinsă între 32 și 38 MPa și o rezistență la tracțiune cuprinsă între 2 și 5 MPa. Boehmitul are o duritate de 3-3,5 pe scara Moh, iar rezidurile calcinate se pot utiliza în industria de abrazivi fini.

**CALITĂȚI:** Bauxita este principala resursă pentru extracția aluminiului, metalul viitorului. Rezidurile minerale rămase după extragerea metalului au proprietăți asemănătoare argilelor de bună calitate și au numeroase aplicații industriale, în special pentru produse ceramice sau ca agregat în betoane. Având în compoziție aproape toate metalele din tabelul periodic, depozitele de bauxită sunt un adevărat laborator natural de fuziune nucleară, un paradis al alchimiștilor.

**DEFECTE:** Bauxita naturală este asemănătoare argilelor dar prin conținutul bogat în oxizi metalici este extrem de sensibilă la acțiunea apei, aerului și a acizilor slabi. Procesele de eroziune și alterare chimică sunt extrem de rapidă, astfel că nu poate fi utilizată în construcții. După extracția metalelor și calcinare însă, rezidurile au calități fizico-mecanice destul de bune, asemănătoare cu argila arsă. Praful de bauxită este iritant, toxic și poate conține spori ai unor bacterii gram negative fiind astfel un important factor de risc pentru boli respiratorii severe.

**REMEDII/RESTAURARE:** Milioanele de tone de minereu procesat au ca rezultat sute de milioane de tone de reziduri caustice, zgură roșie (red mud), a căror valorificare poate genera costuri la fel de mari ca pentru extracție. O soluție economică ar fi prin instalarea industriei metalurgice la locul extracției și repunerea rezidurilor în situ, în locul de unde au fost extrase. În cazul depozitelor marine, prelucrarea se poate face pe platforme marine, cu dispersia bioxidului de carbon în apă. O altă soluție constă din tratarea rezidurilor (cu dolomită) și apoi utilizarea magmei topite direct în producția de fontă brută și fibre minerale (de tip bazaltic).

**DESCRIERE:** Bauxita este o rocă sedimentară compusă în cea mai mare parte din minerale bogate în hidroxizi de oxid de aluminiu. Practic, bauxitele sunt argile fără dioxid de siliciu. Roca poate fi pietrificată sau nu. Bauxita are de cele mai multe ori o colorație maro roșcată caracteristică, dar în funcție de compoziția mineralogică poate fi și albă-crem, gri sau gălbuie. Textura este frecvent oolitică, adică este compusă din



noduli sau mici sfere pietrificate, cimentate într-un liant cu granulație fină. Depozitul poate fi însă complet lipsit de o structură fixă, poate fi granular sau pământos, concreionar, masiv sau stratificat în bandă, uneori pseudo-morfic cu aspectul rocii parentale. În funcție de rocile parentale din care s-au format, bauxitele se clasifică în bauxite carbonatate (formate din calcar și dolomită) și bauxite lateritice (formate din granit, bazalt, gneiss, sienit sau gresii). Bauxitele vechi, uscate și îngropate de mult sunt tari și compacte. Bauxitele recente sunt de cele mai multe ori moi și sfărâncioase.

**GENEZĂ:** Indiferent de roca parentală, bauxita este rezultatul unui proces de alterare foarte intensă, urmată apoi de o transformare metamorfică prin procese lateritice. Procesul de laterizare este împărțit în mai multe etape și se extinde în timp pe durate de 2 până la 35 de milioane de ani. Formarea starurilor de zăcământ are loc în urma unor procese prelungite de filtrare și depozitare a elementelor metalice grele (oxizii de fier și aluminiu) în timp ce restul substanțelor minerale sunt spălate de apă. Sunt implicate volume imense de apă, motiv pentru care depozitele se formează aproape întotdeauna pe fundul unor bazine mari acvatice. Mai mult de 80 % din bauxita exploatată industrial se extrage de la suprafață, sau de la mici adâncimi, din straturi cu grosime de câțiva metri, dar marile depozite sunt la adâncimi mai mari (prospectate până la adâncimi de 550-1000 de metri).

**PRODUSE COMERCIALE:** Bauxita se utilizează aproape exclusiv pentru extragerea metalelor și a pământurilor rare. Principalul produs de extracție este alumina ( $Al_2O_3$ ), materia primă pentru extragerea aluminiului. Rezidurile rămase în urma calcinării au aproximativ aceleași aplicații industriale ca și argilele. Date fiind volumele mari de material, cea mai importantă aplicație pare producția concomitentă de metal topit și fibre minerale bazaltice, după tratamente cu carbonat de calciu și magneziu. Alte aplicații sunt în industriile: ceramică, ciment și lianți, cărămizi, abrazivi, oțel și fontă

**DEPOZITE MONDIALE:** Aluminiul este cel mai răspândit metal din scoarța terestră, dar depozitele de bauxită nu sunt proporțional de răspândite. Cele mai mari rezerve sunt în sedimentele de pe fundul mărilor și oceanelor, iar la suprafață în zonele de scoarță ieșite relativ recent din mare. Cele mai mari rezerve prospectate geologic le dețin (în miliarde de tone): Guinea (7,4), Australia (6), Vietnam (3,7), Brazilia (2,6), Jamaica (2), Indonezia (1,2), China (1). Cele mai mari producții (în milioane de tone) sunt în: Australia (110), Guinea (82), China (60), Brazilia (35), Indonezia (23), India (22). În România se exploatează anual în jur de 100 000 de tone.

**DIVERSE:** Numele provine de la localitatea Les Baux din sudul Franței (Provence) unde a fost caracterizată pentru prima dată în anul 1921, prin geologul Pierre Berthier. Geologii au descris 19 provincii pentru depozitele de bauxită, fiecare dintre acestea reprezentând era geologică în care s-a format depozitul. Cele mai productive provincii sunt în zona tropicală, pe aria fostului continent Gondwana. Mediul acvatic cald împreună cu prezența ionilor metalici, favorizează dezvoltarea unora dintre speciile microbiene în zăcămintele de bauxită, în special: Thiobacillus, Leptospirium, Thermophilic bacteria, Heterotrophs.



**BIBLIOGRAFIE:**

- N.N. Gow et all      Bauxite  
 B.A. Bogatyrev et all    Bauxite provinces of the world  
 Jacques Regnier      Bauxite Its Technical and Economical History During the Last Hundred Years  
 P. Plunkert            Bauxite and Alumina  
 H.R. Hose            Bauxite Mineralogy  
 P. Grubb              Genesis of the Weipa Bauxite deposits, N.E. Australia  
 Authier-Martin et all    The mineralogy of bauxite for producing smelter-grade alumina  
 Y. Pontikes et all      Effect of firing temperature on sintering of ceramics made from bauxite residue  
 R.M Rivera et all      Selective rare earth element extraction from the smelting of bauxite residue  
 I.M. Nikbin et all      Environmental impacts and mechanical properties of concrete with bauxite residue  
 E. Balommenos et all    The Enexal Bauxite Residue Treatment Process  
 C Rao Borra et all      Recovery of Rare Earths from Bauxite Residue  
 E. Balomenos et all      Efficient and Complete Exploitation of Bauxite Residue  
 Liu Ping et all        Characteristics of marine deposits of bauxite-bearing rock series  
 Xiluo Hao et all        The geomicrobiology of bauxite deposits  
 JR Beach et all        Respiratory symptoms and lung function in bauxite miners

## 16. Laterit

**COMPOZIȚIE CHIMICĂ:** SiO<sub>2</sub> 8-32 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 30-50 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 18-50 %, MgO 2-6 %, CaO 5-10 %, TiO<sub>2</sub> 1-2 %. Mai poate conține: Ni, Na, K, Mn, P, Zr, Sn, Co. Principalele metale (fier, nichel și cobalt) pot fi reduse din oxizi prin tratamente cu hidrogen la temperaturi cuprinse între 400 și 1000 de grade Celsius, urmate de dizolvare în soluții de metanol bromurat (Br<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>OH). O tehnologie similară utilizează un amestec de CO și CO<sub>2</sub> în loc de hidrogen, pentru legarea oxigenului. Pentru extragerea manganului, fosforului, sodiului și potasiului se practică digestia cu acid sulfuric sau fluorhidric.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Principalele minerale conțin oxizi de fier și aluminiu: hematit, goethit, caolin, gibbsit, magnetit, chrysotil. Mineralele de acompaniament sunt cele din argile și cuarț.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este cuprinsă între 2,5 și 2,75 g/cm<sup>3</sup>, în funcție de porozitate,

cuprinsă între 40 și 60 %, absorbția apei este cuprinsă între 25 și 40 %, permeabilitatea pentru apă este între 100 și 1000 miliDarcy (adică foarte mare). Separarea fierului și a nichelului începe la temperaturi de 1150 grade Celsius și este completă abea la 1500 grade Celsius când se topește și fierul din zgură.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Lateritele pot fi sfârâncioase, sau compacte și rezistente fizic. Pentru rocă, rezistența la compresiune este cuprinsă între 6 și 8 MPa, iar rezistența la compresiune este foarte mică, între 0,5 și 1 MPa. Lateritul umed poate fi zgâriat cu unghia, în timp ce cristalele de hematit pot avea o duritate până la 5-6 pe scara Moh.

**CALITĂȚI:** Rocile lateritice bine consolidate pot fi tăiate în blocuri și utilizate direct pe post de cărămizi. La fel ca argilele, prin uscare formează un strat impermeabil, contribuind la formarea pânzelor freatice sau chiar formează un acvifer. Solurile lateritice se pretează la a fi cultivate cu livezi de palmier sau cu legume rezistente la secetă, dar de multe ori necesită tratamente și amendamente, precum și lucrări pentru colectarea și dirijarea apei. Drumurile construite pe sol lateritic, atunci când sunt bine tasate sunt mai rezistente la uzură decât suprafețele de asfalt. Prin ionii metalici, lateritele sunt încărcate electric și funcționează ca schimbători de ioni, fiind utile pentru filtrarea și epurarea apelor uzate.

**DEFECTE:** Roca este friabilă, sfârâncioasă, se fracturează la cele mai mici sarcini sau șocuri. Cărămizile din laterit sunt asemănătoare celor din BCA, izolează termic și fonic, dar are proprietăți mecanice foarte slabe. Porozitatea mare și permeabilitatea pentru apă fac din rocă un fel de burete, care absoarbe și reține apa pentru mult timp. Prin tasare și uscare sau coacere, se formează însă un strat impermeabil, ca în cazul argilelor. După 15 ani de expunere la suprafață se formează o crustă impermeabilă groasă de circa 2 cm. Praful de laterit este iritant și inhalat cronic crește riscul de cancer pulmonar.

**REMEDI/RESTAURARE:** Pentru reabilitarea ecologică a terenurilor rămase în urma exploatării, vegetația joacă un rol esențial deoarece împiedică formarea crustei impermeabile. Cea mai bună soluție o oferă acoperirea cu sol organic și plantarea de arbori din speciile *Acacia spirorbis*, *Geissois pruinosa* și *Pinus caribaea*. În cazul drumurilor, adăugarea de cenușă în procent de 5 - 12 % contribuie la creșterea rezistenței mecanice cu până la 68 % prin creșterea densității și scăderea permeabilității pentru apă. Solurile lateritice degradate pot fi reabilite pentru agricultură, sau cel puțin pentru vegetație, prin amendamente cu nisipuri calcaroase, reziduri organice, bălegar. Proprietățile mecanice ale cărămizilor din laterit pot fi augmentate folosind plase sau bureți artificiali din fibre polimerice sau din plastic reciclat. Un alt material interesant este cimentul ranforsat cu fibre minerale. În cazul monumentelor istorice, suprafețele cărămizilor pot fi protejate prin umplerea porilor cu un material hidro-izolator. Un strat izolator sticlos se poate obține la suprafață prin ardere cu torța.

**DESCRIERE:** Lateritul este atât un tip de sol, când mineralele nu sunt consolidate, cât și un tip de rocă, bogată în oxizi de fier și aluminiu. Geneza și compoziția chimică sunt asemănătoare cu baoxita, dar procentul oxizilor de aluminiu este mult redus, în favoarea oxizilor de calciu și magneziu, ca urmare a unui proces incomplet de alterare și decantare. Aproape toate depozitele de laterit s-au format în regiunile calde, tropicale, sub influența ploilor torențiale. Prin oxizii de fier, straturile de laterit, cu o grosime medie de câțiva metri, au o culoare maronie, spre brun-roșcată, în diferite nuanțe, până la gălbui. Limonitul este o altă varietate de laterit, bogat în fier și nichel, produs prin alterarea intensă a unor roci ultramafice (serpentinit, dunit sau peridotit). Concentrația nichelului este în medie de 2 %, dar există și zone de rocă verde la culoare unde nichelul s-a concentrat în fisuri și crăpături ale stâncii până la concentrații de 20-40 %. Solurile lateritice de slabă calitate (majoritatea) sunt însă bogate în argile. Lateritele se pot forma din orice tip de rocă parentală, astfel că proprietățile lor fizico-chimice sunt destul de variabile, dar toate se corodează energetic sub acțiunea concentrațiilor.

**GENEZĂ:** Solurile lateritice se formează în urma unor procese intense de alterare hidrodinamice din

regiunile tropicale. Supuse unei combinații de precipitații abundente (1500-3500 mm/an) ce alternează cu perioade de secetă și temperaturi foarte ridicate, toate tipurile de rocă se fragmentează și fărâmițează fiind supuse și unor procese de alterare chimică. În timp, mineralele se dizolvă, iar elementele cele mai solubile sunt infiltrate spre straturile inferioare. Prin acest mecanism, siliciul, sodiul, potasiul, calciul și magneziul sunt îndepărtate treptat, rezultând o concentrare a oxizilor de fier și aluminiu, mai puțin solubili. Formarea starurilor de laterit este favorizată de micile diferențe de nivel ale solului ce permit scurgerea apei. Lateritele din zonele temperate sunt probabil produsul unor epoci geologice anterioare (Terțiar spre Cuaternar). Durata procesului de lateritizare se extinde pe câteva milioane de ani. Fiind produsul unor epoci geologice trecute, lateritele sunt un laborator natural paleo-geologic. Frecvent, textura poate fi nodulară, cu noduli de mărimea unui bob de mazăre (pisolite).

**PRODUSE COMERCIALE:** Principala importanță economică o reprezintă conținutul bogat în metale, în special în fier și nichel. Nichelul se poate extrage netoxic prin dizolvare în soluție de carbonat de amoniu. Încă din Antichitate s-au tăiat blocuri și cărămizi pentru construcție, ori s-au spart bolovani pentru diguri și baraje. Solurile lateritice se exploatează agricol doar pentru culturi de palmier, ceai și cafea. Metalele se pot extrage și din solurile lateritice de slabă calitate, dar procedeele de îmbogățire și costurile de ansamblu depășesc valoarea economică. Producția mondială de fier este în jur de trei miliarde de tone anual.

**DEPOZITE MONDIALE:** Solurile lateritice ocupă aproximativ o treime din suprafața globului, dar zăcămintele de calitate sunt mult mai rare. Zăcămintele de laterit sub formă de capac, cu grosime de 10-30 metri, sunt frecvente în zonele tropicale din Africa, India, Brazilia și Australia. Doar în India, solurile lateritice ocupă mai mult de 240 000 Km pătrați. Zăcămintele mai mici de tip alpin se întâlnesc în America Centrală, în Europa Centrală și în Indo-China. La începutul secolului XX laterite bogate în nichel s-au prospectat în America de Nord, în provincia Ontario (Canada), reprezentând în prezent circa 40 % din producția mondială de nichel..

**DIVERSE:** Denumirea provine din limba Latină, de la lateritius, pentru cărămizi. Termenul de laterit a fost utilizat pentru prima dată în anul 1807 de către medicul englez Francis Buchanan-Hamilton, pentru a descrie un material roșiatic, poros, tăiat de țărani din India sub formă de cărămizi, pentru diferite construcții. Lateritul a fost utilizat încă din Antichitate și în Asia de Sud-Est, unde pereții perimetrali și elementele interne ale Templului Angkor Wat s-au zidit din blocuri de laterit, restul monumentului fiind construit din blocuri de gresie. Printre monumentele istorice ridicate din cărămizi de laterit, aflate pe lista UNESCO, se numără și o serie de biserici din Goa (India): Sfântul Cajetan, Sfânta Catherina, Sfântul Augustin, Basilica Bom Jesus. Arhitectura tradițională indiană se poate observa la Templul din Kerala (Malabar, India) unde distrugerile semnificative ale cărămizilor se datorează insectelor și lichenilor. În Thailanda, monumente istorice unice sunt templele Budiste și Hinduiste din secolele XI-XII de la Ayutthaya.



#### BIBLIOGRAFIE:

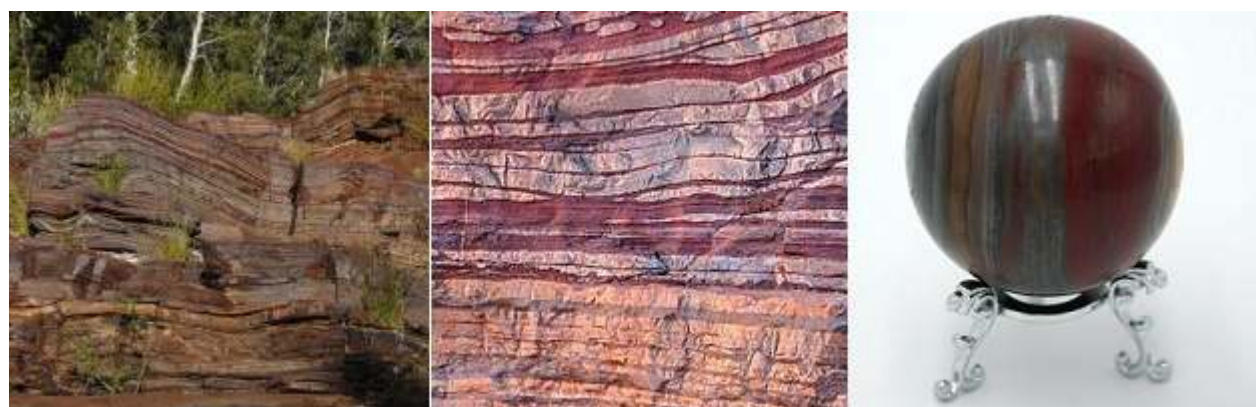
Leigh Fermor

What is Laterite ?

Lyle T, John Cady	Genesis and Hardening of Laterite soils
M. Gidigasu	Laterite Soil Engineering
W. Schellmann	Geochemical differentiation in laterite and bauxite formation
Yu-chun Zhai et all	A green process for recovering nickel from laterite ores
M. Kawahara et all	Reducibility of laterite ores
D. Eliopoulos et all	Geochemical and mineralogical characteristics of Fe-Ni laterite deposits in Greece
De-quiring Zhu et all	Mineralogy and crystal chemistry of a low grade nickel laterite ore
Jun Yang et all	Selective reduction of an Australian garnieritic laterite ore
Lei Wang et all	A new process of smelting laterite by low temperature reduction
Fogliano Bruno	Rehabilitation of nickel laterite mining wastes
A. Alabi et all	Evaluation of Rice Husk Ash Stabilized Lateritic Soil in Road Construction
R. Khare, P. Pathak	Variation in Bearing Capacity of Contaminated Laterite Soil
J. Menon et all	Strength Evaluation of Laterite Soil Stabilized Using Polymer Fibres
A. Kasthurba et all	Weathering Forms of Laterite Building Stones Used in Historic Monuments
Sutapa Das	Decay Diagnosis of Goan Laterite Stone Monuments
B. Wethyavivorn et all	Structural Modeling of Historic Masonry Monuments

## 17. Fier în bandă

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 41-60 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 15-58 %, FeO 0-30 %, Ca O 0-9 %, MgO 0-7 %. Mai pot conține Al, Ti, Mn, Ca, Na, K, P. Întreaga cantitate de fier din probe se poate extrage chimic cu soluții concentrate de acid clorhidric, acid percloric sau acid sulfuric încălzit.



COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ: Benzile de fier sunt formate din magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) sau hematit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) la care se asociază siderit sau ankerit. Benzile de șist silicios sunt formate în majoritate din cuarț și alte minerale silicioase. Frecvent se asociază pirit, muscovit, biotit, apatit, calcit, feldspari și amfiboli. Tipic raportul dintre magnetit și hematit este de 0,66/0,33

PROPRIETĂȚI FIZICE: densitatea este de obicei mare, cuprinsă între 3,2 și 3,7 g/cm, în funcție de concentrația oxizilor de fier (hematitul are densitatea 5,26 g/cm<sup>3</sup>, magnetitul are densitatea 5,175 g/cm<sup>3</sup>). Porozitatea este mică, între 0,1 și 1 %, iar absorbția apei este practic nulă, cu o permeabilitate pentru apă de 0,1-1 miliDarcy. În prezența apei roca se topește la temperaturi cuprinse între 950 și 1050 grade Celsius, roca

anhidră necesită 1050-150 grade Celsius, iar în prezența grafitului sunt necesare temperaturi de 1500-1559 grade Celsius. Hematitul din compoziție prezintă proprietăți supermagnetice

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Rezistența maximă la compresiune a rocii bine consolidate este între 35 și 50 MPa, iar rezistența la tracțiune este cuprinsă între 2 și 5 MPa. Pentru benzile de fier duritatea este în jur de 5-6 pe scara Moh, în timp ce benzile silicioase au duritate variabilă. Straturile de fier sunt tari, dure și dense, extrem de rezistente la eroziune și la șocuri mecanice. Rezistența mecanică este importantă pentru calculul uzurii echipamentelor și pentru alegerea explozivilor.

**CALITĂȚI:** Prin compoziția chimică reprezintă de cele mai multe ori sursa ideală pentru extragerea fierului și a altor metale valoroase. Compoziția chimică este omogenă în cadrul fiecărui strat, dar neomogenă în ansamblu. Metalele pot fi extrase termic, fără tratamente chimice sau operații suplimentare de îmbogățire. După șlefuire, unele fragmente de roci se utilizează ca pietre semiprețioase sau pentru ornamente și decoruri. Deși benzile de fier sunt impermeabile pentru apă, câteva sute de specii de plante de mici dimensiuni reușesc să supraviețuiască deasupra solurilor ce conțin zăcăminte de fier în bandă.

**DEFECTE:** Rezistența mecanică mare și duritatea cauzează o uzură rapidă a mașinilor de lucru. Pentru tăiere sunt necesare capete de lucru cu duritatea mai mare de 7. Practic se lucrează aproape la fel ca asupra fierului metalic. Praful de fier este iritant și inhalat cronic crește riscul de cancer pulmonar.

**REMEDII/RESTAURARE:** Volumul de precipitații și calitatea solului utilizat pentru acoperirea fostelor cariere de fier influențează dramatic creșterea arborilor plantați pentru reabilitarea zonei. Se vor evita plantările în anii cu deficit de apă în sol. Printre speciile care cresc bine pe solurile cu formațiuni de fier în bandă se numără *Acacia karina*, adaptată la aceste condiții încă din epoca Cuaternară. Alte specii de *Acacia* endemice în Australia sunt: *Acacia aneura*, *Acacia ramulosa*, *Acacia acuminata*. Mai rari sunt arborii din diferite specii de *Eucalyptus*.

**DESCRIERE:** Formațiunile de fier în bandă sunt roci sedimentare compuse din straturi alternative de oxizi de fier și șisturi silicioase sărace în fier. Depozitele pot avea grosimi de sute de metri și se pot extinde în lungime pe sute de kilometri. Din punct de vedere chimic se consideră că este fier în bandă atunci când roca sedimentară conține mai mult de 15 % fier, dar majoritatea formațiunilor conțin mai mult de 30 % în ansamblu și aproape 100 % în benzile de hematit și magnetit. În formațiunile sedimentare bine păstrate, se descriu macrobenzi de fier cu grosime de câțiva metri, separate între ele prin straturi de șist cu grosime variabilă. Macrobenzile sunt la rândul lor formate din benzi mijlocii cu grosimea de câțiva centimetri, la rândul lor divizate în microbenzi cu grosimea mai mică de un milimetru (vizibile doar la microscop). Fiecare microbandă se consideră că este un strat sedimentar depus într-un anumit an, astfel că în ansamblul său formațiunea este un adevărat registru climatic, la scară geologică, asemănător cu inelele din trunchiul arborilor.

**GENEZĂ:** Se crede că oxizii de fier s-au format în apele oceanului Precambrian, în urmă cu peste 1 900 de milioane de ani, prin acțiunea oxigenului eliberat de algele verzi sau de cianobacterii asupra fierului mineral dizolvat în apă. Cele mai vechi depozite au o vechime de circa 2,5 - 2,8 miliarde de ani, iar cele mai recente s-au format acum circa 750 milioane de ani. Benzile își păstrează dispunerea pe distanțe mari, semn că au fost formate în condiții de energie potențială minimă, în ape adânci, nederanjate de curenți sau valuri. Grosimea fiecărui strat depus într-un an depinde de producția de oxigen, respectiv de volumul algelor marine, adică de luminozitate și temperatura apei. În epoca respectivă, este de presupus că variațiile climatice erau în strânsă legătură cu activitatea vulcanică. Benzile cu grosime de câțiva centimetri reprezintă de fapt milenii de evoluție climatică, iar macrobenzile reprezintă ere geologice. Nu doar oxigenul este relevant, important fiind și fierul neredus a cărui sursă putea fi activitatea vulcanică, sau praf de origine cosmică (în acest caz

formațiuni similare vor fi identificate pe planeta Marte). În cazul prafului vehiculat atmosferic, oxidarea fierului se putea face direct prin oxigenul atmosferic. Este posibil însă ca benzile să se fi format la fel ca în cazul lateritului prin decantare selectivă a mineralelor mai puțin solubile față de cele solubile, sursa fierului fiind în acest caz argilele rezultate prin alterarea rocilor de pe fundul oceanelor.

**PRODUSE COMERCIALE:** Aproape în exclusivitate roca este destinată tratamentelor metalurgice. În topul listei de produse este fierul beton și tabla de fier. Lista produselor din fier este însă practic interminabilă. Există sculpturi și lucrări de artă, sau chiar bijuterii și podoabe din acest material, mai ales atunci când benzile sunt subțiri, de câțiva milimetri.

**DEPOZITE MONDIALE:** Depozitele de fier în bandă sunt dispuse pe toată suprafața globului, în toate crustele continentale. Suprafața totală prospectată este de circa 150 000 de km pătrați, cu o grosime maximă de 900 de metri și minimă de câțiva metri. Este probabil că și fundul oceanelor ascunde depozite de proporții cel puțin comparabile, deocamdată neinteresante economic. Formațiunile de fier în bandă reprezintă în ansamblu 60 % din rezervele mondiale de fier și cumulează volumele cele mai mari de rocă exploatate pe plan mondial. Anual, în peste 50 de țări, se exploatează circa 3,6 miliarde de tone de minereu de fier. Cele mai mari formațiuni au fost prospectate în Australia, Brazilia, Canada, India, Rusia, Africa de Sud, Ucraina și Statele Unite ale Americii. În România, centre de exploatare pentru hematit sunt la Vatra Dornei, Muscel, Ghelar, Teliuc, Orșova, Măcin, Lipova, Turda, Lăpuș. Ilia. Magnetit se exploatează la Vatra Dornei, Caransebeș, Hunedoara, Măcin, Brad, Câmpeni. În România, producția anual este în jur de 250 000 de tone anual.

**DIVERSE:** Aproape toate formațiunile de fier în bandă prospectate s-au format într-un interval de timp cuprins între 750 milioane de ani îen și 2,5 miliarde de ani îen, egal cu aproximativ jumătate din vârsta celor mai vechi roci identificate pe Pământ. Aproximativ pentru aceeași perioadă au fost identificate și numeroase fragmente de rocă provenind din centura de asteroizi dintre Marte și Jupiter. A fost luată în calcul și ipoteza unui accident cataclismic, urmat de formarea unui imens nor de praf, chiar în inima Sistemului Solar. Este însă posibilă și ipoteza unui nor de praf mult mai mare, tranzitat de întregul Sistem Solar, caz în care formațiuni de fier în bandă se vor identifica și dincolo de Jupiter, pe planeta Pluto.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                  |   |
|------------------|---|
| Y. Wang et all   | Generation of banded iron formations by leaching of oceanic crust.          |
| Heinrich Holland | The Oceans; A possible Source of Iron in Iron Formations                    |
| Preston Cloud    | Paleoecological Significance of the Banded Iron Formation                   |
| M.W. Schaefer    | Are there abiologically precipitated iron formations on Mars ?              |
| Andrew Glikson   | Archaean asteroid impacts, banded iron formations and MIF-S anomalies       |
| R.C. Morris      | Genetic modelling for banded iron formation, in Western Australia           |
| John M. Plane    | Cosmic dust in the earth's atmosphere                                       |
| C. Spier et all  | Geochemistry and genesis of the banded iron formations, Minas Gerais Brazil |

R. Dymek, C. Klein	Chemistry, petrology and origin of banded iron formation from West Greenland
R. Morris	A textural and mineralogical study of banded iron formation in Western Australia
P. Golos et al	Interactions between soil covers and rainfall affect post mining restoration
N. Kang et al	The melting of subducted banded iron formations
A. Funnekotter et al	Phylogeographic analyses of <i>Acacia karina</i> on banded iron formations
Margaret Byrne	Genetics and ecology of plant species occurring on Banded Iron Formations
A. Markey et al	Flora and vegetation of the Banded Iron Formations
C. Jacobi et al	Plant communities on ironstone outcrops

## 18. Ghips

**COMPOZIȚIE CHIMICĂ:**  $\text{CaSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$  85-94 % (CaO 38 %,  $\text{SO}_3$  56 %,  $\text{H}_2\text{O}$  3-20 %),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  2-9 %,  $\text{SiO}_2$  1-4 %. Poate conține și urme de Al, Fe, Mg, Mn, Na, K. Prin uscare completă se transformă în anhidrit (sulfat de calciu anhidru). Gipsul este stabil în contact cu acizii tari, precum acidul clorhidric sau acidul azotic.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Roca este compusă aproape în întregime din mineralul denumit tot ghip (sau gips). Mai poate conține și alte minerale evaporitice: anhidrit, calcit, limonit, pirit, argilă, halit, silvit. Accidental include și dolomit, calcedonie, cuarț sau argilă.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este cuprinsă între 2 și 2,2 g/cm<sup>3</sup> în funcție de conținutul în apă, densitatea mineralului ghips este 2,31 g/cm<sup>3</sup>. Porozitatea este cuprinsă între 1 și 8 %, absorbția apei este între 1 și 10 %, permeabilitatea pentru apă fiind mare, este moderat solubil în apă 2-2,5 g/litru la 25 grade Celsius, dar solubilitatea scade la temperaturi mai mari. Solubilitatea în apă sărată depinde de concentrația în NaCl.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Roca este moale, inelastică, cu fractură așchioasă, puțin rezistentă la sarcini și șocuri mecanice. Rezistența la compresiune este între 27 și 50 MPa, iar rezistența la tracțiune este între 2 și 5 MPa. Duritatea pe scara Moh este între 1,5 și 2. Rezistența mecanică a lianților și tencuielilor pe bază de ghips este guvernată de numărul și dimensiune porilor. Rezistența mecanică la tracțiune poate fi mult augumentată prin ranforsare cu fibre de sticlă pentru a obține un material compozit ce poate fi stropit sau aplicat sub formă de spray. Rezultate asemănătoare se obțin cu fibre polimerice de PVA (polivinil- alcool)



sau PP (polipropilenă) dar scade maleabilitatea pastei. Rezistența mecanică a obiectelor ceramice din ghips poate crește de 2-2,5 ori, dacă pasta se prepară cu doar 5 % apă și se presează în matrițe la presiuni de 100-400 MPa.

**CALITĂȚI:** Se utilizează ca mortar încă din antichitate. Pudra amestecată cu puțină apă se umflă și formează o pastă maole, plastică, ușor de lucrat și turnat în matrițe, cu adezivitate foarte bună față de majoritatea rocilor, pătrunde în pori și crăpături, apoi după câteva minute se întărește prin uscare pentru a căpăta proprietățile mecanice ale rocii consolidate. În epoca modernă se utilizează mai ales preturnat, sub forma plăcilor de righips, pentru acoperirea rapidă a unor suprafețe de construcție. Plăcile de rigips rezistă la temperaturi de până la 400 de grade Celsius, având un rol și în limitarea incendiilor. La temperaturi mai mari, calcinarea este completă. Începând din secolul al XVIII-lea se utilizează și ca fertilizator în agricultură. Dacă se aplică 10-35 Mg/ha de ghips pe soluri acide feruginoase sau aluminosae, productivitatea crește cu până la 50 % și se menține timp de 15 ani după aplicare.

**DEFECTE:** Proprietățile mecanice sunt slabe, fiind mortarul de cea mai slabă calitate. Este puțin rezistent la eroziune fizică sau chimică, se crapă și se fărâmițează foarte ușor, se colorează imediat în contact cu orice substanță hidrosolubilă. Ghipsul este coroziv asupra metalelor și cimentului, grăbește alterarea blocurilor din granit. Solurile ghipsoase au efect coroziv asupra construcțiilor din metal sau ciment. În contact cu rocile bogate în oxid de aluminiu se formează un mineral de calciu aluminiu sulfat denumit ettringit, parțial solubil în apă, având ca rezultat scăderea proprietăților mecanice. Pudra de ghips poate provoca iritații ale pielii și mucoaselor, inhalat poate produce eroziuni sau perforații ale mucoasei respiratorii, ingerat în cantități mari este toxic, până la comă. Prin expunere cronică crește riscul apariției cancerului pulmonar.

**REMEDI/RESTAURARE:** Toate structurile din ghips se pot repara sau restaura ușor tot cu ghips. Este însă important să se utilizeze ghips de aceeași calitate și mai ales cu aceeași porozitate. Reabilitarea terenurilor după exploatarea ghipsului în cariere poate fi grăbită prin fixarea terenului cu o pătură organică compusă din compost, deșeuri de celuloză și hârtie, rumeguș și fibre lemnoase, amestecate cu apă și pământ. Dintre speciile care cresc bine pe soluri cu ghips se recomandă: *Helianthemum tomentosum*, *Lepidium subulatum*, *Thymus zygis*, sau plantele de sărătură. Un amestec de 5 % calcar și 6 % ghips se poate adăuga la zgura industrială pentru a obține un ciment de tip Portland cu proprietăți mecanice acceptabile (dar limitate).

**DESCRIERE:** Denumirea provine de la cuvântul grecesc *gypsos* cu înțelesul de tencuială. O varietate de ghips cunoscută sub numele de alabastru era cunoscută încă din Antichitate, în Egipt sau în Roma Antică. Ghipsul este o rocă sedimentară de tip evaporitic, formată prin depunerea sărurilor în urma evaporării apei din mări și lacuri. Mineralul se formează în vecinătatea zonelor cu activitate vulcanică prin reacția chimică dintre acidul sulfuric și rocile carbonatate. În peșteri sau în mine se formează sub formă de eflorescențe, stalactite sau stalagmite, prin acțiunea apei și a gazelor sulfuroase de origine vulcanică asupra rocilor calcaroase. Dune de ghips au fost identificate și în calota Nordică a planetei Marte. În România apare ca mineral de gangă în filoane hidrotermale legate de vulcanismul recent. Roca este incoloră spre albicioasă sau albă cu tinte de culoare galben, roz, maroniu, gri sau roșietic datorate impurităților și oxizilor de fier. Pudra este de culoare albă. Cristalele sunt prismatice, alungite, aciculare sau tabulare, pot atinge până la 17 metri lungime. Cristalele pot fi curbate, îndoite, fibroase, pământoase, concreționare, granulare sau dispuse în masiv. Luciul este perlos, mățos. Există numeroase varietăți de ghips, în principal diferite prin volumul de apă legată chimic. Pentru deshidratare completă, roca se calcinează în etape, la 300, 500, 700 și apoi 1180 de grade Celsius, pentru a se obține diferite clase de anhidrit.

**GENEZĂ:** Cele mai vechi depozite de ghips au fost datate pentru epoca Arhaică, cu o vechime de circa 2,5 până la 4 miliarde de ani. Depozitele se formează pe fundul lacurilor, mărilor și oceanelor sau în vecinătatea izvoarelor termale, ca urmare a acțiunii vaporilor de origine vulcanică asupra rocilor carbonatate. Atunci când depozitele vechi de anhidrit ajung aproape de suprafață, în urma eroziunii solului, ghipsul se formează prin

hidratarea anhidritului. Prin contact prelungit cu apa, ghipsul se dizolvă în întregime, dar în condiții de soluri aride se pot forma și nisipuri din ghips.

**PRODUSE COMERCIALE:** Ghipsul reprezintă cea mai importantă sursă pentru sulfatul, un ingredient esențial în industria chimică. Industrial se exploatează sub formă de bolovani, pentru aplicații în construcții se vinde la sac sau la pungă. Ghipsul este însă un component important în nenumărate formule comerciale de liant, chit, mortar, ciment sau pastă pentru tencuieli. Există câteva zeci de tipuri de rigips (plăci gipscarton) cu dimensiuni de până la 2,6 metri și grosime între 8 și 12,5 mm.

**DEPOZITE MONDIALE:** Ghipsul este o rocă evaporitică prezentă pe întreaga scoarță, în cantități industriale. Doar la White Sands National Park din New Mexico (SUA) pe fundul unui lac secat a fost expus un depozit de suprafață întins pe 710 kilometri pătrați, cu o grosime de 9-18 metri, adică în jur de 4 miliarde de tone. În ce privește producția anuală, cele mai mari cantități sunt exploatate în (milioane de tone): China (132), Iran (22), Thailanda (12,5), SUA (11,5), Turcia (10), Spania (6,5), Mexic (5,3), Japonia (5), Rusia (4,5), Italia (4,1), India (3,5), Australia (3,5), Oman (3,5), Brazilia (3,3). Cele mai mari rezerve ne-exploatate le dețin însă SUA (4000), Canada (450), Germania (450) și Brazilia (290). În România depozite de ghips au fost semnalate la: Roșia Poieni (Alba), Racoș (Brașov), Lopătari și Mânzălești (Buzău), Moldova Noua (Caraș), Bălan (Harghita), Bocșa Mare (Deva), Baia Sprie, Cavnic (Maramureș), Șaru Dornei (Suceava).

**DIVERSE:** A fost menționat în scris într-o lucrare a filozofului grec Theophrastus (371-287 îen), apoi în lucrarea De Natura Fossilium a lui Georgius Agricola (1494-1555). În Egipt, alabastrul este un material tradițional pentru obiecte decorative și urne funerare, prezente atât în mormintele faraonilor cât și în cele ale oamenilor obișnuiți. La Memphis, un Sfînx înalt de 8 metri, cântărind 90 de tone, sculptat cândva între anii 1700 - 1400 îen, tronează și în prezent spre onoarea faraonului Hatshepsut, Amenhotep II sau Amenhotep III. Ghipsul este și material de elecție pentru toate replicile statuilor celebre, realizate la scară și turnate apoi în matrițe, la minut. Unele dintre replici, egalează sau chiar depășesc în frumusețe originalul.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                        |  |
|------------------------|--|
| W.A. Felsing et all    | Gypsum and Gypsum products   |
| Joseph Karni et all    | Gypsum in construction: origin and properties                                  |
| I. Shainberg et all    | Use of Gypsum on soils: A review   |
| S. Casby-Horton et all | Gypsum Soils - Their Morphology, Clasification, Function and Landscapes        |
| M.Toma et all          | Long-term Effects of Gypsum on Crop Yeld and Subsoil Chemical Properties       |
| Sijiang Wei et all     | Physical and Mechanical Properties of Gypsum like Rock Materials               |
| Lei Li et all          | Dense gypsum ceramics prepared by room temperature cold sintering              |
| Cong Zhu et all        | Physical and mechanical properties of gypsum reinforced with PVA and PP fibers |
| Z. Chen et all         | A hierarchical study of the mechanical properties of gypsum                    |
| A. Aly, F. Grimer      | Mechanical properties of glass fibre reinforced gypsum                         |
| M. Singh et all        | Relationship between mechanical properties and porosity of gipsum binder       |

A. Melo Neto et all	Mechanical properties of blast furnace slag activated with gypsum
M.T. Freire et all	Studies in ancient gypsum based plasters toward their repair
B. S. Hermo et all	Gypsum induced decay in granite monuments in NorthWestern Spain
Portland Cemen Assoc.	Ettringite Formation and the Performance of Concrete
M. Bellesteros et all	Restoration of gypsum habitats
M. Albert et all	Ecological restoration of gypsum quarries in SouthEast Spain
Marius Grigore	Lista plantelor de sărătură din România

## 19. Cărbune

**COMPOZIȚIE CHIMICĂ:** Carbon 50-98 %, Hidrogen 1-6 %, Oxigen 1-10 %, Sulf 1 %, Azot 0-2 %. Mai poate conține: siliciu, nichel, vanadium, calciu, magneziu, titan, mercur, arsen, seleniu. În urma oxidării complete prin ardere, cenușa rezultată are următoarea compoziție chimică: SiO<sub>2</sub> 20-40 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10-35 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5-35 %, CaO 1-20 %, MgO 0,5-4 %, TiO<sub>2</sub> 0,5-2,5 %, Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O 1-4 %, SO<sub>3</sub> 0,1-12 %. Grafitul este solubil în nichel topit și în acid clorosulfuric (HSO<sub>3</sub>Cl). Compoziția chimică relativ simplă este înșelătoare, din depozitele de cărbune se pot izola câteva mii de substanțe organice distincte, mai ales hidrocarburi și alcooli, dar și elemente chimice rare, cum sunt yttrium sau lanthanide.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Varietățile de cărbune conțin procente diferite de carbon chimic pur: Turba 52-62 %, Cărbune brun (Lignit) 60-78 %, Huila 75-92 %, Antracit 92-98 %. Restul masei se compune din apă: Turba 39-48 %, Cărbune brun 22-40 %, Huila 8-25 %, Antracit 2-8 %. Mai poate conține urme de celuloză, hemiceluloză și lignină. Cenușa formează între 3 și 20 % din masa totală. În zăcămintele se cărbune pot fi identificate resturi vegetale pietrificate, fosile animale sau chihlimbar.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea tipică este între 1,1 și 1,5 g/cm<sup>3</sup>, variabilă în funcție de conținutul în apă și cenușă. Grafitul are densitatea între 1,9 și 2,3 g/cm<sup>3</sup>. Porozitatea este cuprinsă între 0,1 și 10 % pentru cărbunele brun și huilă, iar pentru antracit oscilează între 10 și 40 %. Absorbția apei este cuprinsă între 2 și 28 % cu o permeabilitate pentru apă cuprinsă între 0,1 și 100 miliDarcy. Puterea calorică depinde de tipul de cărbune: Turba 12-20 MJ/kg, Cărbunele brun 6-18 MJ/kg, Huila 20-29 MJ/Kg, Antracitul 20-25 MJ/Kg.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** rezistența maximă la compresiune este cuprinsă între 22 și 25 MPa iar rezistența la tracțiune este între 0,15 și 1 MPa. La adâncimi de peste 1000 de metri, rezistența la compresiune

poate atinge și valori de 110 MPa. Cărbunele se poate zgâria cu unghia duritatea pe scara Moh fiind între 1 și 2. În timpul exploatării cărbunelui, prin eliberare de metan și alte gaze proprietățile mecanice ale cărbunelui scad cu 8 până la 20 MPa, crescând semnificativ riscul de surpare. Prin îmbibare cu apă se alterează atât compoziția chimică cât și proprietățile mecanice, în special prin fracturări și lărgirea porilor. Proprietățile mecanice ale cărbunelui rămân neschimbate după încărcări cu sarcină submaximală. Fibrele de carbon polimerice ating proprietăți mecanice uluitoare, între 1600 și 6000 MPa.

**CALITĂȚI:** Cărbunele este o materie primă esențială pentru industria chimică și în metalurgie. Valoarea sa chimică este mult mai mare decât cea combustibilă și nu duce la pierdere de masă. Carbonul este esențial în producția de oțel, baterii, electrozi, lubrifianți, materiale refractare, creioane, filtre minerale și organice, fibre de carbon, plastic ranforsat. Grafitul se poate utiliza și pentru formarea matrițelor pentru piese din oțel. Lignitul se valorifică aproape exclusiv prin ardere, dar costurile de mediu par să invalideze acest tip de aplicație în epoca modernă. Modern, din antracit se produc o serie de nano-materiale, cum ar fi: nano tuburi și fibre, nano particule și sfere, graphene și quantum dots.

**DEFECTE:** În timpul exploatării, zăcămintele de cărbune degajă permanet gaze toxice, sau inflamabile: hidrogen, metan, dioxid de carbon, monoxid de carbon, dioxid de sulf. Dacă aerăția nu este corespunzătoare, inhalarea acestor gaze produce îmbolnăviri grave sau chiar decese. Praful de cărbune produce pneumoconioze, boală obstructivă cronică, infecții și cancer pulmonar. Arderea combustibililor fosili, degajă volume uriașe de CO<sub>2</sub>, contribuind la efectul de seră și tulburări de ordin climatic ce merg până la deșertificare. Doar în anul 2020, prin ardere s-au degajat circa 20 de miliarde de tone de CO<sub>2</sub>. Pe plan mondial se estimează că 800 000 de decese premature au fost cauzate de exploatarea cărbunelui. Cele mai grave accidente miniere din România au fost în anul 1980, la Livezeni (53 de morți) și în anul 1972 la Livezeni (43 de morți). Minele dezafectate continuă să emane gaze infamabile și sunt un permanent hazard pentru incendii. În Germania, un depozit subteran de cărbune de la Brennender Berg a luat foc în anul 1668 și continuă să ardă mocnit și în prezent. Mii de incendii au loc anual în minele de cărbune.

**REMEDI/RESTAURARE:** Carierele de suprafață pot fi reabilite ecologic prin mai multe soluții. Acolo unde există un strat impermeabil de argilă cea mai simplă soluție este umperea cu apă, pentru a forma lacuri permanente. În cazul terenurilor în pantă, umperea cu sol, consolidarea și reîmpădurirea conduc la o reabilitare ecologică. Restabilirea vegetației normale durează în jur de 20-25 de ani, iar capacitatea solului de a reține apa crește progresiv. Alegerea speciilor din ecosistem poate grăbi procesul. Cărbunele natural poate fi metabolizat de o ciupercă, denumită *Trametes versicolor*. În zona tropicală, cele mai bune rezultate s-au obținut cu *Mimosa scabrella*, comparativ cu speciile de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus citriodora*, *Pinus elliotti* sau *Pinus Taeda*. Prezența nematodelor în solul reabilitat este un bun indicator de performanță ecologică. Emisiile de CO<sub>2</sub> și SO<sub>2</sub> sunt monitorizate prin satelit. Majoritatea țărilor importante au standarde industriale pentru poluare. De exemplu, GB 13223/211 în China, sau Clean Air Act în SUA. Cenușa rezultată în urma arderii cărbunelui se poate utiliza pentru tratamentul apelor uzate.

**DESCRIERE:** Cărbunele este o rocă sedimentară de culoare brun neagră, formată prin carbonizarea resturilor vegetale în condiții de anaerobioză. Cărbunele este o rocă utilizată în special ca sursă de energie, deoarece prin încălzire degajă gaze combustibile, numite materii volatile, iar prin ardere degajă cantități importante de căldură. Cantitatea de căldură eliberată prin arderea unui kilogram de cărbune se numește putere calorică și este cuprinsă între 6 și 30 megajouli, în medie 24 MJ/kg sau 6-7 Kwh/kg. Într-o termocentrală cu eficiență energetică de 40 %, curentul electric necesar pentru 100 W/oră timp de un an se produce arzând 325 Kg de cărbune și având ca rezultat 100 de Kg de CO<sub>2</sub> emis în atmosferă. Cocsul este un material obținut prin prelucrarea termică a huilei. Componentele volatile se îndepărtează prin calcinare la 1000 grade Celsius, având ca rezultat un cărbune dur, cenușiu, poros. Cocsul are o putere calorică superioară și începând cu secolul al XVII-lea s-a utilizat pentru obținerea fontei. Dacă se adaugă cocs în amestecul de metal topit și nisip, cocsul menține o temperatură constantă împiedicând topirea nisipului, având ca rezultat un amestec

metalic grunjos (fonta). Primele locomotive cu abur au funcționat tot cu cocs. Gazele eliminate în timpul procesului de cocsificare pot fi convertite în combustibili de tip gazolină sau motorină iar din dioxidul de carbon supraîncălzit și vapori apă se eliberează hidrogen gazos. Calitatea depozitelor de cărbune depinde de grosimea stratului, continuitatea, calitatea cărbunelui și condițiile terenului pentru a susține o exploatare minieră. Se estimează că mai mult de 90 % din rezervele totale de cărbune nu au fost descoperite încă.

**GENEZĂ:** Majoritatea depozitelor de cărbune aflate la adâncime, s-au format în urmă cu milioane de ani, în urma acoperirii resturilor vegetale cu straturi de rocă sedimentară impermeabilă pentru oxigen. Într-o primă fază biochimică, celuloza și lignina au fost descompuse de bacterii și ciuperci până la zaharuri și resturi carbonatate. În faza următoare, geochimică, resturile carbonatate au cedat oxigenul pentru oxidarea metalelor având ca rezultat o îmbogățire în carbon cu peste 50 %. În epocile recente, cărbunele de suprafață s-a format prin descompunerea straturilor groase de resturi vegetale în mlaștini și turbării. Principalele surse de masă vegetală au fost însă reprezentate prin pădurile luxuriante din epoca Carboniferă, în special prin cele 9-12 000 de specii de ferigă uriașă. La adâncimi mici, în condiții de umiditate mare, temperaturi (20-30 grade celsius) și presiuni relativ mici, cărbunele format se numește turbă și este îmbibat cu apă, cu structură vegetală fibroasă. Pe măsură ce deasupra se depun noi și noi straturi de sol, temperaturile și presiunea cresc (35-80 grade Celsius), iar umiditatea scade, pentru a se forma cărbunele brun, denumit și lignit. Cărbunele brun are deja structură compactă, cu spărtură concoidală. La temperaturi (80-180 grade Celsius) și presiuni mai mari, apa este mult redusă iar cărbunele rezultat, denumit huilă, este lucios, sfărâmițos și prăfos. La adâncimi și presiuni mari, temperaturile se ridică până la 180-245 grade Celsius și se formează antracitul, încadrat deja ca rocă metamorfică în urma modificărilor de textură rezultate prin tasare și deshidratare. În depozitele de antracit se poate găsi și grafit, forma cristalină a cărbunelui. Cărbunele artificial se face prin arderea incompletă a lemnului, în condiții de anaerobioză, iar procedeul pentru obținerea grafitului de sinteză a fost inventat în anul 1893, de inginerul Charles Street.

**PRODUSE COMERCIALE:** Majoritatea țărilor exploatează local cărbunele necesar pentru industria lor. Principalul produs exportat este cocsul metalurgic, cu prețuri extrem de variabile în funcție de conținutul în sulf. Mai mult de 50 % din volumul total de cărbune comercial este produs în China, urmat de India cu 10 %, apoi Australia, Indonezia și Rusia. Volumul exporturilor este în jur de 1 miliard de tone anual. Cel mai mare importator de cărbune este China, urmată de India, Japonia și Coreea de Sud. Antracitul și grafitul au valoare comercială mult mai mare, fiind utilizate în electrotehnică și în industria chimică. Smoala rezultată din procesul de cocsificare este materie primă pentru producția de fibre de carbon. Smoala este un compus chimic format din peste 10 000 de substanțe chimice, dintre care doar jumătate au fost identificate, în principal fiind hidrocarburi și alcooli. Aportul global al produselor din cărbune pe piața mondială a fost estimat la circa 2500 miliarde de dolari anual, adică în jur de 1 dolar/kg.

**DEPOZITE MONDIALE:** Rezervele mondiale au fost estimate la circa 800 miliarde de tone. Cu o producție maximă de 9 miliarde de tone anual, cărbunele a fost roca cea mai exploatată din istoria omenirii. Pierderile globale sunt atât de importante încât a fost modificată semnificativ masa totală a planetei, cu efecte iremediabile asupra climei. Cele mai mari producții, în milioane de tone, au fost înregistrate de: China (3900), India (756), Indonezia (562), SUA (484), Australia (476), Rusia (399), Africa de Sud (249), Kazakhstan (113), Germania (107), Polonia (100). În România, producția maximă anuală a oscilat între 15 și 66 milioane de tone. Cele cinci mari bazine carbonifere din România sunt: Valea Jiului, Deva, Rovinari, Motru și Baia Mare. Rezervele României au fost estimate la circa 800 milioane de tone de huilă și 3 miliarde de tone de cărbune brun. Grafit se exploatează la Vatra Dornei. În România cărbune brun se exploatează în cariere de suprafață ce ocupă circa 10 000 de hectare, iar huila se exploatează în subteran. Mai sunt în funcțiune doar 17 exploatare miniere de cărbune, după ce în perioada 1995-2007 au fost închise 556 de mine.

**DIVERSE:** Cele mai vechi mine de cărbune au fost identificate în China, la Shenyang, unde au fost identificate statuete din lignit cioplite în jurul anului 4000 îen. Tot în China, în jurul anului 1000 îen, la

Fushun se utiliza cărbune pentru a topi staniu, cupru și plumb. În secolul al XIII-lea, Marco Polo scria că în China este atât de mult cărbune încât își permit să se îmbăieze de trei ori pe săptămână. În Europa, ce mai veche înregistrare aparține grecului Theophrastus (371-287 îen), sub denumirea de anthrakes. În România primele exploatări la scară industrială s-au făcut în Valea Jiului, în anul 1860, cu mineri aduși din Silezia și Bucovina, iar în anul 1870 s-a deschis linia de cale ferată Petroșani-Simeria.



#### BIBLIOGRAFIE:

Van Krevelen	Coal: typology - physics - chemistry - constitution
S.M. Cassidy	Elements of practical coal mining
James Speight	The Chemistry and Technology of Coal
David Bell et all	Coal Gasification and its Applications
S.C. Tsai	Fundamentals of coal beneficiation and utilization
Christopher Bise	Modern American Coal Mining
R.L. Galloway	A history of coal mining in Great Britain
Zhan-bo Cheng et all	Laboratory investigation of the mechanical properties of coal-rock combined body
Heping Xie et all	Study of Mechanical Properties of Coal Mining at 1000 m or Deeper
Shouqing Lu et all	Evaluation of the effect of adsorbed gas on mechanical properties of coal
Ting Ai et all	Changes in the structure and mechanical properties of coal by water immersion
Abbas Taheri et all	Mechanical Properties of Brown Coal under Different Loading Conditions
J. Ahirwal et all	Ecological restoration of coal mine degraded lands in dry tropical climate
V. C. Zanette et all	Mimosa scabrella enhances the restoration in coal mining areas in rainforest
Chaowei Han et all	Restoration of damaged ecosystems in desert steppe open-pit coal mines
Huang Lei et all	Vegetation and soil restoration in refuse dumps from open coal mines
L.P. Kobets et all	Carbon fibres: sturcture and mechanical properties
P.J. Goodhew et all	A review of the fabrication and properties of carbon fibres
B.B. Moore and all	Activation of coal tar pitch carbon fibres
F. Mushtaq et all	Possible applications of coal fly ash in wastewater treatment
V.C Hoang et all	Coal derived carbon nanomaterials
V. Seredin, S. Dai	Coal deposits as potential alternative sources for lanthanides and yttrium

## 20. Sare

**COMPOZIȚIE CHIMICĂ:** NaCl 100 % (Na 40 %, Cl 60 %). Mai poate conține KCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub> și apă. Se pot identifica și urme de Br, Fe, Mn, Li, S, Zn, SO<sub>4</sub>. Sarea dizolvă în apă în procent de 37,7 % la 0 grade Celsius și 39,12 % la 100 de grade Celsius. Se dizolvă greu în alcool etilic și în amoniac. Sarea gemă este higroscopică prin clorura de magneziu din impurități.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Mineralul dominant este sarea gemă (halit). În asociere pot fi mai ales minerale evaporitice, precum: silvit, polihalit, kieserit, carnalit, anhidrit, ghips, kainit, dolomit, epsomit.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este de 2,17 g/cm<sup>3</sup>, este formată din cristale cubice de halit, cu gust sărat, total solubile în volume mari apă. Porozitatea este aproape nulă, iar permeabilitatea pentru lichide organice, de tipul petrolului, este foarte redusă. Punctul de topire este la 800 grade Celsius, fierbe la 1440 de grade Celsius.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Rezistența la compresiune este cuprinsă între 5 și 15 MPa iar rezistența la tracțiune este între 1 și 2 MPa. Duritatea pe scara Moh este cuprinsă între 2 și 2,5, este sfărâmicioasă cu fractură concoidală. În cazul încărcării ciclice cu sarcină, se produc microfisuri sau fracturi și o ușoară creștere în volum, asociată cu alterarea progresivă, liniară, a proprietăților mecanice.

**CALITĂȚI:** Cea mai simplă metodă de purificare constă din dizolvare în apă și recristalizare. Sarea este o principală resursă pentru industria chimică, în special ca sursă de sodiu și produse clorurate. Fiecare adult consumă circa 1-2 kilograme de sare pe an în alimentație, adică global se consumă circa 10 milioane de tone. Cantități similare se consumă în industria conservelor, și pentru produse din lapte. Industrial sarea se utilizează și pentru produse din sticlă, sau pentru procesarea unor metale, cum sunt: aluminiu, cupru, oțel, vanadium, beril. Se utilizează sare și pentru producția de celuloză și hârtie, în spuma pentru stingerea incendiilor, ca substanță pentru afânare, sau pentru dedurizarea apei potabile. Sarea lichidă se utilizează ca mediu de transport pentru conservarea unor temperaturi înalte, cuprinse între 700 și 1000 de grade Celsius, în cadrul unor centrale termoelectrice, solare sau nucleare. Combinații de sare și apă se utilizează ca electrolit pentru stocarea energiei electrochimice.

**DEFECTE:** Depozitele de sare au o viteză de transmitere a undelor seismice diferită de cea a rocilor sau a solului, reprezentând zone de elecție pentru prăbușiri sau deformări semnificative ale scoarței, cu risc major pentru construcțiile suprajacente. Fenomene similare se petrec atunci când apa de suprafață se infiltrează în foste mine, având ca rezultat prăbușiri ale pereților minei. Atât lipsa sării din alimentație cât și excesul de sare sunt nocive pentru sănătate. Lipsa sării produce apariția edemelor ireductibile, excesul de sare produce hipertensiune arterială și accidente vasculare. Aportul normal de sare este de 3-5 grame/zi (1- 2 kg/an). Solurile sărate sunt improprii pentru majoritatea speciilor de plante și animale. Pudra de sare este iritantă pentru ochi și mucoase. Sarea aplicată pe drumuri pentru dezăpezire, este nu numai o risipă, dar conduce și la degradarea solurilor din vecinătate. Mediul marin și apa sărată în general contribuie semnificativ la alterarea chimică a rocilor din toate tipurile prin cristalizare în interiorul porilor.

**REMEDII/RESTAURARE:** Dacitul este roca vulcanică cea mai rezistentă la alterările chimice din mediul marin, fiind preferat pentru diguri și lucrări de consolidare. Pe plan mondial circa 6 miliarde de hectare de terenuri potențial agricole sunt afectate prin acumularea de sare, ca urmare a defrișărilor extensive, a irigațiilor și a excesului de fertilizatori chimici. Solurile afectate, sărăturile, pot fi reabilitate prin cultivarea de legume și plante rezistente la sare, prin arături de adâncime sau prin fertilizare cu îngrășământ organic. Amendamentele cu ghips sunt uneori o soluție viabilă. În anumite condiții, reabilitarea solurilor poate fi grăbită de unele micro-organisme, cum sunt Ciano-bacteriile sau unii dintre fungi. Pentru unele culturi, aplicatiile foliare cu soluții de acid salicilic au diminuat efectul negativ al solurilor sărate. Plantele din zona de coastă marină dezvoltă toleranță față de solurile sărate, în special în ce privește creșterea tulpinei, dar creșterea foliară rămâne inhibată cu 20 - 50 %.

**DESCRIERE:** Sarea este o rocă sedimentară, translucidă sau alb lăptoasă, uneori cu tinte albastrii, purpurii, roz, roșietice, portocalii, gălbui sau gri, date de diferitele minerale din impurități. Când este amestecată cu argilă, primește culoarea mineralelor din compoziție. Frecvent zăcământul asociază și alte minerale evaporitice, sărate, sulfatate sau borate. Depozitele de sare pot avea sute de metri în grosime și se pot întinde pe suprafețe exprimate în kilometri. De exemplu, Badwater Basin din California (SUA) este un fund de lac cu suprafața de peste 170 kilometri pătrați, acoperit cu un strat de sare gros de 8 până la 150 centimetri. Există și depozite de sare în formă de cupolă inversată, denumite domuri. Aceste domuri, formează uneori pungi impermeabile în care substanțele organice se transformă în petrol. Cristalele de sare sunt comune și în structura rocilor vulcanice, sub formă de incluziuni formate de lichidele multifazice. Uneori, cristalele de sare pot atinge dimensiuni de un metru, pot lua forme scheletale sau piramidale goale în interior, în formă de pânlie. Rare ori formează agregate capilare sau stalactitice. Obișnuit, sarea gemă are aspect zaharos-nisipos murdar.

**GENEZĂ:** Depozitele se formează în urma evaporării apei pe fundul unor foste lacuri sau mări închise. Sarea se formează și în prezent, pe plaje marine sau în regiuni unde evaporarea apei este mai rapidă decât aportul de apă adus prin precipitații. Depozitele în formă de dom se formează atunci când un depozit liniar se cutează în cursul formării unui lanț muntos și toată sarea de pe cei doi versanți se adună la bază. Stratul de sare se formează mult mai rapid decât depozitele evaporitice detritice, astfel că stratul de sare este destul de omogen. După evaporarea competiției a apei, în timp se depun celelalte straturi sedimentare și sarea este îngropată din ce în ce mai adânc. Ca urmare a creșterii presiunii, sarea se compactează, fenomen denumit sinterizare. Atunci când în urma unor mișcări tectonice apare o falie verticală, sub stratul inferior, sarea fiind flotantă se scurge până când umple această falie. Se formează astfel coloane verticale de sare compactată. Dacă, în urma eroziunii, restul straturilor sedimentare sunt îndepărtate de precipitații, la suprafață rămâne blocul de sare, în formă de cupolă sau de ciupercă. Astfel de cupole pot avea în secțiune transversală până la 1-10 kilometri. Atunci când stratul de sare este fisurat sau fracturat, apa poate pătrunde rapid spre adâncime și se formează cavități sau soluții de continuitate pentru lichide. Sarea se mai poate forma și prin sublimare vulcanică, sau prin precipitare sub formă de efluorescențe, în peșteri și caverne.

**PRODUSE COMERCIALE:** Producția mondială de sare se cifrează în jur de 260 milioane de tone anual. Principalele țări producătoare, în milioane de tone, sunt: China (70), SUA (37), India (17), Germania (12), Australia (11), Canada (11), Mexic (11), Chile (8), Brazilia (7), Marea Britanie (6,7), Franța (6), Ucraina (6), Turcia (5), Spania (4,3), Polonia (3,8). În România se exploatează în jur de 2 milioane de tone anual.

**DEPOZITE MONDIALE:** Depozite imense de sare sunt dizolvate în apa oceanelor și mărilor, la concentrații situate între 10 și 35 grame la litru. Câteva dintre marile exploatări de sare din Europa sunt: Anglia (Cheshire, Worchestershire), Austria (Hallstatt, Salzkammergut), Bosnia (Tuzla), Bulgaria (Provadiya, Solnitsata), Germania (Rheinberg, Berchtesgaden, Heilbronn), Italia (Racalmuto, Realmonte, Petralia Soprana), Polonia (Wieliczka, Bochina, Klodawa), Russia (Solikamsk, Seregovo), Ucraina (Soledar). În România principalele



depozite sunt la Ocna Sibiului, Ocna Mureș, Ocna Dej, Ocnele Mari, Târgu Ocna, Praid, Turda, Cacica, Slănic Prahova, Teleaga, Ocna Șugatag, dar au fost prospectate peste 200 de masive de sare, cu grosime de până la 1000 de metri. Depozitele de sare din România s-au format în urmă cu 1-23 de milioane de ani.

DIVERSE: Denumirea de halit provine din limba Greacă, de la cuvântul halos utilizat pentru sare, iar denumirea de sare provine din limba Latină, de la sala. Sarea era un produs comercial extrem de apreciat în antichitate, iar legiunile romane erau uneori plătite în blocuri de sare, în loc de argint. Cele mai vechi exploatări de sare au fost în China, începând cu circa 8000 ani în urmă. Tot chinezii au fost și primii care au construit bazine de evaporare a apei de mare în apropierea țărmurilor. Ocnele de sare au ocupat în toate timpurile un rol central în cultura populară, în special în asociere cu pedeapsa pentru crimă. În literatura juridică și religioasă din America anilor 1674-1860, ocnele de sare au ocupat deasemenea un loc central. Un monument artistic cu faimă mondială este în minele de sare de la Wieliczka, în apropiere de Cracovia, unde minerii au săpat în pereții de sare o colecție întreagă de statui, baseoreliefuri, chiar și candelabre. În încăperea denumită Sfânta Kinga, patroana minerilor, lucrările au durat mai bine de 70 de ani, în perioada 1896-1963.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                     |   |
|---------------------|---|
| Vasile Loghin       | Diapirele de sare din România, privire specială asupra salinelor Slănic și Turda          |
| D. Gecher et al     | Genesis and shape of natural solution cavities within salt deposits                       |
| Youyang Zhao et al  | Purification method for MgCl <sub>2</sub> -Containing salts, for solar power technologies |
| W. Liang et al      | Experimental investigation of mechanical properties of bedded salt rock                   |
| Jie Chen et al      | The mechanical properties of rock salt under cyclic loading experiments                   |
| F. Yan et al        | Seismic velocities of halite salt   |
| C.W. Forsberg et al | Liquid salt applications and molten salt reactors   |
| T. Liang et al      | The Applications of Water-in-Salt Electrolytes in Electrochemical Storage Devices         |
| V. Zedef et al      | Effect of salt crystallization on stones of historical buildings and monuments            |
| Marius Grigore      | Lista plantelor de sărătură din România   |
| E. Yildirim et al   | Effect of Foliar Salicylic Acid Applications on Cucumber Grown Under Salt Stress          |
| D. Lowry et al      | Genetic and physiological basis of adaptive salt tolerance                                |
| M. Ashar Ayub et al | Restoration of Degraded Soil for Sustainable Agriculture                                  |
| Richard Bell        | Restoration of Degraded Landscapes with Salt-affected Land and Revegetation               |
| F. Rocha et al      | Cyanobacteria as a Biotechnological Tool for Restoring Salt-Affected Soils                |
| S. Green et al      | Effects of long-term changes in soil chemistry induced by road salt applications          |
| Daniel Cohen        | Pillars of Salt, Monuments of Grace   |

## 21. Bentonită

**COMPOZIȚIE CHIMICĂ:** SiO<sub>2</sub> 56-70 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13-23 %, MgO 1-5 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1-10 %, CaO 1-4 %, și H<sub>2</sub>O în proporții variabile. Mai poate conține urme de Mn, K, Na, P, Ti, Sr. Bentonita este un catalizator natural pentru rafinarea produselor petroliere. Prin activare cu acizi, capacitatea catalitică crește. Prin ionii de sodiu, calciu și magneziu, bentonita este și un schimbător de ioni natural. Această proprietate se utilizează pentru a fixa metalele toxice din soluții apoase. Prin tratament cu acizi se poate îndepărta fierul din compoziție, iar prin tratament cu acid azotic se poate extrage aluminiul.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Bentonita este o argilă impură compusă mai ales din montmorillonit, illit și beidelit. Alte minerale din compoziție pot fi: clorit, muscovit, caolinit, pirit, cuarț, calcit, ghips, smectit, albit, feldspat.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este între 1,5 și 2,8 g/cm<sup>3</sup>, în funcție de conținutul în apă. Pentru montmorillonitul pudră densitatea este între 1,7 și 3g/cm<sup>3</sup>. Porozitatea este foarte mare, cuprinsă între 18 și 43 %, absorbția apei este între 8 și 16 %, iar permeabilitatea pentru apă este între 50 și 100 miliDarcy. Este foarte solubilă în apă, prin hidratare își mărește volumul de până la 8-9 ori. Este plastică și tixotropică (vâscozitatea pastei scade sub presiune prin mecanism de rulment). Are capacitatea de a adsorbi și molecule polimerice non-ionice.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Roca este moale și friabilă, cu o rezistență maximă la compresiune între 5 și 18 MPa și o rezistență la tracțiune între 0,5 și 2 MPa. Bentonita își păstrează proprietățile mecanice și dacă este încălzită, până la temperaturi de 350 grade Celsius. Prin adăugarea de bentonită în proporție de 10 %, betoanele își îmbunătățesc proprietățile mecanice cu 50-100 %, prin scăderea permeabilității pentru apă.

**CALITĂȚI:** Este o rocă omogenă, fin granulară utilizată pentru turnarea de matrițe în metalurgie, ca gel pentru foraj, în industria ceramică sau ca aditiv în compoziția lianților și cimentului. Prin capacitatea impresionantă de a reține apa se utilizează uneori și ca amendament agricol sau pentru asanări. Poate fi un bun liant pentru baraje și diguri de pământ. Se folosește și pentru rafinarea derivatelor petroliere. Blocuri de bentonită compactată se pot utiliza pentru a tapeta galeriile de depozitare a deșeurilor nucleare. Bentonita se poate utiliza ca schimbător de ioni pentru epurarea apelor uzate.

**DEFECTE:** Dacă se utilizează ca atare în construcții, prin umidificare își mărește volumul și poate produce fracturi sau fisuri ale construcției. Introdusă în fisuri ale rocilor poate duce la fragmentarea acestora. Dacă se utilizează pentru drumuri, în contact cu apa distruge suprafața de rulaj. Pudra de bentonită nu este toxică dar poate conține germeni și paraziți. Este iritantă pentru ochi și mucoasa respiratorie.

**REMEDII/RESTAURARE:** Bentonita se utilizează ca amendament agricol pentru solurile nisipoase, în primul rând pentru a crește capacitatea solului de a reține apa. Rezultate optime s-au obținut prin adăugarea de 5-10 tone de bentonită la hectar, sau 250-500 kg de nano-bentonită la hectar. Pentru grâu, producția la hectar a crescut de la 2,18 tone/ha până la 2,95 tone/ha.

**DESCRIERE:** Bentonita este un tip de argilă cu granulație fină, de culoare albă, uneori cu tente verzui sau albastrui, sau galben roșietică atunci când conține și oxizi de fier. În mod caracteristic, prin hidratare se umflă măbindu-și volumul până de 8 ori, iar sub presiune își reduce vâscozitatea. Microscopic, cristalele de montmorillonit sunt aplatizate, oferind o suprafață maximă de contact, de unde și capacitatea de adsorbție a apei prin tensiune superficială. Prin creșterea presiunii, apa pătrunde și mai bine între cristale, scăzând astfel frecarea, respectiv vâscozitatea. În asociere cu caolinul formează o pastă ideală pentru industria ceramică.

**GENEZĂ:** Bentonita este un produs de alterare al tuff-urilor și cenușilor vulcanice. Se formează sub formă de straturi orizontale, sau se acumulează ca hornuri în fracturi ale rocilor vulcanice. Frecvent mărginește sau tapetează alte depozite minerale formate prin alterare hidrotermală. Se formează în condiții de mediu alcalin, cu un drenaj foarte lent al apei, astfel încât ionii de magneziu, calciu, sodiu și potasiu să rămână adsorbiți în sol. Se mai poate forma și în unele peșteri, prin alterare hidrotermală lentă. În cursul proceselor de alterare, sticla vulcanică și silicații amorfi din rocile vulcanice sunt spălate de apă în procent de circa 50 %, pentru a lăsa în urmă filosilicați.

**PRODUSE COMERCIALE:** Bentonita se utilizează și pentru a augumeta proprietățile mecanice ale unor materiale compozite pe bază de polimeri și nanofibre polimerice. Bentonita se utilizează ca ingredient și pentru ranforsarea produselor din cauciuc natural sau sintetic. Diferite tipuri de bentonită se utilizează și pentru rafinarea produselor din petrol. Soluții pe bază de bentonită se pot utiliza și pentru extracția petrolului și sisturile bituminoase (prin umflare fracturează roca). Bentonita este prezentă și în numeroase produse farmaceutice sau cosmetice sau în detergenți.

**DEPOZITE MONDIALE:** Fiind un produs de alterare al rocilor vulcanice, depozitele de bentonită însoțesc depozitele de roci vulcanice, cu o dispoziție mai concentrată în zona Cercului de Foc al Pacificului, dar este prezentă pe toată suprafața scoarței. Producția mondială a fost estimată la circa 14 milioane de tone anual. Principalele țări producătoare, în milioane de tone, sunt: SUA (4,6), China (3,2), Grecia (1,1), India (1,08), Turcia (0,6), Rusia (0,5), Italia (0,47), Mexic (0,43), Brazilia (0,42), Germania (0,36), Argentina (0,256), Cehia (0,22). În România bentonită se găsește în Munții Apuseni (Simeria, Câmpia Turzii, Șomcuta Mare, Stănița, Talagiu) și în Caraș Severin (Bozovici, Rugi, Moldova Nouă). Se exploatează la: Valea Chioarului, Negrești Oaș, Ocna Mureș, Borzești Cluj, Cigud Alba, Breaza Prahova. Producția anuală este în jur de 20 000 de tone.

**DIVERSE:** Denumirea de bentonită provine de la Fort Benton, Wyoming SUA, unde a fost prospectat cel mai mare depozit cunoscut pentru acest tip de argilă, în vecinătatea unor vulcani adormiți. Geologul american W. Knight a fost cel care a propus denumirea la câțiva ani după descoperirea montmorillonitului. Denumirea de monmorillonit provine de la localitatea Montmorillon, Franța, unde mineralul a fost descris pentru prima dată în anul 1847 de savantul francez Lubin Mayduyt (1782-1870). În jurul anului 300 îen, Aristotel a fost primul care a semnalat utilizarea argilei în scopuri medicinale. Timp de câteva decenii după descoperirea primului depozit bentonita a rămas complet ignorată. A suscitât interes abea după ce s-a raportat că își mărește volumul în apă și că poate fi utilizată pentru albirea rufelor.



#### BIBLIOGRAFIE:

- Cecelia Mims      A Brief History of Bentonite Clay
- M.V. Villar et all      Hydraulic and mechanical properties of compacted bentonite in barrier conditions
- X. Liu et all      Thermo-hydro-mechanical properties of bentonite for radioactive waste repository
- S. Ghadar et all      Structure-based hydro-mechanical properties of sand-bentonite composites
- P. Wersin et all      Performance of the bentonite barrier at temperature beyond 100 deg Celisus
- M. Liu et all      Influence of various bentonites on the mechanical properties of cement mortars
- M. Sarkar et all      Polypropylene clay composite prepared from Indian bentonite
- A. Yehia et all      Evaluation of clay hybrid nanocomposites as reinforcing agent for rubbers
- M.L. Occelli      Surface properties and cracking activity of delaminated clay catalysts
- G.A. Mills et all      Acid activation of some bentonite clays
- G. Alther      The effect of the exchangeable cations of the physico-chemical properties of bentonites
- D. El-Nagar et all      Synthesis and characterization of nano bentonite and its effect on sandy soils
- A. Mahmoud      The combined effect of bentonite on sandy soil properties
- P. Luckham et all      The colloidal and rheological properties of bentonite suspensions
- L. Kiviranta et all      Quality control and characterization of bentonite materials

## 22.Diabaz

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 45-53 %, AlO<sub>3</sub> 13-15 %, FeO 8-10 %, CaO 9-10 %, MgO 6-14 %, TiO 1-3 %. Mai poate conține și: Na, K, P, Mn, P, Zr, Rb, Ba, Ni, Cr, Cu, Zn. Oxizii metalici se dizolvă rapid în acizi tari. Rocile au o reacție alcalină, cu un PH cuprins între 8 și 10, dar prin contact prelungit cu apa PH-ul cade spre valori apropiate de 7.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Roca se compune în principal din feldspat plagioclaz (62 %, anorthit, labradorit, andesin, oligoclaz, albit), prinși într-o matrice din clinopiroxeni, tipic augit (20-29 %). Mai poate conține: olivină (3-12 %), magnetit (2 %), ilmenit (2 %), hornblendă, biotit, apatit, pirit, calcopirit, serpentinit, clorit, calcit.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este cuprinsă între 2,8 și 3,1 g/cm<sup>3</sup>, porozitatea este între 0,1 și 1,2 %, absorbția apei este aproape nulă, între 0,2 și 1 %, permeabilitatea pentru apă este practic nulă. După topirea rocilor diabazice, în cursul răcirii, cristalele de silicat de calciu și aluminiu se formează începând de la temperaturi de 1060 grade Celsius, iar cele de silicat de calciu și magneziu la temperaturi de 860 de grade Celsius. Prin conținutul în magnetit, diabazele pot avea proprietăți magnetice, alterate însă la temperaturi înalte. La temperaturi de 150 grade Celsius, unele probe de diabaz dezvoltă termo luminiscentă, probabil prin conținutul în fosfor.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Diabazul este o rocă tare, asemănătoare bazaltului, cu o rezistență la compresiune între 220 și 300 MPa și o rezistență la tracțiune între 22 și 30 MPa. Duritatea pe scara Moh este între 6 și 7. Rezistența la compresiune scade cu aproape 50 % dacă roca este scufundată în apă, ca urmare a reacțiilor chimice cu oxizii metalici. Rezistența mecanică a diabazelor scade pe măsură ce crește concentrația feldspatului plagioclaz în compoziție și crește paralel cu oxidul de calciu sau de magneziu.

**CALITĂȚI:** Diabazul are proprietăți fizico-mecanice asemănătoare bazaltului și are aplicații asemănătoare: drumuri și căi ferate, piatră sau agregat în construcții, umplutură pentru baraje, sticlă și vată de sticlă, fibre minerale. Acolo unde a fost sfârâmat natural, nisipul poate fi utilizat ca sursă pentru extracția fierului sau magneziului. Sticla din diabaz reflectă radiațiile infraroșii.

**DEFECTE:** Ca urmare a conținutului mai ridicat în oxizi metalici, soluțiile acide afectează diabazele mai energic și mai profund decât granitul sau bazaltul, iar factorii de eroziune hidro-eoliană au un efect mai pronunțat și mai rapid, imediat după expunerea la suprafață. Diferite specii microbiene, printre care *Aspergillus niger*, excretă acizi organici capabili să dizolve ionii de potasiu, calciu, magneziu și fier pe care îi utilizează apoi ca substrat pentru dezvoltare, grăbind alterarea rocii. Inhalarea prafului produce pneumoconioze și silicoză.

**REMEDII/RESTAURARE:** Diabazul este mai sensibil decât granitul sau bazaltul atât la contactul cu apa cât și la cel cu soluții slab acide. Se colonizează mai ușor și mai puternic cu diferite specii microbice sau vegetale. Pentru a împiedeca eroziunea, suprafețele exterioare pot fi acoperite cu glanț de sticlă sau cu lacuri protectoare. Rocile deja afectate biologic pot fi tratate cu soluții erbicide și fungicide, pentru a fi ulterior impermeabilizate. Diabazul alterat se poate însă utiliza pentru reabilitarea solurilor poluate cu dioxid de sulf. Praful de diabaz a fost utilizat și pentru consolidarea solurilor argiloase, în vederea ridicării unor construcții. Nutrienții minerali favorizează dezvoltarea arborilor, în special a speciilor de conifere: brad, pin, larice.

**DESCRIERE:** Diabazul este o rocă subvulcanică, denumită și hipoabisală, deoarece magma intruzivă s-a răcit în interiorul scoarței la adâncimi mai mici de 2 kilometri. Din punct de vedere genetic este un tip de rocă intermediară între cele de profunzime, plutonice și cele eruptive. Bogată în cristale minerale, roca are textură porfitică, cu granulație medie, cu fenocristale fine de feldspat într-o masă fină de augit. Depozitele pot fi sub formă de hornuri verticale sau vene orizontale, pătrunse în straturi de rocă sedimentară. Pentru diabaz se mai utilizează și denumirile de dolerit, sau microgabrou. Este o rocă mafică, adică este bogată în magneziu și fier, iar ca urmare are o culoare verde, cenușiu verzuie, galbenă sau brun roșcată, până la negru. A mai fost denumit și piatră verde. În Tasmania însă, depozitul este columnar, de tip bazaltic, cu roci de culoare gri albăstrui, în urma alterărilor hidro-termale.

**GENEZĂ:** Cele mai vechi diabaze prospectate au fost identificate în Australia, cu o vechime de peste 2,3 miliarde de ani, în Australia de Vest în formațiunea denumită Yilgarn Craton, unde o venă de diabaz se întinde pe circa 200 de kilometri. Alte diabaze, apărute cu 1,7 miliarde de ani în urmă, în timpul unui eveniment intruziv denumit Oenpeli Dolerite (în Nordul Australiei lângă Darwin) se întind pe o suprafață de 30 000 kilometri pătrați. Diabazele din România s-au format în perioada de orogeneză Paleozoică, mai exact în Paleozoicul Devonian, adică în urmă cu 250-550 milioane de ani. Alte diabaze din era Jurasică, cu o vechime de 150-200 milioane de ani s-au format în Africa, Antartica și Tasmania, în urma ruperii supercontinentului Gondwana. Depozitul Tasmanian a fost estimat la circa 15 000 de kilometri cubi. Ca mecanism, diabazul se formează prin răcirea lentă a magmei plutonice în straturile superioare ale scoarței, cu puțin înainte de a erupe la suprafață.

**PRODUSE COMERCIALE:** Diabazul nu se comercializează sub forma de produse finite. Se exploatează în cariere sub formă de roci, bolovani și spărtură. Din depozitele de suprafață, puternic alterate, se poate extrage și nisip, dar cu proprietăți fizico-chimice net alterate. Nisipul însă poate fi utilizat pentru reabilitarea solurilor poluate cu dioxid de sulf. În combinație cu bazalt și calcar, diabazul poate fi materie primă pentru producția de fibre minerale. Pudra de diabaz este utilizată și în compoziția unor materiale ceramice, pentru a reduce fisurările produse în etapa de calcinare.

**DEPOZITE MONDIALE:** Principalele depozite de diabaz sunt în lanțurile muntoase de pe țărmul oceanelor: Palisades Sill (USA), Thulean Plateau (Marea Britanie), Deccan Traps (India), Insula Curacao (lângă Venezuela). Alte depozite sunt continentale: Guera Massif (Tchad), Death Valley (California), Thuringian Mountains (Germania). În România diabaze se exploatează la Niculițel (Tulcea), Revărsarea Sud (Tulcea), Valea Almășelului (Hunedoara), Gurasada (Hunedoara), Bătuța (Bărezava), Bata (Arad), Turț (Maramureș), Racoșul de Jos (Brașov).

**DIVERSE:** Denumirea provine de la cuvântul grecesc diabasis, cu semnificația de tranziție, fiind o rocă intermediară între gabriu și bazalt. O parte dintre construcțiile neolitice ridicate cu blocuri de diabaz s-au păstrat până în zilele noastre, cel mai cunoscut monument fiind cel de la Stonehenge, ridicat în urmă cu circa 3000 de ani, din blocuri înalte de 4 metri, cântărind până la 25 de tone. Un monument recent este Marine Corps War Memorial, ridicat în anul 1954 în memoria tuturor marinarilor americani căzuți la datorie. Un exemplu clasic arhitectural îl reprezintă Biserica Sfinților Apostoli din Launceston, Tasmania, ridicată între anii 1864-1866, în stil Gothic Revival.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                        |  |
|------------------------|--|
| Hudson Goto et all     | Physicochemical evaluation of oxidation of diabase aggregates                        |
| D.J. Sloane            | Some physical properties of dolerite   |
| K. Burgdorff et all    | Petrophysical characterization and natural fracturing in an olivine-dolerite aquifer |
| K. Condie et all       | Geochemistry of Precambrian diabase dikes from Wyoming                               |
| R. Smith et all        | Geology and Geochemistry of Triassic Diabase in Pennsylvania                         |
| E. Bazilevshaya et all | How Oxidation and Dissolution in Diabase Control Porosity during Weathering          |
| E. M. Hausrath et all  | Soil profiles as indicators of mineral weathering rates for Pennsylvania diabase     |
| Z. Pongrac et all      | The crystallization of diabase glass   |
| C. Ljungdahl et all    | Infrared properties of diabase glass and wool  |
| D. Simpson et all      | The effect of water on the compressive strength of diabase                           |
| E. Soderstrom          | Characterisation and Modeling of Mechanical Properties for Diabase                   |
| N. Bezaeva et all      | The effects of 10 to 160 GPa shock on magnetic properties of diabase                 |
| S. Mackwell et all     | High temperature deformation of dry diabase  |
| J. Brandao et all      | Solubilization of diabase and phonolite dust by filamentous fungus                   |
| V. Tesar               | Growth of plantations after fertilizing with lime and diabase                        |
| H. Scholze et all      | An In Vitro study of the chemical durability of siliceous fibres                     |
| O. Igwe et all         | Alternative Approach to Clay Stabilization Using Granite and Dolerite Dusts          |
| A.E. Buruchenko et all | Low Shrinkage Ceramic Based on Fine Grained Dolerite Wastes                          |
| F. Ogundare et all     | Thermoluminescence characteristics of natural dolerite                               |

## 23. Gabrou

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 47-53 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13-18 %, MgO 7-18 %, FeO 6-12 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3-5 %, CaO 5-11 %, TiO 2-3 %. Mai poate conține urme de: Na, K, Ti, Nb, V. Frecvent depozitele de gabrouri se asociază cu acumulări ale unor metale prețioase, decantate în masa rocii: aur, platină, argint, nichel, crom, cobalt, cupru, vanadiu, zircon.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Gabrourele au în compoziție cuarț 5-20 %, minerale inosilicate din tipul piroxenilor (10 %, augit, diopsid, jadeit, spodumen, enstatit, hipersten, bronzit, ferosilit) și feldspat plagioclaz (65 %, anorthit, labradorit, andesin, oligoclaz, albit), la care se asociază mici cantități de hornblendă, olivină, magnetit, ilmentit, apatit, ulvospinel. Tipic mai mult de 35 % dintre minerale sunt mafice, adică au în conținut magneziu și fier.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este între 3 și 3,2 g/cm, porozitatea, absorbția și permeabilitatea pentru apă fiind practic nule. Prin ionii de fier și mangan poate avea proprietăți ferro magnetice iar orientarea cristalelor de magnetit (4-5 %) se utilizează uneori pentru datare, dacă zăcămintul nu a fost dezorganizat prin mișcări tectonice. Microfracturările alterează și ele profund proprietățile și orientarea cristalelor feromagnetice. În cazul gabroureilor nealterate, bogate în oxizi, recoltate prin foraj din fundul oceanului, conductivitatea electrică este mult crescută (80 %) față de gabriurile alterate expuse la suprafață.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Gabrourele sunt roci de tip bazaltic, dure, rezistente la eroziune, cu o rezistență la compresiune între 180 și 250 MPa și o rezistență la tracțiune între 7 și 30 MPa. Duritatea Moh este între 6 și 7. Sunt roci greu de exploatat, fie prin perforare fie prin explozie. Proprietățile mecanice scad la temperaturi înalte. Până la circa 600 grade Celsius, apar doar microfisuri, ca urmare a coeficientului de dilatare diferit al unora dintre cristale, dar peste 600 grade Celsius se produce oxidarea fierului și a magneziului cu apariția unor bule lichidiene. Peste 1000 de grade Celsius, proprietățile mecanice sunt alterate drastic. Rezistența mecanică poate fi redusă cu 55-80 % cu ajutorul microundelor, prin microfracturare cu unde de 3 Kw, cu aplicații în unele exploatari miniere. Apariția microfisurilor poate fi evaluată apoi ultrasonic, pentru a evita iradierea inutilă. Gabrourele au excelente proprietăți abrazive, dar numai la vitezițe mai mici de 100 mm/secundă.

**CALITĂȚI:** Este un excelent material de construcție, atât prin duritatea foarte mare cât și prin absența porilor. Fiind impermeabile la apă, dalele din gabrou se utilizează pentru fațada clădirilor, ca element de protecție și decor. Aspectul sobru, culoarea cenușie sau neagră lucioasă, îl recomandă pentru monumentele funerare, unde este mai apreciat decât marmura neagră. Este o excelentă rocă de laborator, etalon pentru testele mecanice. Prin lipsa porilor, după lustruire, este un material excelent pentru teste de frecare și pentru testarea lubrifianților uleioși.

**DEFECTE:** Gabrourele native sunt extrem de rezistente la apă și solicitări mecanice, dar imediat după expunerea la suprafață sunt expuse la alterări chimice, în special sub acțiunea ploii acide. Principala reacție constă din alterarea piroxenilor (duritate Moh 6) la clorit (cu duritate Moh 2-2,5). Dacă se utilizează ca agregat în betoane, duritatea rocii nu are nici o valoare deoarece interfața dintre rocă și mortar sau ciment are întotdeauna rezistența mecanică cea mai mică și va determina fracturarea indiferent de duritatea rocii. În plus, mortarul cu reacție acidă poate intensifica alterarea chimică prin formarea de săruri hidrosolubile, mergând până la microfisuri sau fracturări. Praful gabroic este silicogen.



**REMEDII/RESTAURARE:** Gabrourele sunt mai susceptibile decât alte roci vulcanice la alterări chimice sau hidrotermale. Din acest motiv, dalele din gabrou se pot proteja la suprafață cu un glanț de sticlă, sau ceramic (ca pentru gresia artificială). Solurile formate prin alterarea gabroureilor au reacție neutră sau ușor alcalină și fertilitate redusă prin oxizii metalici. În Swaziland, pe o plantație de pini, dezvoltarea masei lemnoase a crescut cu 83 metri cubi la hectar în urma unor amendamente chimice cu fosfor 80 kg/ha și potasiu 80 Kg/ha.

**DESCRIERE:** Gabroul este o rocă magmatică de tip bazaltic, formată însă la adâncimi mari (roci plutonice). Roca nativă are o culoare închisă, neagră cenușie cu nuanțe albastre sau verzui dată de olivină și piroxeni, bălțată cu pete gri cenușii sau albicioase de feldspat. Cu cât roca se formează la adâncimi mai mari, cu atât feldspatul din compoziție este mai puțin și roca trece treptat spre peridotite. În compoziția mineralogică, dintre piroxeni predomină clinopiroxeni (augit, diopsid, jadeit, spodumen) cu cristale monoclinice (alungite) bogate în fier. O rocă asemănătoare este noritul, compus din feldspați plagioclazi bogăți în calciu (labradorit) și ortopiroxeni (enstatit, bronzit, hipersten), cu cristale ortorombice bogate în magneziu. Spre deosebire de gabroure, noritul are o culoare gri deschis, spre roz (prin calciu și fier) și are densitatea mai mică (2,9-3,1 g/cm<sup>3</sup>).

**GENEZĂ:** Gabrourele se formează prin răcirea lentă a magmei bazaltice la adâncimi mai mari de 5000 de metri. Din acest motiv, majoritatea depozitelor prospectate se află sub scoarța marină, unde cei 3-4000 de metri de apă adaugă la presiunea straturilor suprajacente și mențin o temperatură constantă. Depozitele de gabrou pot fi masive, prin cristalizare uniformă a masei magmatice, sau pot fi intruziuni stratificate formate prin acumularea cristalelor de piroxeni și plagioclaz decantate din masa silicioasă. Uneori, în urma unor eroziuni semnificative a rocilor sedimentare, intruziuni verticale de tip gabroic apar la suprafață sub forma unor domuri (batholites). La temperaturi de peste 1000 de grade Celsius și presiuni de peste 2 GPa, gabrourele se transformă metamorfic în eclogite, pentru a le crește rezistența la compresiune până la 450 MPa, cu probabilitatea apariției unor cristale de granați sau diamante. Gabroure în asociere cu anorthozite au fost identificate și pe Lună, la locul de aselenizare pentru misiunea Apollo 17, în procente de 10-20 %, restul fiind roci bazaltice 42-67 %, silicați de aluminiu (21-36 %) și sticlă portocalie (12-22 %).

**PRODUSE COMERCIALE:** Gabrourele sunt roci relativ rare cu prea puține prezențe în rețeaua comercială. Dalele din gabrou sunt ideale pentru fațade și suprafețe expuse la apă (bucătărie, baie). Principala lor utilizare este însă ca roci eșantion pentru testarea proprietăților mecanice în paralel cu alte roci (roci de laborator). Nisipul gabroic se poate utiliza pentru producția de abrazivi. Din gabroure se pot trage fibre minerale bazaltice, atunci când există rațiuni economice.

**DEPOZITE MONDIALE:** Principalele depozite de gabroure se află în scoarța submarină, mai rar sub scoarța continentală. Există însă și faciesuri de tip gabrou în interiorul unor mase masive de lavă. La suprafață, depozitele de gabroure sunt rare, apărute prin expunerea unor intruziuni verticale formate în epoca Precambriană. Exemple proeminente sunt: Complexul Bushveld (Africa de Sud) unde sunt cele mai mari rezerve de platină din lume, Intruziunea Muskox (Canada), cu o lungime de 120 kilometri unde gabrourele sunt expuse alături de peridotite și dunite, Intruziunea Rum (Scoția) unde o întregă insulă din Arhipelagul Hebridelor este compusă din roci mafice, Complexul Stillwater (Montana, SUA), unde rocile mafice expuse pe 48 de kilometri conțin rezerve importante de crom, Complexul Ojika (Japonia) cu roci bogate în hronblendă, sau depozitul Stavanger (Norvegia) unde rocile sunt bogate în zirconiu și thoriu. În România, un amestec de diabaz și gabrou se exploatează la Racoșul de Sus (Brașov), Plavișevita (Mehedinți).

**DIVERSE:** Denumirea de Gabrou a fost utilizată pentru prima oară de geologul german Christian Leopold von Buch (1774-1853) pentru roci de lângă Rosignano Maritimo (Toscana, Italia). În Anatolia Centrală sunt expuse la suprafață mai multe domuri gabroice, cu dimensiuni de la câțiva metri până la un kilometru pătrat. Dintre numeroasele monumente funerare din Egiptul antic, un exemplu reprezentativ este cel al Zeiței Nefertiti, aflat în prezent la Muzeul de Artă din New Orleans. Un monument în formă de sarcofag, sculptat în

gabrou și placat cu dale din gabrou a fost ridicat în Serbia în anul 1934, din ordinul Regelui Alexandru, în cinstea eroului necunoscut. Monumentul are 36 de metri lungime și 14,5 metri înălțime, sarcofagul fiind străjuit de patru cariatide. În Bosnia și Herțegovina, gabroul de Jablanica este cea mai apreciată piatră de construcție, un exemplu fiind podul Otoman peste râul Neretva. Gabroul este o rocă destul de des utilizată pentru monumente funerare, cu numeroase exemple în cimitirul central din Londra



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                     |   |
|---------------------|---|
| M.J. Wilson         | The clay mineralogy of some soils derived from biotite-rich quartz-gabbro           |
| I. Kanno et all     | Genesis and characteristics of a red-yellow soil derived from gabbro                |
| S. Igi et all       | Gabbroic complexes in the Ojika peninsula and Kasagai islet                         |
| V. Shekov et all    | The Effect of Microfracturing in Gabbro-Dolerites on Their Physical Properties      |
| F. Einaudi et all   | Electrical properties of slow-spreading ridge gabbros                               |
| Hongliang He et all | Mechanical properties of shock-damaged rocks  |
| Y.L. Zheng et all   | Effect of microwave treatment on thermal and ultrasonic properties of gabbro        |
| Zhenlong Ge et all  | Acoustic emission characteristics of gabbro after microwave heating                 |
| M. Keshavarz et all | Damages and changes in mechanical properties of a gabbro thermally loaded           |
| M. Torkan et all    | Alteration Dependent Mechanical Properties of Gabbro Construction Stones            |
| A. Tsutsumi et all  | High velocity frictional properties of gabbro                                       |
| M. Hassanzadeh      | Fracture Mechanical Properties of Rocks and Mortar/Rock Interfaces                  |
| D.H. Green et all   | An experiemntal investigation of the gabbro to eclogite transformation              |
| Y. Kadioglu et all  | Nature of the Gabbro in Central Anatolia  |
| J. Crous et all     | Effect of phosphorus and potasium fertiliser on tree growth on gabbro-derived soils |
| J. Rhodes et all    | The relationships between geology and soil chemistry at the Apollo 17 landing site  |
| A. Kochergin et all | Ways to supply gabbro-basalt raw materials to mineral fiber producers               |
| V. Matovic et all   | The cause of damage to gabbro stone on the monument of the unknown soldier          |
| K. Mandzic et all   | Influence of bolume weight on gabbro uniaxial compression strength                  |

## 24. Cuarțit

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 88-94 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1-3 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0-2 %, CaO 1 %. Mai poate conține urme sau săruri de: Na, K, Mn, P, Ti, Cu. Cuarțul este solubil în acid fluorhidric, dar insolubil în apă, acid clorhidric, acid sulfuric sau acid azotic.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Roca este formată aproape exclusiv din cuarț (minimum 80 %), la care se asociază mici cantități de feldspat, muscovit, biotit, apatit, magnetit, rutil, ilmenit, calcit, oxizi de fier, granați sau zircon.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este cuprinsă între 2,6 și 2,8 g/cm<sup>3</sup>, fiind foarte apropiată de cea a cuarțului pur (2.6-2,63 g/cm<sup>3</sup>), porozitatea este între 0,4 și 3,9 %, absorbția apei este între 0,1 și 1,4 % (prin feldspat) iar permeabilitatea pentru apă este foarte redusă, între 0,01 și 0,1 miliDracy. Cristalele de cuarț sunt piezoelectrice, piroelectrice și uneori triboluminiscente. La temperaturi cuprinse între 1300 și 1500 de grade Celsius, cuarțitul se transformă în cristobalit și tridymit, minerale polimorfe (sticloase), apoi se topește, începând de la: 1670 grade Celsius pentru tridymite și 1715 grade Celsius pentru cristobalit.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Este o rocă microcristalină, foarte tare, dură, cu rezistență la compresiune până la 150-300 MPa și rezistență la tracțiune între 20 și 30 MPa. Duritatea pe scara Moh este în jur de 7, apropiată de cea a cuarțului. Are excelente proprietăți ca abraziv. Sub presiune, cristalele reacționează inelastic și se produc microfisuri paralele cu direcția forței, respectând cristalele.

**CALITĂȚI:** Curațitul este extrem de rezistent la eroziunea hidro-eoliană, motiv pentru care în vârful munților se individualizează dintre restul rocilor pentru a forma creste, sau vârfuri de munte. Dacă se utilizează în construcții, nu necesită intervenții de conservare sau restaurare. Încă din epoca Neolitică a fost preferat pentru unelte și arme. În epoca modernă este utilizat în construcții sau ca sursă de siliciu, pentru gel și spumă de silicon. Se mai utilizează în industria ceramică, metalurgică sau în industria sticlei.

**DEFECTE:** Cuarțul pur nu oferă plantelor nici un fel de nutrienți, motiv pentru care depozitele de cuarțit sunt complet dezvelite sau acoperite de un strat foarte subțire de sol, cu minimum de vegetație. Lipsit de lianți, impermeabil pentru apă, nisipul cuarțitic face betoanele mai ușor de turnat și le augmentează rezistența față de alterările hidro-chimice. În caz de cutremur, apar microfisuri iar prin tensiunea superficială apa infiltrată formează un mecanism de rulment ce poate duce la alunecări de teren. Pudra de cuarțit este puternic silicogenă și favorizează apariția cancerului pulmonar. Cuarțitul expus la mediu umed este un bun mediu de dezvoltare pentru licheni și fungi. De pe Monumentul Pipestone din Minnesota s-au izolat 154 de tulpini diferite de licheni și fungi, din speciile: Acarospora, Arthonia, Caloplaca, Veruccaria.

**REMEDII/RESTAURARE:** Fiind rezistent la interacțiunile hidro-chimice, blocurile de cuarțit nu trebuie să fie protejate prin tencuială sau materiale izolante. Blocurile fisurate sau sparte trebuie să fie înlocuite, deoarece adezivitatea față de lianți este slabă. În cazul sculpturilor monumentale, cum este cazul celor din Egipt, pentru operațiile de restaurare s-au utilizat diverse substanțe nano-compozite polimerice, în special cele bazate pe oxizi de zinc super-hidro-fobice. Pe post de liant se poate utiliza și sticlă lichidă, sau pudră de sticlă topită cu torța. Spărtura și nisipul cuarțitic se pot utiliza pentru stabilizarea solurilor argiloase, spre a putea fi utilizate pentru fundația unor clădiri.

**DESCRIERE:** Cuarțitul este o rocă silicioasă metamorfică formată prin alterarea gresiilor sedimentare, urmată de consolidare la temperaturi și presiuni înalte. Cuarțitul pur este de culoare albă, dar prin impurități și oxizi de fier primește de obicei nunațe de gri sau roz spre brun roșcat pal. Suprafața este de obicei granulară, cu granule submilimetrice, cu aspect de glass-papier. Sub microscop, se observă o înlănțuire mozaicată a cristalelor, de dimensiuni aproximativ egale, cu un minimum de cimentare prin feldspar și oxid de calciu. În caz de fisuri sau fracturi, linia de spărtură respectă întotdeauna cristalele, interesând doar mineralele de cimentare. Rocile sedimentare cu aspect foarte asemănător cuarțitului, denumite ortocuarțite, se formează tot din gresii alterate, dar sunt cimentate prin diagenază fără recristalizare și tasare. În cazul acestor roci, cimentarea este atât de puternică încât fracturarea rupe cristalele în loc să le ocolească.

**GENEZĂ:** Gresiile parentale având în compoziție cuarț aproape pur, rezultat în urma unor decantări îndelungate a elementelor grele, sunt alterate în timp până la nisip cuarțitic. În urma unor accidente tectonice sau a unor compresii din zona de subducție a plăcilor continentale, prin frecare se produc temperaturi înalte (peste 1750 de grade Celsius) asociate cu presiuni foarte ridicate. Cristalele de cuarț se topesc, iar apoi se răcesc lent și recristalizează. În urma recristalizării se formează depozite lenticulare de cuarț fin granular sau pături cu grosime de până la câțiva zeci de metri. Supercuarțitul este o varietate de cuarț aproape complet lipsită de impurități (mai puțin de 100 ppm), cu o textură porfiritică, fin granulară (granule mai mici de 0,5 mm), conținând și cristale alungite ce pot atinge 2-4 mm (până la 50 %).

**PRODUSE COMERCIALE:** Cuarțitul este o rocă decorativă, extrem de rezistentă la uzură. Poate fi tăiat sub formă de dale, pentru fațadă, acoperiș, pardoseli sau trepte de scară. În bucătării se utilizează pentru blaturi și mese de bucătărie. Cuarțitul pur se utilizează pentru produsele pe bază de silicon: gel, spumă, ferrosilicon, pudră de siliciu, carbură de siliciu. Nisipul curățitic este un bun agregat pentru betoane, fiind aproape inert la reacția cu apa, dar prin lipsa de adezivitate scade rezistența la compresie cu 20-30 %. Cuarțitul poate fi un ingredient valoros în formulele de gresie artificială.

**DEPOZITE MONDIALE:** Cuarțitele au aceeași arie de răspândire ca gresiile, adică se găsesc pe toată suprafața globului, cu zone de concentrare în vecinătatea centurilor orogenetice și a zonelor cu activitate tectonică ridicată. Frecvent cuarțitul este o componentă a șisturilor cristaline și a gnaisurilor. În Europa depozite notabile de cuarț sunt Masivul Renan, Munții Taunus și Munții Harz (Germania). Una dintre cele mai mari cariere este la Austertana (Norvegia) cu o producție anuală de peste 850 000 tone, iar alte 150 000 de tone se extrag în vecinătate de la Marnes (Sandhornoy, Norvegia). Pe plan mondial un depozit important este în Masivul Himalaya sau în nisipul marilor deșerturi (cuarț alterat). Un depozit notabil de cuarț expus la suprafață este Pipestone National Monument, The Sioux Quartzite, distribuit în trei state din SUA: Minnesota, South Dakota și Iowa. În România este o rocă comună, prezentă în aproape toate masivele muntoase, asociată cu șisturile cristaline. Uneori este asociat cu minereuri de mangan (Carpații Orientali) sau de fier (Munții Poiana Ruscă).

**DIVERSE:** Denumirea este derivată de la cuvântul German Quarz, cu semnificația de cuarț. În Antichitate, filozoful Grec Theophrastus credea spunea despre cristale (Kristallos) că sunt o formă de gheață foarte rece. Cuarțitul a fost utilizat pe scară largă în Egiptul Antic, pentru statui monumentale, cum sunt colosalul monument în cinstea faraonului Ramses al II-lea, sau Colosul lui Memnos din mormântul Faraonului Amenhotep III. Sarcofagul împăratului Napoleon Bonaparte, din în Domul Invalizilor, a fost sculptat din cuarț de Shoksha, adus din Rusia, de lângă Lacul Onega. Din același material s-a făcut și sarcofagul Împăratului Nicolae I al Rusiei, sau Monumentul Eroului Necunoscut de la Kremlin, Moscova.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                    |  |
|--------------------|--|
| V. Gupta et all    | Relationship between textural, petrophysical and mechanical properties of quartzite  |
| U. Shareef et all  | Physical and mechanical properties of quartzite for coarse aggregate                 |
| D.K. Hallbauer     | Mechanical behaviour of quartzite specimens in stiff, triaxial compression tests     |
| X. Yang et all     | Behavior of quartzite under the combined effects of chemical erosion and freeze-thaw |
| Richard Law et all | Water-weakening of sandstone and quartzite deformed at various stress rates          |
| P. Pongrac et all  | Role of H <sub>2</sub> O in quartz mechanical behavior and microstructure            |
| A. Fedorov et all  | Super pure quartzite an an alternative to quartz raw materials                       |
| Li Hong et all     | Influence of aggregate surface roughness on mechanical properties of concrete        |
| K. Sharma et all   | Effect of Quartzite Powder on Microstructure and Strength Properties of Concrete     |
| K.R.Wu et all      | Effect of coarse aggregate type on mechanical properties of concrete                 |
| O. Jaoul et all    | The effect of varying water contents on the creep behavior of quartzite              |
| P. Torres et all   | Development of ceramic floor tile compositions based on quartzite                    |
| Yasser. K. Hefni   | Hydrophobic Zinc Oxide Nanocomposites for consolidation of Quartzite sculptures      |
| E. Kalkan et all   | The Effects of Quartzite on the Swelling Behaviors of Compacted Clayey Soils         |
| A. Bulakh et all   | Shoksha quartzite, a heritage stone of international importance from Russia          |
| Bernard Bothmer    | Block Statues of the Egyptian Middle Kingdom   |
| M. Advaita et all  | Lichens, lichenicolous fungi and allied fungi of Pipestone National Monument         |

## 25. Travertin

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: CaCO<sub>3</sub> 95-97 % (CaO 48-54 %, CO<sub>2</sub> 20-44 %), SiO<sub>2</sub> 0-1 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0-1 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0-2 %. Poate conține urme de Mg, Mn, Na, K, P. Carbonatul de calciu este solubil în apă și bioxid de carbon, cu formare acid carbonic și calciu mineral. Reacția este însă reversibilă, iar calciul și acidul carbonic prin deshidratare recrystalizează carbonatul de calciu. Reacționează energetic cu toți acizii, pentru a forma săruri. În general, reactivitatea chimică este la fel ca pentru calcar. Soluțiile de sulfat de sodiu hidratat grăbesc alterarea chimică cu până la 50 %, prin recrystalizarea carbonatului de calciu.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Travertinul este alcătuit din calcit și aragonit. Mai poate include clacedonie, cremene, argilă, nisip, oxizi de fier, fosile animale sau vegetale pietrificate. Un depozit din vecinătatea Muntelui Etna conține travertin în care predomină dolomitul și aragonitul. În Jordania a fost descris un depozit de travertin bogat în uranium, adus la suprafață de niște izvoare arteziene neobișnuit de alcaline (de tip hidroxid-sulfat).

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este între 2,3 și 2,6 g/cm<sup>3</sup>. Porozitatea este foarte mare, în medie fiind cuprinsă între 10 și 20 %, dar există și varietăți spongioase cu porozitatea de până la 70 - 80 %. Tipic, lângă izvoarele termale porozitatea este în jur de 25 %, iar în zonele reci atinge 50 %. În rocile foarte vechi, porozitatea scade până la 2 % prin cristalizarea secundară a calcitului în interiorul porilor. Absorbția apei este în jur de 2-7 %, iar permeabilitatea pentru apă este între 0,1 și 500 miliDarcy.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Travertinul este o rocă relativ moale, cu duritatea cuprinsă între 3 și 4 pe scara Moh (3 pentru calcit, 4 pentru aragonit). Rezistența la compresiune este între 30 și 80 MPa, iar rezistența la tracțiune este între 5 și 12 MPa, roca fiind friabilă la șocuri mici. Ca urmare a texturii laminate, proprietățile mecanice sunt anizotrope, variabile chiar și în interiorul aceleiași probe. Ploaia acidă afectează progresiv proprietățile mecanice, proporțional cu scăderea PH-ului. La PH 2,5-4 efectele sunt măsurabile chiar și după câteva expuneri.

**CALITĂȚI:** Este ușor de prelucrat, după șlefuire are un luciu frumos, desenul textural este foarte atractiv, ca un furnir, cu aspect rustic, cald. Este ușor, destul de rezistent la eroziunea naturală, bun izolator termic și fonic. Cu cât porozitatea este mai mare, cu atât este un izolator termic și sonic mai bun. Porii și găurile se pot închide cu diverse combinații de paste, pe bază de pudră din calcar sau marmură și lianți. După șlefuire se poate trata cu lacuri impermeabile, sau se poate acoperi cu un glanț de sticlă. Este o rocă relativ ieftină, ușor de obținut artificial din praf de calcar.

**DEFECTE:** Roca este friabilă, inomogenă, de multe ori cu găuri mari, se crapă la șocuri mici, se pătează ușor, se dizolvă chiar și în contact cu soluții slab acide (suc de lămâie, oțet). Dalele din travertin utilizate pentru pardoseli se zgârie ușor, sau se crapă la orice obiect greu scăpat de la înălțime. Cu timpul, suprafața își pierde strălucirea și trebuie șlefuită din nou. Datorită porozității mari, travertinul se alterează mai rapid în mediu acvatic atunci când alterează ciclurile de îngheț-dezghet. Carbonatul de calciu nu este toxic dar este iritativ. Inhalat cronic poate produce fibroză pulmonară și boală obstructivă cronică.

**REMEDII/RESTAURARE:** Găurile și porii se pot acoperi cu pastă formată din calcit, aragonit și oxid de calciu. Zgârieturile se pot rectifica ușor prin șlefuire. Plăcile grav avariate se pot înlocui cu totul. Pentru statui și monumente, se pot turna replici ale fragmentelor deteriorate din travertin artificial, aproape la fel de ușor ca în ghips. Prin expunere îndelungată la soare, travertinul se decolorează iar calcitul translucid se opacifiază spre alb. Culoarea se poate reîmprospăta prin tratamente cu radiații gamma.

**DESCRIERE:** Travertinul este o varietate de calcar, depozitată în jurul izvoarelor minerale, în special a izvoarelor termale. Aspectul general este de rocă fibroasă, poroasă, cu o geometrie concentrică a straturilor de carbonat de calciu depozitate. Are o culoare alb gălbuie, până la brun roșcat, în funcție de concentrația oxizilor de fier. În sens mai restrâns, travertinul este o rocă densă, uneori masivă, frecvent cu textura în benzi paralele, sau concentrice. Spărtura este așchioasă. Există varietăți cu porozitate foarte mare, denumite generic tufa. Depozitele se formează de obicei pe pante abrupte, sau ondulatorii în trepte. Rare ori depozitele sunt orizontale. Laminația este formată din straturi milimetrice, până la centimetrice, formate în funcție de evoluția climatică. Se deosebește de calcar și marnă prin transformările metamorfice: este lamelar, fibros, poros, depus în vecinătatea unor ape termale.

**GENEZĂ:** Se formează la gura izvoarelor termale prin precipitarea rapidă a carbonatului de calciu, sau în interiorul peșterilor din bazinele carstice. În acest din urmă caz, formează stalactite, stalagmite, sau alte formațiuni speleoterme. Pentru fiecare locație se poate determina durata depunerii pentru fiecare strat, astfel că roca în ansamblu ei prezintă întreaga istorie geologică a depozitului. În cazul depozitelor masive, groase de zeci de metri, se estimează că straturile inferioare au fost depuse în urmă cu 10-20 milioane de ani. În cazul peșterilor, secțiunea transversală a unei stalactite este asemănătoare cu inelele din trunchiul arborilor, cu deosebirea că fiecare inel înseamnă sute sau mii de ani. În unele cazuri, straturile sub-milimetrice au fost formate prin activitatea diurnă a florei microbiene din apele termale. Travertinul artificial este ușor de obținut și are proprietăți fizice și mecanice comparabile sau chiar superioare travertinului natural. O rețetă simplă de travertin artificial se obține din pudră și deșeuri de travertin 70 % și rezină epoxidică 30 % (epoxy 828). Calitatea diferă în funcție de proporția ingredientelor. Dalele de travertin se pot trata cu soluții de calcit și ciment sau lianți polimerici, pentru ca în urma umplerii porilor, prin șlefuire să primească aspectul de marmură artificială.

**PRODUSE COMERCIALE:** Travertinul se comercializează gata prelucrat, sub forma de plăci mari, dale și produse finite de mobilier pentru baie sau bucătărie, în nuanțe de Crem, Alb, Roșu sau Bej-Maroniu. În mare parte, travertinul din comerț nu este natural ci este un produs de sinteză, dar calitățile sale sunt superioare travertinului natural. Lipsesc acele găuri prin care trece degetul și zonele cu alterări intense sau recristalizări secundare. Prin tratare cu lacuri și lianți speciali, travertinul artificial este mult mai rezistent la substanțele acide sau la coloranții naturali. În magazinele mari există cel puțin 65 de produse diferite pentru placaj, la diferite tipodimensiuni. Plăcile mari se utilizează pentru fațada clădirilor, sau pentru tapetarea căilor de acces pietonale.

**DEPOZITE MONDIALE:** În funcție de mecanismul depunerii, depozitele de travertin pot fi: domuri depuse în jurul izvorului termal, vene formate în fisuri ale rocilor calcaroase, depozite în formă de cascadă, depozite în formă de dig în jurul apelor termale, depozite liniare pe fundul râurilor sau lacurilor, acumulări paludale în mlaștini cu drenaj lent sau formațiuni speleoterme în peșteri. Pe plan mondial sunt descrise câteva sute de depozite, mai importante fiind cele de la Tivoli (Italia) cu un depozit gros de 60 metri, întins pe 20 de kilometri pătrați. Doar în Italia sunt descrise alte peste 100 de locații. Un depozit spectaculos, în formă de cascadă, este la Pamukkale (Turcia), protejat ca monument UNESCO de interes mondial. Tot o rezervație naturală UNESCO este și la Huanlong (China), cu o suprafață de 700 kilometri pătrați și un canion adânc de peste 1000 de metri. În SUA, complexul de izvoare termale de la Mammoth Hot Springs (Yellowstone) include zeci de formațiuni calcare hidro-termale. Tot un depozit terasat, în cascade, este și la Badab Soort (Iran), situat la o altitudine de 1840 de metri. În vecini, formațiuni cu interes turistic sunt la Egerszalok (Ungaria), Swabian Alb (Germania), Plitvice (Croatia). În România, câteva locații sunt la: Geoagiu Băi, Cărpiniș Hunedoara, Slănic Prahova, Borsec Harghita.

**DIVERSE:** Denumirea provine din limba italiană, de la depozitul Tivoli unde a fost exploatat încă din Antichitate. Denumirea antică era de lapis tiburtinus. Un monument de proporții din Roma Antică este Colosseumul (Amphiteatrum Flavium), ridicat de împărații: Vespasian, Titus și Domitian din ginta Flavius.

Cu o bază circulară de 545 metri, cu diametrul de 189 metri și înalt de 48 metri, marele amfiteatru putea acomoda până la 80 000 de persoane. Un alt monument faimos este domul Basilicii Sfântului Petru din Roma, sculptat de Michelangelo Buonaroti. Tot în travertin a fost sculptată și celebra Fontana di Trevi, lungă de 50 metri și înaltă de 26 metri, operă a lui Nicola Salvi. La Paris, travertinul s-a utilizat extensiv pentru Basilica Sacre Coeur, înaltă de 83 de metri. În Turcia, un monument impresionant din travertin și marmură este Mausoleumul Președintelui Mustafa Kemal Atatürk, lung de 58 metri, lat de 42 metri și înalt de 27 metri.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                      |  |
|----------------------|--|
| Allan Pentecost      | Travertine   |
| A. Pentecost et al   | The quaternary travertine deposits of Europe and Asia Minor                                |
| A. Kano et al        | Geomicrobiological Properties and Processes of Travertine                                  |
| W. Alessandro et al  | Geochemistry and mineralogy of travertine deposits of the SW flank of Mt. Etna             |
| R. Amundson et al    | The chemistry and mineralogy of CO <sub>2</sub> -rich travertine in California Coast Range |
| H.N. Khoury et al    | Mineralogy and origin of surficial uranium deposits hosted in travertine                   |
| N. Sturchio et al    | Radium isotopes, alkaline earth diagenesis and age determination of travertine             |
| A. Jamshidi et al    | P-wave velocity and Schmidt hardness with mechanical properties of travertine              |
| M. Chentout et al    | Effect of travertine structure on the physical and mechanical properties                   |
| M.Akin, A. Ozsan     | Evaluation of long term durability of yellow travertine                                    |
| A. Jamshidi et al    | Durability of Gerdoe travertine after freeze-thaw cycles in fresh water                    |
| A. Torok et al       | The influence of fabric and water content on mechanical parameters of travertine           |
| M. Hosseini et al    | Effects of Acid Rain on Physical and mechanical Properties of Travertine                   |
| A. Shishegaran et al | The Mechanical Strength of Artificial stones containing travertine wastes and sand         |
| S. Demirdag et al    | Different polymer and cement based materials and technical parameters of travertine        |
| J.A. Harell et al    | The origin, destruction and restoration of colour in Egyptian travertine                   |
| T. Okumura et al     | Microbial Process Forming Daily Lamination in an Aragonite Travertine                      |

## 26. Carbonatit

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 2-32 %, CaCO<sub>3</sub> 26-77 % (CaO 11-47 %, CO<sub>2</sub> 15-39 %), MgCO<sub>3</sub> 0-15 %, FePO<sub>4</sub> 0-14 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0-21 %, FeO 0-12 %, Na<sub>2</sub>O 0-4 %, K<sub>2</sub>O 0-2 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 2-3 %. Mai poate conține: Nb, Ce, K, Ti, Li, Rb, Ni, Zr, Sr, Th, Ba, U, V, Pb. Reactivitatea chimică este ca pentru calcar și marne, dar mult



mai rapidă și mai energică.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Carbonatitele au în compoziție mai mult de 50 % minerale carbonatate, de unde și denumirea (calcit, aragonit, magnezit, siderit). Sovita calcică, alvikitul, ankeritul și dolomitul sunt componenți principali, la care se asociază frecvent: apatit, magnetit, barit, fluorit, ancylit, nefelin, olivină. Natrocarbonatitele conțin și carbonați anhidri foarte bogați în calciu și potasiu (nyereit, gregoryit). Când silicații sunt în jur de 50 % se utilizează termenul de silico-carbonatite. În acest caz predomină piroxenii, olivina, nefelina și mineralele feldspatoide. Rocile pot conține cantități semnificative de nioboum, tantal, bariu, cesiu, rubidiu.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este între 2,4 și 2,8 g/cm<sup>3</sup>, în funcție de presiune și de compoziția chimică, porozitatea este semnificativă, între 5 și 12 %, absorbția apei este semnificativă (carbonații sunt solubili lent) cu permeabilitate mare pentru apă, prin alterare hidro-termală (fenitizare). Lava carbonatitică are conductivitate electrică de trei ori mai mare decât lava silicioasă și de cinci ori mai mare decât orice alt material provenit din manta.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Rezistența la compresiune este mică spre medie, cuprinsă între 120 și 160 MPa, iar rezistența la tracțiune este între 12 și 16 MPa. Extracția pământurilor rare din rocile carbonatitice poate fi facilitată cu ajutorul unei sonde cu ultrasunete, aplicate la frecvența de 20 KHz, timp de 15 minute și prin utilizarea unor soluții de extracție ușor acide (3 % HNO<sub>3</sub> + 2 % HCL).

**CALITĂȚI:** Lava carbonatitică fiind încă fluidă și cu vâscozitate mică la temperaturi relativ joase, spală sau antrenează numeroase săruri metalice din magma silicioasă, pe care le decantează apoi gravitațional în depozitul carbonatitic, rezultând astfel o concentrare aparentă a acestor elemente altfel rare. Prezența sodiului (din NaCl și NaF) și a potasiului (KCl) în compoziție cresc fluiditatea lavei și implicit capacitatea de a dizolva diferitele elemente chimice.

**DEFECTE:** Mineralele carbonatate anhidre din compoziție reacționează foarte energic cu apa și alterarea rocilor începe la câteva ore după expunerea la suprafață, cu efecte vizibile cu ochiul liber, asemănător cu carbura de calciu (carbide). Cu cât conținutul în siliciu este mai mare, cu atât lava este mai puțin fluidă și se solidifică la temperaturi mai ridicate, împiedicând astfel procesele de decantare și cristalizare fracționată pentru concentrarea elementelor chimice valoroase. În prezența siliciului se formează și sticlă naturală carbonată, cu modificări semnificative ale vâscozității. Praful carbonatitic este foarte iritant pentru mucoasa respiratorie, produce pneumonie chimică.

**REMEDII/RESTAURARE:** Solurile dezvoltate deasupra unor depozite de carbonatite au PH-ul mai ridicat (6-7,6) decât majoritatea solurilor fiind populate în special cu specii de buruieni. Flora microbială și fungică este comună cu cea din alte soluri, dar mai puțin abundentă. În cazul hornurilor, de exemplu, se observă la suprafață insule de sol alcalin, unde creșterea plantelor mici este favorizată, și asta în interiorul unor păduri

cu sol acid, dominate de conifere. Molidul crește mai bine și mai rapid pe astfel de soluri alcaline și se poate utiliza pentru reabilitarea ecologică a fostelor cariere. Identificarea acestor soluri se poate face cu ajutorul hărților trasate cu ajutorul dronelor, combinate cu imagini hiperspectrale și magnetice.

**DESCRIERE:** Carbonatitele sunt roci vulcanice asociate cu zonele de subducție a plăcilor continentale, de cele mai multe ori sunt subvulcanice, adică răcite în scoarța de suprafață. Există însă și depozite intrusiv, sau extrusiv. Tipic depozitele sunt sub formă de vene, lentile, hornuri verticale sau pături orizontale, intercalate între alte roci magmatice. Singurul vulcan activ cu lavă carbonatitică este Ol Doinyo Lengai (Tanzania), unde lava este formată din carbonați de calciu-sodiu (nyereit) și carbonați de calciu sodiu și potasiu (gregoryit), fiind încă fluidă la 500-600 de grade Celsius. Este probabil că erupțiile carbonatitice nu sunt chiar atât de rare, dar din cauza alterării rapide urmele geologice ale erupțiilor vechi se șterg relativ repede. Cea mai veche rocă carbonatitică a fost datată cu o vechime de maximum două miliarde de ani, dar majoritatea depozitelor sunt mult mai recente. În contact cu mediul umed, lava și cenușa de culoare neagră sau maro închis în momentul erupției devine albă în câteva ore, pentru a deveni apoi cenușie după câteva zile, și din nou maronie după câteva săptămâni. Carbonatitele au fost subîmpărțite în scop științific după mineralul dominant din compoziție, sau după metalul dominant (Mg, Ca, Fe, pământuri rare).

**GENEZĂ:** Lava carbonatitică se formează la adâncimi și presiuni mari, în manta, prin supraîncălzirea și topirea unor roci parentale bogate în calciu (peridotite, nefelinite, melilite, eclogite). Lava carbonatitică fiind încă fluidă la temperaturi mult mai mici decât magma intruzivă, și cu o densitate mai mică, se ridică deasupra acesteia până la adâncimi mai mici, sau chiar penetrează la rândul ei straturile de roci superficiale. O stațiune tipică este Complexul Alno, din Suedia, compus din hornuri carbonatitice concentrice cu raza de 25 kilometri, înconjurat de o zonă de tranziție cu grosimea de 500-600 de metri formată din roci metasomatice, formate prin alterare hidrotermală (fenite). Erupția vulcanului Ol Doinyo Lengai, din anul 1960, a permis o investigație geologică cu mijloace moderne a parametrilor fizico-chimici ai lavei. Spre deosebire de lava silicioasă din erupțiile normale, cea carbonatitică este neagră la suprafață și este mult mai fluidă, de multe ori mai puțin vâscoasă chiar decât apa. Roci carbonatitice de sinteză se pot obține în condiții de laborator supunând mineralele carbonatate (dolomit, ankerit) la temperaturi cuprinse între 500 și 1200 grade Celsius și presiuni de 200-1500 MPa.

**PRODUSE COMERCIALE:** Rocile carbonatitice se exploatează pentru pământurile rare din compoziție: fosfor, niobium, tantal, uranium, thorium, vanadiu, bariu, litiu, fluor, zirconiu, cupru, aur, argint, platină, nichel. Dintre mineralele din compoziție se exploatează apatit, barit, vermiculit, calcopirit, bornit, chalcocit, magnetit, baddeleyit. Calcitul și aragonitul din rocile alterate de suprafață are aceleași utilizări ca pentru toate rocile carbonatate: adezivi, var, ciment, cosmetice, vopsele, hartie, mase plastice. Diamantele se formează rar în carbonatite, dar sunt exploatabile la Chagatai (Uzbekistan).

**DEPOZITE MONDIALE:** Au fost descrise pe tot globul 527 de locații, dintre care doar 49 sunt extrusiv. Principalele depozite sunt: Vulcanul Ol Doino Lengai și Vulcanul Homa (Tanzania), Complexul Alno (Suedia), Complexul Fen (Norvegia), Muntele Weld (Australia de West), Complexul Phalaborwa (Africa de Sud), Guyana Highlands (Guyana), Munții Bearpaw (Montana, SUA), Complexul Magnet Cove (Arkansas, SUA), Mountain Pass (California, SUA), Jacupiranga (Brazilia), Ayopaya (Bolivia), Minele Kvdor și Vishnevogorsk (Rusia), Amba Dongar și Newania (India), Maz (Argentina), Complexul Fuerventura (Spania), Rocky Mountain (British Columbia, Canada), Bayan Obo (China), Peninsula Kola, Insulele Canare, Insulele Capului Verde, Groenlanda. În România, roci carbonatitice se exploatează la Ditrău (Harghita).

**DIVERSE:** Prin absența sau paucitatea oxigenului, în interiorul mantalei terestre se crează condiții favorabile pentru reacțiile de reducere, crescând progresiv cu adâncimea, pentru ca la adâncimi mai mari de 250 Km mantaua să fie saturată în fier și nichel metalic, grafit sau diamante. În prezența metalelor în exces, la marginea lavei carbonatitice se formează carburi, stabile în absența apei și a oxigenului. Condiții similare se

pot realiza în laborator, pentru producția de diamante artificiale sau grafit, la temperaturi de circa 1050-1200 grade Celsius și presiuni de 10 GPa. Magma carbonatitică este extrem de eficientă în a transporta elementele chimice cu număr atomic mare, realizând astfel o alterare chimică (metasomatică) a rocilor prin care trece, lăsând în urmă a semnătură geochimică.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                      |  |
|----------------------|--|
| A. Jones et all      | Carbonate melts and Carbonatites   |
| M.J. Le Bas          | Carbonatite magmas   |
| V. Stagno            | Carbon, carbides, carbonates and carbonatitic melts in the Earth's interior  |
| S. Ghosh et all      | Iron-Nickel carbide stability in the Earth's mantle                          |
| T. Guzmics et all    | Carbonatite melt inclusions in Kerimasi calciocarbonatite, Tanzania          |
| H. Vartianien et all | Geological characteristics of Sokli carbonatite complex, Finland             |
| A. Paone             | A Review of carbonatite occurrences in Italy                                 |
| A. Treiman et all    | Properties of Carbonatite Magma and Processes in Carbonatite Magma Chambers  |
| M. Anenburg et all   | Rare earth element mobility in and around carbonatites                       |
| R. Duncan et all     | Mount Weld Carbonatite   |
| H.A. Elliot et all   | Fenites associated with carbonatite complexes                                |
| M. Edahbi et all     | Rare Earth Elements (La, Ce, Pr, Nd, Sm) from a Carbonatite Deposit          |
| E. Haslinger et all  | Pedogenesis in the Alno carbonatite complex, Sweden                          |
| J. Jones et all      | Does a carbonatite deposit influence its surrounding ecosystem ?             |
| R. Jackisch et all   | Integrated Geological and Geophysical Mapping of Carbonatite Hosting Outcrop |
| V. Stagno            | Carbon, carbides, carbonates and carbonatitic melts in the Earth's interior  |
| L. Diehl et all      | Ultrasound-assisted extraction of rare-earth elements from carbonatite rocks |
| D. Green et all      | Mantle metasomatism by ephemeral carbonatite melts                           |

## 27. Dunit

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 36-42 %, MgO 36-52 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6-22 %. Mai poate conține: Ca, Al, Na, K, Cr, Ni. Magneziul și fierul din dunit se poate elibera prin dizolvare în soluții acide. Digestia dunitelor se poate face și în soluții concentrate de NaOH, la 180 de grade Celsius, cu formare de hidroxid de magneziu, din care se obține prin carbonatare carbonatul de magneziu.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Olivina din compoziție se exprimă ca procent molar dintre mineralele: fayalit ( $\text{SiO}_2$  30 %,  $\text{FeO}$  70 %) și forsterit ( $\text{SiO}_2$  42 %,  $\text{MgO}$  58 %). Pe lângă olivină mai poate conține: piroxeni, granați, magnetit, ilmenit, chromit.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea este cuprinsă între 2,8 și 3,2  $\text{g/cm}^3$ , cu o porozitate de 0,1-0,6 %, absorbție a apei de 0,25 % și permeabilitate pentru apă practic nulă. Alterarea dunitelor se face prin serpentinizare și are ca rezultat scăderea densității, creșterea porozității, creșterea absorbției pentru apă.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Dunitul este o rocă cu proprietăți mecanice asemănătoare bazaltului. Rezistența la compresiune este între 200 și 250 MPa, iar rezistența la tracțiune este cuprinsă între 17 și 20 MPa. Duritatea pe scara Moh este cuprinsă între 6 și 7. Prin alterare hidro-termală proprietățile mecanice scad semnificativ.

**CALITĂȚI:** Dunitele conțin procente semnificative de fier, cupru și magneziu, la care se asociază frecvent și alte metale extrem de valoroase precum platina și cromul. Siliciul rămas în urma extragerii metalelor poate fi utilizat pentru a produce nano-siliciu, adică particule de siliciu cu dimensiunea de 10-25 nanometri ce realizează o suprafață totală de 100-400  $\text{m}^2$  per gram și proprietăți de liant de tip pozzolanic. Adăugarea de nanosiliciu în betoane le crește rezistența la compresiune cu circa 20 %.

**DEFECTE:** Depozitele sub formă de horuri concentrice sunt dificil de exploatat. În prezența apei, olivina suferă un proces lent de alterare, denumit serpentinizare, în urma căruia se formează hidroxizi de magneziu (serpentin, brucit) și ozixi de fier (magnetit). În cursul procesului, densitatea scade de la 3,3 la 2,5  $\text{g/cm}^3$ , iar volumul crește cu 30-40 %, antrenând ample mișcări sau alunecări de teren. Reacțiile sunt puternic exoterme, atingând temperaturi de până la 250 grade Celsius, reprezentând astfel o sursă pentru izvoare hidro-termale. În urma reacției se elimină hidrogen, metan și hidrogen sulfurat. Expunerea cronică la praf produce diferite pneumoconioze și silicoză. Prin ingestie se produce o intoxicație cu fier și magneziu.

**REMEDII/RESTAURARE:** Au fost propuse soluții pe scară largă de legare a dioxidului de carbon din atmosferă, pentru diminuarea efectului de seră creat de civilizația modernă. De exemplu, depozitele de dunit pot fixa bioxidul de carbon eliberat de o termocentrală adiacentă. Dunitele sunt sensibile la acizi iar în prezența apei se serpentinizează. Dacă sunt expuse timp îndelungat la factorii atmosferici trebuie să fie protejate prin straturi de suprafață transparente, impermeabile (glaț de sticlă, lacuri, rășini).

**DESCRIERE:** Dunitul este o rocă magmatică intrusivă, alcătuită din olivină (peste 90 %), fiind alături de celelalte peridotite un constituent principal al mantalei pământului, la adâncimi de circa 400 Km. La suprafață apare în zonele de subducție a plăcilor continentale, la baza structurilor ofiolitice prezente în lanțurile muntoase formate prin cutare (Himalaya, Alpi, Rocky Mountains). Textura este grăunțoasă sau faneritică, cu cristale vizibile cu ochiul liber într-o masă amorfă de culoare verzuie, gri-brună sau albăstrui. După

expunere, la suprafață se acoperă cu o crustă neagră, ca urmare a oxidării fierului din compoziție. Se distinge de restul rocilor magmatice prin absența silicaților de aluminiu și conținutul foarte mare în magneziu. Tipic, depozitele se află la baza unor depozite bazaltice expuse la suprafață. În zonele infiltrate de apă se formează vene verzui de serpentinit, iar roca se fragmentează ca urmare a creșterii de volum. Ca urmare, tipic, olivina este puternic fracturată. Dunitele fac parte din grupul mare al peridotitelor. Atunci când conținutul în olivină este între 40 și 90 % peridotitele piroxenice sunt denumite Harzburgite (< 5 % clinopiroxen), Wehrlite (< 5 % orthopiroxen) sau Lherzolite (intermediar între primele două). O variantă rară de peridotite sunt Kimberlitele, roci brecioase cu mai puțin de 35 % olivină, celebre prin minele de diamant din Africa de Sud.

**GENEZĂ:** Se formează prin ridicarea la suprafață a rocilor din manta în cursul concrețiunilor rezultate în urma coliziunilor dintre două plăci continentale, de obicei la baza lanțurilor muntoase nou formate. Este prezentă și în depozitele peridotitice formate prin același mecanism orogenetic. Ajunse în mediul de presiune redusă, aproape de suprafață, dunitele suferă un proces de alterare metasomatică retrogradă pentru a se transforma în serpentinit sau steatit. Dunitele prospectate la baza masivelor muntoase sunt probabil rezidurile magmei bazaltice expusă la suprafață. S-au format prin acumularea cristalelor de olivină mai grele (cu densitatea 3,3-4,3 g/cm<sup>3</sup>) la baza scurgerii bazaltice, în urma cristalizării fracționate. Aceste acumulări, apar tipic sub formă stratificată, asociate cu acumulări de wehrlit, harzburgit, sau chromit. Cele mai mari intruziuni de acest fel se întind pe zeci de kilometri.

**PRODUSE COMERCIALE:** Cristalele mari de olivină se comercializează ca pietre semiprețioase, sub denumirea de peridot. În turnătoriile de aluminiu olivina se utilizează pentru matrițele în care se toarnă obiecte metalice. Dunitul se utilizează la scară industrială și ca material refractar și pentru producția de electrozi. Alte utilizări industriale sunt pentru producția de sticlă, cauciuc sintetic și mase plastice, după extragerea metalelor valoroase. Dunitele au capacitatea de a lega bioxidul de carbon, cu formare de magnezit și dioxid de siliciu. Un kilogram de olivină poate lega tot bioxidul de carbon rezultat prin arderea unui litru de petrol. Dunitul poate fi utilizat ca fertilizant în agricultură, dar rare ori soluția este economică.

**DEPOZITE MONDIALE:** Mantaua terestră conține pături de peridotite cu grosime de peste 100 km, fiind acoperite însă de o crustă groasă de circa 6 km formată din roci magmatice. Expunerile la suprafață sunt relativ rare. Cele mai vechi depozite s-au format în urmă cu câteva sute de milioane de ani, cele mai mari fiind: Complexul Stillwater (Montana, SUA) întins pe 48 kilometri, Intrusiunea Muskox (Canada) expusă pe 120 kilometri cu o grosime de 6 kilometri și Great Dyke (Zimbabwe) întinsă pe 550 kilometri. Muntele Dun din Noua Zeelandă, face parte din Centura Ofiolitică Dun-Maitai compusă din roci ultramafice plutonice (dunit, rodingit, serpentinit). Dunitele au fost identificate și în Groenlanda, în Intrusiunea Skaergaard, împreună cu grabouri și ferro-diorite. O expunere masivă de dunit nealterat a fost identificată la Twin Sisters Mountain (Washington, SUA), formată prin coliziunea plăcilor tectonice în era Mezozoică (66-250 milioane de ani înen). La suprafață, prin expunerea fierului și magneziului din compoziție rocile au căpătat o culoare roșietică. Un alt depozit bogat în platină, crom și magnetit a fost prospectat la Tulameen (British Columbia, Canada). În Europa, un depozit semnificativ, exploatat pentru cupru încă din Antichitate, se află în Munții Troodos (Cipru) formați în urma coliziunii dintre continentul African și cel European.

**DIVERSE:** Denumirea a fost propusă în anul 1859 de geologul austriac Ferdinand von Hochstetter, în legătură cu Muntele Dun (Muntele Întunecat) denumit astfel după culoarea sa cenușie mohorâtă. Pe Muntele Dun s-au deschis apoi mine de cupru și crom, deservite de prima cale ferată din Noua Zeelandă construită în anul 1850. Dunitul a fost identificat și în compoziția unora dintre meteoriți (Chassigny, Brachina, NWA 2737), semn că este prezent și în alte locații din Sistemul Solar. Ulterior, o semnătură spectrală similară a fost identificată pe vulcanul Syrtis de pe planeta Marte. Prezența dunitului pe Marte, are semnificație în vederea terra-formării unor habitaturi umane, prin captarea dioxidului de carbon (sub cupole). Un depozit unic de dunitele a fost raportat în Arhipelagul Saint Paul din Oceanul Atlantic (Tilley 1947), confirmat apoi în anul 1966 prin abundența de pământuri rare.

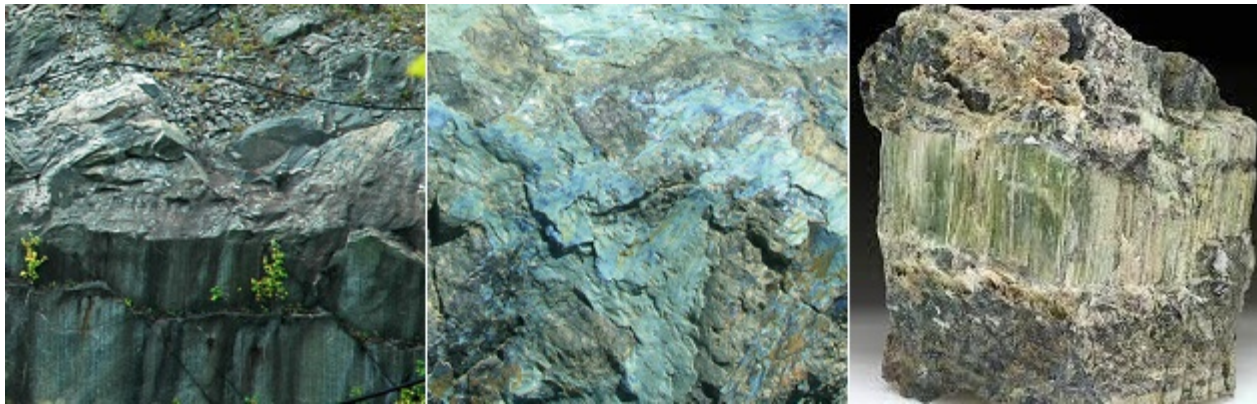


#### BIBLIOGRAFIE:

- Mei-Fu Zhou et all REE and PGE Geochemical Constrains on the Formation of Dunites  
 W. Tian et all Petrology and geochemistry of dunites, chromites and mineral inclusions  
 C.S. Ross et all Origin of dunites and olivine-rich inclusions in basaltic rocks  
 J.E. Quick The origin and significance of large, tabular dunite bodies in the Trinity peridotite  
 R.J. Floran et all The Chassigny meteorite: a cumulate dunite with hydrous amphibole melt inclusions  
 A. Treiman et all Martian Dunite NWA 2737  
 A. Lazaro et all Dunites and Its Application in Concrete  
 K. Baris et all The Assesment of CO2 Sequestration Potential by Magnesium Silicate Minerals  
 S. Madeddu et all Alcaline digestion of dunite for Mg(OH)<sub>2</sub> production  
 G.V. White et all Olivine Potential in the Tulameen Ultramafic Complex  
 P. W. English et all The Doonba dunite deposit, Barraba, NSW Australia  
 L.G. Moretti et all Dunite in Agriculture: Physiological Changes, Nutritional Status and Soyabean Yield  
 C.E. Tilley The dunite-mylonites of Saint Pauls's Rocks (Atlantic)  
 O. Undul et all The influence of Weathering on the Engineering Properties of Dunites  
 B.Su, Y. Chen et all Origins of orogenic dunites: petrology, geochemistry and implications

## 28. Serpentinit

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 32-37 %, MgO 20-38 %, H<sub>2</sub>O 10-14 %, CaO 2-9 %, CO<sub>2</sub> 10-19 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5-10 %. Mai poate conține Al, Mn, Na, K, Ti, dar și metale foarte toxice precum Ni, Cr, Cd, Co, Cu.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Rocile sunt alcătuite în principal din minerale serpentinice: serpentin, lizardin, antigorit, crisotil. Prin hidratarea și oxidarea olivinei rezultă și cantități importante de brucit sau magnetit. Mai poate conține ca minerale asociate: resturi de olivină, magnezit, talc, tremolit, dolomit, clorit, saponit. Ca produși secundari ai reacțiilor de alterare, roca poate capta și vezicule de metan, hidrocarburi sau hidrogen sulfurat.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este cuprinsă între 2,6 și 2,8 g/cm (în parte pe seama apei), porozitatea este cuprinsă între 0,5 și 10 %, absorbția apei este între 0,3 și 0,9 % iar permeabilitatea pentru apă este între 0,1 și 10 miliDarcy. La temperaturi de peste 330 grade Celsius, hidroxidul de magneziu se descompune endotermic la oxid de magneziu, având ca rezultat o reducere semnificativă a flăcării, motiv pentru care se poate adăuga în compoziția materialelor ignifuge.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Serpentinele sunt roci alterate hidro-chimic, moi, friabile, cu rezistența la compresiune între 90 și 150 MPa, și rezistența la tracțiune cuprinsă între 9 și 13 MPa. Duritatea pe scara Moh este între 2 și 3 cu spărtură concoidală spre așchioasă. În cazul undelor seismice, serpentinitul se fracturează și se deformează rapid scăzând intensitatea cutremurelor.

**CALITĂȚI:** Reprezintă o importantă sursă pentru extracția magneziului metalic. Este o rocă moale, abundentă, ușor de prelucrat mecanic. Cu aspect marmorat, luciu grăos asemănător jadului și duritate asemănătoare steatitului, serpentinitul este una dintre rocile preferate de sculptori pentru mici statuete și obiecte de decor interior. În urma serpentinizării majoritatea metalelor toxice sunt decantate, astfel că rezidurile rezultate în urma exploatarii se pot utiliza ca supliment de magneziu pentru creșterea plantelor. Prin plasticitate se poate utiliza și ca material de absorbție a undelor seismice, la baza unor clădiri, unde acționează și prin mecanism de rulment.

**DEFECTE:** Roca se deformează și se tasează la presiuni mari, nu suportă construcții cu prea multe nivele. În prezența apei se alterează rapid, cu dezorganizarea proprietăților mecanice și a aspectului exterior. Pudra de serpentine este iritantă pentru căile respiratorii iar fibrele de crisotil (azbest) au un dovedit potențial carcinogen, dacă sunt inhalate cronic. Metalele din compoziție sunt foarte toxice dacă sunt ingerate accidental.

**REMEDII/RESTAURARE:** Hidroxidul de magneziu din compoziție poate fi utilizat pentru tratarea apelor uzate, sau pentru formarea unor recifuri artificiale de coral. Spre deosebire de hidroxidul de calciu, cel de magneziu are un PH mai redus, compatibil cu flora marină. Puține plante cresc deasupra depozitelor de serpentin, ca urmare a toxicității oxizilor metalici. Ca urmare sunt acoperite de un sol subțire, lipsit de vegetație. Clarkia franciscana, este o plantă din California adaptată la astfel de terenuri. Serpentinitul poate fi însă utilizat în cantități moderate ca fertilizator pentru speciile de molid, la care suplimentul de magneziu stimulează activitatea enzimatică a dehidrogenazelor. În condiții de seră, serpentinitul a fost utilizat ca supliment de magneziu și pentru culturi de porumb sau fasole.

**DESCRIERE:** Serpentinele sunt roci metamorfice rezultate în urma alterării unor roci parentale bogate în silicați ferro-magnezieni din grupul peridotitelor (dunite, harzburgite, lherzolite). Ca urmare a proceselor de alterare intensă structura originală a rocilor parentale este complet dezorganizată. Textura internă este fibroasă, nodulară sau spumoasă. Culoarea rocilor proaspăt sparte este verzuie, galben-verzuie, gri-verzuie sau albastru-verzuie, prin combinarea nuanțelor date de oxizii de magneziu și fier. La contactul cu factorii de eroziune (cu apa) roca are o suprafață netedă, lucioasă, lustruită

**GENEZĂ:** Rocile peridotitice, în prezența apei, suferă un proces de hidratare lentă în urma căroră din silicați magnezieni se formează hidroxidul de magneziu, adică un mineral solid, lăptos, translucid, slab solubil în apă, denumit brucit. Apa acționează pe post de agent oxidant, fiind redusă la rândul său la hidrogen gazos. În timpul procesului de serpentinizare densitatea scade de la 3,3 g/cm<sup>3</sup> (în olivină) până la 2,4 g/cm<sup>3</sup> (în brucit). Reacția este puternic exotermă, temperatura locală atingând 260 de grade Celsius, fără disipare roca fiind un bun izolator termic. Dacă există soluții de continuitate, se formează mofete sau izvoare termale cu ape sulfuroase. Ca produși secundari ai reacțiilor sunt hidrocarburi aromatice și gaz metan. Producții finali ai reacțiilor de serpentinizare sunt lizarditul [Mg<sub>3</sub>(Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)(OH)<sub>4</sub>] și crisotilul [Mg<sub>3</sub>(Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)(OH)<sub>4</sub>]. Prin umflarea acestor minerale cu apă are loc și o creștere de volum de până la 30-40 %. În prezența bioxidului de carbon, brucitul se transformă în magnezit (MgCO<sub>3</sub>) iar alte minerale se transformă în talc. S-a speculat că procesul de serpentinizare sub-oceanic a stat la baza apariției primelor substanțe organice și implicit a vieții pe pământ, în urmă cu 3,8 miliarde de ani.

**PRODUSE COMERCIALE:** Serpentinitul de bună calitate se utilizează ca rocă ornamentală, pentru sculpturi și lucrări artistice de interior. Pudra de serpentinin poate intra în compoziția diferitelor materiale ceramice pentru nuanțe naturale de culoare. Se utilizează și ca filtru de protecție în învelișul reactoarelor nucleare, sau pentru sechestrarea CO<sub>2</sub> atmosferic. Hidroxidul de magneziu poate fi utilizat ca material ignifug. Magneziul metalic extras din brucit se poate utiliza pentru artificii și expuneri fotografice (flacăra extrem de luminoasă), pentru aliaje speciale de tip Elektron sau în metalurgie, pentru turnarea metalelor în matrițe. Oxidul de magneziu se utilizează în betoane, materiale izolatoare sau refractare, cauciuc sintetic, hârtie, coloranți, substanțe farmaceutice sau ca fertilizator al solului. Crisotilul este un mineral fibros de tipul azbestului.

**DEPOZITE MONDIALE:** Depozitele de serpentinin se pot forma acolo unde rocile parentale puternic alcaline sunt infiltrate de apă, sau lichide sărace în bioxid de carbon. Cel mai frecvent se formează însă pe fundul mărilor și oceanelor, în special în zonele de subducție, unde apa pătrunde în volume considerabile. La suprafața solului, serpentinele se găsesc frecvent în ofiolite, adică în roci oceanice împinse la suprafață de mișcările tectonice. Depozite notabile sunt: Arhipelagul Insulelor Mariene (Pacific), Thetford Mines (Quebec, Canada), Newfoundland (Canada), Lake Valhalla (Washington, SUA), Gila County (Arizona, SUA), Appalachian Mountains (Pennsylvania, USA), Lizard Complex (Cornwall, Marea Britanie), Semail Ophiolite (Oman), Troodos Ophiolite (Cipru), Balkan Peninsula (Turcia), Main Ophiolite Belt (Noua Guinee), Piemont (Italia), Larissa (Grecia), Zobnitz (Saxonia, Germania). În România roci serpentinite au fost identificate în Munții Parâng și Lotru, în Munții Mehedinți, la Straja (Munții Vulcan), la Budureasa (Bihor), Racoșu de Jos (Harghita) sau la Ilia (Hunedoara).

**DIVERSE:** Denumirea provine de la textura aplatizată, pământoasă, cu solzi de culoare verzuie, asemănătoare cu pielea de șarpe. Există varietăți brecioase mult apreciate, cu un aspect marmorat, cunoscute sub denumirea de "verd antique" (marmură verde, marmor thessalicum). În Egipt și Nordul Africii există o adevărată tradiție a statuetelelor din serpentinin. Un laborator natural pentru procesele de serpentinizare a fost descris în Insulele Mariene (la Sud de Japonia) unde apa supraîncălzită din rocile serpentine antrenează o intensă activitate vulcanică asociată cu fenomene hidro-termale. Pe lângă serpentine, vulcanii mai expulzează xenoliți de habzburgit și dunit. Un monument arhitectural celebru este College Hall, de la Universitatea Pennsylvania. În regiunea Arctică, eschimoșii au săpat boluri în serpentinin, în care topeau sau ardeau



grăsimile. Serpentinitul este emblema litologică a statului California. În asociere cu serpentinitul se pot forma și depozite de jad (jadeit sau nefrit), o piatră semiprețioasă mult apreciată în Asia. Un exemplu de tradiție culturală în acest sens este pe coasta marină Hokuriku din Japonia, denumită și Coasta de Jad.



#### BIBLIOGRAFIE:

- M. Gotzinger et all Mineralogy and genesis of vermiculite in serpentines of the Bohemian Massif  
 H Jin Yeon et all Genesis and Mineralogy of the Serpentinite Deposits in Andong Area, Korea  
 Enrico Bonatti Serpentinite protrusions in the oceanic crust  
 O. Carmignano et all Serpentinites: Mineral Structure, Properties and Technological Applications  
 J. Baumeister et all Biogeochemical weathering of serpentinites  
 N. Christensen et all The Abundance of Serpentinites in the Oceanic Crust  
 U. Glawe et all High concrete dam on serpentinite  
 N. Brantut et all Dynamic weakening and amorphization in serpentinite during laboratory earthquakes  
 C.A. Dengo et all Implications of the mechanical behavior of serpentinite to seismogenic faulting  
 I. Ismael et all Characterization of some Egyptian serpentinites used as ornamental stones  
 D. Hrsak et all The thermophysical properties of serpentinite  
 L.A. Diaz et all Porcelain stoneware obtained from the residual muds of serpentinite raw materials  
 E. Blonska et all Effects of serpentinite fertilizer on the enzyme activity of young spruce soils.  
 D.R. Morrey et all Studies on serpentine flora  
 D. Adamson et all Serpentinite, Harzburgite and Vegetation on Subantarctic Macquaire Island  
 J. Viana et all Evaluation of the agricultural potential of the serpentinite rock as a soil remineralizer  
 M. Rabenhorst et all Genesis of Maryland Soils Formed from Serpentinite  
 G.E. Harlow et all Jade (Nephrite and Jadeitite) and Serpentinite: Metasomatic Connections  
 Ilona Bausch Jomon Serpentinite Polished Adze and Jadeite Ornament Production  
 N. Sleep et all Serpentinite and the dawn of life

## 29. Porfir

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 68-74 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13-15 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2-7 %, FeO 4-9 %, MgO 0-8 %, CaO 0-8 %, K<sub>2</sub>O 3-5 %, Na<sub>2</sub>O 3-5 %. Mai poate conține: Cu, Ti, P, Fe, Mn, Mg, Na, Zr. Reactivitatea chimică

este redusă.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Principalele minerale din compoziție sunt: feldspați, hornblendă, biotit și cuarț. În compoziția feldspaților intră: albit (55-60 %), anorthit (20-22 %), ortoclaz (5-15 %). Restul compoziției este format din cristale de hornblendă sau cuarț. Ca minerale asociate pot fi: piroxeni, amfiboli, mică, ilmenit, magnetit, apatit, zircon, granați. Accidental poate conține procente semnificative de hematit, uralit și oxizi metalici de Au, Pb, Cu, Zn, Sn, Mo, W. Mineralele sulfurate for fi și ele prezente, în cantități variabile.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este cuprinsă între 2,2 și 2,8 g/cm<sup>3</sup>, în funcție de compoziția chimică. Porozitatea este redusă, 0,1-1 %, absorbția apei poate atinge 1-4 % dar permeabilitatea pentru apă este practic nulă pentru majoritatea lor. Rezistivitatea electrică poate fi utilizată ce metodă de evaluare grosieră a conținutului în oxizi metalici. Microscopia cu lumină polarizată se utilizează pentru detectarea urmelor de cupru și aur. Detectarea depozitelor la adâncimi mai mari de 100 de metri se poate face și prin metode electro magnetice, cum este de exemplu metoda polarizării induse.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Rocile cu textură porfirică sunt dure, rezistente, tari, cu rezistența la compresiune până la 200-240 MPa și rezistența la tracțiune cuprinsă între 10- și 24 MPa. Duritatea pe scara Moh este cuprinsă între 5 (hornblendă) și 7 (cuarț), în funcție de cristalele predominente. Majoritatea rocilor sunt de tip granitic, dar există și roci brecioase, mult mai slabe (fals porfirit).

**CALITĂȚI:** Majoritatea porfiritelor sunt roci magmatice de tipul granitului, dure, tari, rezistente la factorii de eroziune fizico-chimici. Compoziția chimică este ce cele mai multe ori silicioasă, felsică, cu o predominență a oxizilor de aluminiu și fier. Caracteristica lor comună este culoarea purpurie, deosebit de apreciată în fostul Imperiu al Romanilor, simbol al castei imperiale. Roca poate include cristale de mari dimensiuni, apreciate ca pietre prețioase, sau semiprețioase. Straturile profunde de cristalizare fragmentară pot concentra zăcăminte importante de metale grele, printre care aur, platină, plumb, cupru și zinc. Depozitele de porfir pot fi și o importantă sursă de molibden, rheniu și alte elemente rare. Zonele de acumulare a acestor metale sunt de obicei brecioase, sfărâncioase, ușor de exploatat.

**DEFECTE:** Rocile porfirice nu au o origine sau o compoziție chimică fixă, astfel că proprietățile lor fizico chimice și mecanice sunt extrem de variabile. În general, proprietățile mecanice sunt invers proporționale cu porozitatea, în timp ce alterarea hidro-termală crește proporțional cu porozitatea și permeabilitatea pentru apă. Pudra fină de porfirit este puternic silicogenă și poate conține metale foarte toxice.

**REMEDII/RESTAURARE:** Fiind mai rezistente decât granitele, monumentele din porfir nu necesită decât rare ori intervenții de restaurare. Reparațiile se pot face ca pentru granit, cu pulbere de porfir și lianți. Majoritatea porfirelor fiind roci magmatice eruptive, exploatarea lor se face adesea pe pante destul de abrupte, pe traseul de scurgere a lavei. Ca urmare, umperea lor cu pământ se soldează cu alunecări de pământ,

iar plantarea unei perdele de arbori este rare ori posibilă. Pentru reabilitarea zonei, se preferă terasarea și popularea cu vegetație de talie mică.

**DESCRIERE:** Denumirea de porfir este un termen generic utilizat pentru diferite tipuri de roci magmatice compuse din cristale mari de feldspat sau cuarț într-o matrice fină de silicați, de cele mai multe ori formată tot din cristale, dar de dimensiuni foarte mici (afanitice). Elementul comun este textura porfiritică, caracterizată prin cristale mari, vizibile cu ochiul liber, denumite fenocristale. Dacă magma s-a răcit lent, la adâncimi mari, predomină cristalele mari, iar dacă s-a răcit brusc în timpul unei erupții, aproape întreaga masă este afanitică (cristale invizibile cu ochiul liber). Tradițional, denumirea se referă și la toate rocile de culoare roșu purpuriu, fosta culoare imperială a Bizanțului, aceste roci fiind rezervate exclusiv pentru lucrări comandate de familia imperială. Culoarea este dată în principal de oxizii de cupru, aluminiu și fier. Gradul de alterare al rocilor porfirite poate fi estimat prin identificarea și cuantificarea unor produși de alterare cum sunt: apatita, rutil, titanit, magnetit, zircon sau cloritoid. Alte minerale, precum epidotul, cloritul sau alunitul, semnalează prezența unor factori hidro-termali de vecinătate, putând conduce la descoperirea unor depozite acoperite de porfirite.

**GENEZĂ:** Fenocristalele mari sunt rezultatul cristalizării fracționate a magmei vulcanice în cursul unui proces de răcire în trepte. Primele se solidifică mineralele cu punct înalt de topire, pentru a forma cristale euhedrale (cubice, simetrice). În caz că au densitate diferită de magma restantă, aceste cristale se vor aglomera sub forma unui strat (superior sau inferior). Dacă răcirea se produce însă brusc, cum este cazul rocilor eruptive, cristalele rămân fixate braunian în masa magmatică. În cazul răcirii, magma rămâne lichidă până când se atinge punctul eutectic, când toate mineralele rămase în stare lichidă se solidifică brusc. Această cristalizare simultană produce matricea fină cristalină ce înconjoară cristalele mari. De exemplu, pentru biotitul din matrice temperatura medie de răcire este în jur de 430 grade Celsius. Cunoscând temperatura de cristalizare a fiecăruia dintre minerale se poate reconstitui întregul proces de răcire al magmei, pentru a stabili originea sa plutonică sau eruptivă. Pentru textura porfiritică sunt caracteristice cristalele mari, rombice de feldspat, frecvent anorthoclastic. Porfirul artificial se poate obține la fel ca granitul artificial, cel mai ușor din spărturi de rocă porfiritică și rezine.

**PRODUSE COMERCIALE:** Porfirul este o rocă exploatată aproape exclusiv pentru lucrări de artă sau decorative. Asemănător cu marmura, se taie în blocuri mari, apoi în dale și plăci pentru pavaj sau placaj. Spărtura și pudra de purpură se pot utiliza asemănător granitului pentru blaturi de bucătărie produse artificial, de multe ori cu calitate superioară celor naturale. Metalele și elementele rare din depozitele porfirite se exploatează de obicei din brechiile aflate la baza depozitului sau din vene și lentile de concentrare a oxizilor decantați fracționat.

**DEPOZITE MONDIALE:** Importante depozite de porfir au fost prospectate în Munții Himalaya și Munții Alpi sau în regiunile Sungun, Raigan și Dalli din Iran. Mons Porphyrytes (Muntele de Porfir) este o carieră din Egipt, exploatată în Antichitate între anii 30- 350 en. Un depozit estimat la circa 1,6 miliarde de tone de porfir bogat în cupru a fost prospectat la Batu Hijau (Indonezia). În Europa, depozite izolate au fost descrise la: Assarel (Bulgaria), Recks-Lahoca (Ungaria), Guzelyayla (Turcia), Veliki Krivelj (Yugoslavia), Maronia (Grecia), Trento (Italia), Oslo Rift (Norvegia). În România se exploatează porfir la: Roșia Poieni (Cluj), Brad, Stănița, Roșia Montană și Baia de Arieș (Munții Apuseni și Metaliferi), Talagiu (Arad).

**DIVERSE:** Denumirea provine din limba Greacă, de la cuvântul porfyra cu semnificația de purpuriu. Egiptenii utilizau porfirul încă din Neolitic, prima descriere fiind făcută în anul 18 en de Pliniu cel Bătrân. În Italia, porfirul imperial era denumit "porfido rosso antico". Roci de calitate excepțională se exploatau la cariera Dukhan, în Deșertul de Est. Un monument istoric faimos este Panteonul din Roma, unde toate coloanele, bustul împăraților și toga sunt sculptate în porfir. Un alt monument de prestigiu este Coloana lui Constantin, din Istanbul, ridicată în anul 328 en, înaltă de 34,8 metri. În cursul istoriei porfirul a fost preferat

pentru sarcofagul capetelor încoronate, doar câteva exemple celebre fiind: împăratul Dioclețian, Sfânta Helena (mama împăratului Constantin cel Mare), Constantina (fiica împăratului Constantin cel Mare), cele 9 sarcofage imperiale din Biserica Sfinții Apostoli din Constantinopol (împărații Constantin, Constantius, Julian, Jovian, Theodosius, Arcadius, Aelia Eudoxia, Theodosius II, Marcian), regele Theodoric cel Mare, regele Charles II al Franciei, regele Peter de Aragon, regele Roger II al Siciliei, împăratul Henrich al VI-lea și împăratul Frederick al II-lea ai Germaniei, împăratul Napoleon Bonaparte al Franței. În România, un impresionant monument tapetat cu dale din porfir (granit roșu) este Mausoleul din parcul Carol, denumit Memorialul Eroilor Neamului, înalt de 48 de metri.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| Gerald Andrew         | On the Imperial Porphyry  |
| J.A. Valido et all    | Lithology, physical and mechanical characterization of Chinese Porphyry               |
| Liu Hong-Wei et all   | Study on the Porphyry Deposit System  |
| C.Elliot et all       | Induced-Polarization Depth Penetration in Exploring for Porphyry Coppers              |
| S. Z. Afshooni et all | Mineral chemistry of Hydrothermal biotite from the Khang porphyry copper deposit      |
| A. Idrus et all       | Chemical Composition of Copper-Gold Bearing Tonalite Porphyries at Batu Hijau         |
| J. Wilkinson et all   | The chlorite proximitor: A new tool for detecting porphyry ore deposits               |
| F. Bouzari et all     | Hydrothermal Alteration revealed by Apatite in Covered Porphyry Copper Deposits       |
| D.R. Cooke et all     | Porphyry Indicator Minerals and Porphyry Vectoring and Fertility Tools                |
| Ping Shen et all      | Geochemical signature of porphyries in Baogutu porphyry belt, China                   |
| M. Fatehi et all      | Geophysical signatures of the gold rich porphyry copper deposits                      |
| Wei Wei et all        | Influence of Weathering on Mechanical Characteristics of Granite Porphyry             |
| Dalla Tore et all     | Reinforced steep vegetated slope 60 m height for lanslide stabilization in Lona-Lases |
| Josef Deer            | The Dynastic Porphyry Tombs of the Norman Period in Sicily                            |
| A. Vasiliev           | Imperial Porphyry sarcophagi in Constantinople  |
| D. Williams           | Imperial Porphyry in Roman Britain  |
| C. Mango              | Constantine's Porphyry Column and the Chapel of St. Constantine                       |

## 30. Pegmatit

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 61-74 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 14-17 %, FeO 5-7 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1-8 %, CaO 1-6 %, MgO 0-4

%, Na<sub>2</sub>O 0-3 %, K<sub>2</sub>O 0-3 %. Mai poate conține Ti, Mn, Cr, Ni, Zr. Compoziția și reactivitatea chimică sunt similare granitului, dar cristalele sunt mult mai mari. Există însă și pegmatite cu compoziție chimică sienitică, nefelinică sau de tip gabrou. Frecvent conțin și mici depozite de elemente rare, precum: Be, Li, W, Mo, Cs, U, Rb, F, Sn, Ta, Ni.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Majoritatea pegmatitelor sunt compuse din cuarț, feldspar ortoclaz sau plagioclaz și mică. Poate conține cristale de mari dimensiuni din: microclin, cuarț și topaz, spodumen, beril, turmalină. În compoziție mai intră biotit, moscovit, lepidolit, sienit. Accidental include și zircon, columbit, tantalit sau zinnwaldit. Pegmatitele complexe pot conține elemente rare, precum: litiu, beril, bor, fluor, staniu, tantal, niobiu, uraniu, plutoniu.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este mare, cuprinsă între 2,9 și 3,2 g/cm<sup>3</sup>, cu o porozitate între 0,1 și 9 %, absorbție a apei de până la 4-5 % și permeabilitate pentru apă variabilă, prin tensiunea superficială a peliculei dintre cristale. Pegmatitele pot conține între 2 și 50 % apă, tipic între 10 și 25 %. Vitrificarea pegmatitelor începe de la temperaturi de 1175 grade Celsius.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Rezistența la compresiune este între 140 și 200 MPa, în funcție de gradul de cimentare, iar rezistența la tracțiune este între 14 și 20 MPa. Duritatea medie pentru masa de feldspați este în jur de 5-6, dar cristalele de cuarț și topaz pot atinge durități de 9 pe scara Moh. În funcție de orientarea cristalelor, proprietățile mecanice ale pegmatitelor diferă în funcție de unghiul forței, iar în caz de solicitare mecanică dictează direcția de deformare a rocii.

**CALITĂȚI:** Numeroase dintre cristalele de cuarț sunt apreciate pietre semiprețioase, în toate culorile curcubeului: ametist (violet), aventurin (verde), carnelian (roșu), agatul (zonat), onixul (negru), jaspul (roșu), citrinul (galben). Prin proprietățile lor piezoelectrice au aplicații și pentru brichete, oscilatoare, rezonatoare, stabilizatoare de frecvență. Cristalele de corindon sfărmate se utilizează ca abrazivi și pentru scule tăietoare. Cristalele prismatice de microclin formează o piatră semiprețioasă albăstruie, denumită amazonit. Cristalele de spodumen, incolore sau verzui, semnaleză prezența litiului în compoziție sunt apreciate de gemologi sub denumirea de Kunzit (roșu) sau Hiddenit (verde). Circa 80 000 de tone de litiu se extrag anual din spodumen.

**DEFECTE:** Dacă sunt expuse la suprafață, depozitele de pegmatite suferă procese de alterare rapidă, în special ca urmare a ciclurilor repetate de îngheț, dezgheț, când tensiunea superficială a apei se transformă în forță compresivă. Nici acțiunea razelor solare nu este neglijabilă, ca urmare a reacțiilor chimice pe care le generează, urmate de alterare chimică. Chiar și pietrele prețioase montate în bijuterii, cu timpul devin opalescente, sau se acoperă cu o pudră fină opacă. Prin alterare de lungă durată, tot feldsparul din compoziție se transformă în argilă.

**REMEDII/RESTAURARE:** Pentru a-și menține luciul și transparența, pietrele semiprețioase trebuie să fie lustruite periodic. Nici florile de mină nu-și păstrează aspectul inițial, după ce sunt expuse la lumină.

Cristalele de cuarț sunt sensibile în special la acțiunea acidului fluorhidric. Prezența pegmatitelor în straturile inferioare ale solului, la adâncimi mai mari de 2 metri nu afectează dezvoltarea vegetației de suprafață, decât în cazul arborilor de talie mare. O specie de gălbenele, denumită *Tithonia diversifolia*, crește până la 3 metri înălțime și poate contribui semnificativ la restabilirea fertilității solurilor degradate în urma operațiunilor de extracție minerală.

**DESCRIERE:** Pegmatitele sunt roci magmatice de tip granitic, cu o textură foarte rugoasă, formată din cristale cu dimensiunea de peste 1 cm. În interiorul acestor roci au fost identificate uneori cristale imense, cu dimensiuni de până la 10 metri și masă de câteva tone. Tradițional, pegmatitele sunt prospectate de geologi ca sursă pentru pietre geme, în special varietăți de cuarț (topaz, corindon, aquamarin). Tipic sunt sub forma unor formațiuni lenticulare, cu dimensiuni de la câțiva centimetri până la câțiva metri, sau sunt minerale de gangă depuse în vene și fisuri ale rocilor parentale. Majoritatea pegmatitelor au în compoziție un număr limitat de minerale, astfel că răcirea și cristalizarea se face în bloc. Ca urmare, cristalele sunt de multe ori întrepătrunse la bază, pentru a forma niște concrețiuni cunoscute sub denumirea de "flori de mină". În mod obișnuit, pegmatitele sunt mici cuiburi cu cristale de câțiva centimetri, risipite în masa unor roci magmatice.

**GENEZĂ:** Pegmatitele se formează din magma granitică prin răcirea lentă și apoi cristalizarea unor elemente de nucleere rare, cum sunt litiu, uraniu, plutoniu, thoriu, fosfor, bor, din magme suprasaturate în vapori de apă, al căror punct de lichefiere este mult mai scăzut decât în mod obișnuit, în jurul unor temperaturi de 450 grade Celsius. Aceste minerale rare, sunt primele care se topesc și ultimele care se răcesc, având o vâscozitate minimă și fiind amestecate cu substanțe puternic volatile, astfel încât migrează cu ușurință prin orice soluție de continuitate pentru a umple toate spațiile goale. Ca urmare, prin cristalizare îndelungată, la temperaturi joase, în anumite condiții se pot forma cristale de dimensiuni foarte mari. Există însă și pegmatite rezultate în urma unor procese metamorfice de grad scăzut (la temperaturi și presiuni joase), având de obicei în compoziție feldspati alcalini și minerale carbonatate. Secvența tipică de cristalizare începe cu microclin și cuarț, spre a se continua apoi cu: albit, lepidolit, turmalină, beril, spodumen, amblygonit, topaz, apatit și fluorit. Au fost descrise și cristale pegmatitice formate în urma alterării unor mici depozite de săruri de uraniu (posibil mici reactoare nucleare naturale formate prin decantarea și concentrarea elementelor super-grele). Cristale de cuarț, mică, spodumen sau microclin se pot obține și în condiții de laborator, din siliciu saturat în apă.

**PRODUSE COMERCIALE:** Depozitele de pegmatite (Tanco, Greenbushes, Whabouchi) pot conține milioane de tone de rocă cu un conținut de până la 1 % pământuri rare, precum litiu, cesiu și tantal. Extrem de valoroase sunt și pietrele prețioase sau semiprețioase (aquamarin, topaz, fluorit, corindon) de calitate ridicată, utilizate pentru obiecte de artă și bijuterii. Cristalele de slabă calitate sunt utilizate în producția de abrazivi, sau ca pudră pentru tăierea blocurilor de rocă în cariere. Aproape tot berilul de pe piața mondială se extrage din pegmatite. Ale aplicații industriale sunt în industria sticlei, a produselor ceramice și a vopselelor reflectorizante. Cristale artificiale de cuarț cu proprietăți industriale se obțin în prezent sub denumirea de diamante artificiale.

**DEPOZITE MONDIALE:** Pegmatitele sunt răspândite pe tot globul, în paralel cu rocile magmatice de tip granitic. Obișnuit formează hornuri, pături sau vene neregulate, la marginea unor intruziuni mari ale magmei, de tip batholitic, proeminente la suprafață în urma eroziunii rocilor sedimentare. Câteva locații celebre ca sursă de pământuri rare sunt: Keketuohai, Munții Altay (China), Picuris Mountains (New Mexico, SUA), Mount Mica (Maine, SUA), Greenbushes Pegmatite (Australia), Ontario (Canada), Kibara Belt (Rwanda și Congo), Kenticha (Etiopia), Alto Logonha Ligonha (Mozambic), Mobra (Volta Superioară), Minas Gerais (Brazilia). Cristale de dimensiuni gigantice au fost exploatate în: Karelia (mică de 10x4 metri), Black Hills Dakota (spodumen de 12 metri lungime), Albany Maine (beril 8x2 metri), Malakialina Madagascar (beril de 18x35 metri cântărind 380 de tone). În România, pegmatite au fost descrise la: Răzoare (Munții Preluca), Conțu (Munții Cibin), Munții Gilăului (Cluj), Munții Rodnei (Maramureș), Munții Mehedinți

(Gorj-Caraș-Severin).

DIVERSE: Denumirea provine din limba Greacă de la cuvântul "pegunumi" cu semnificația de "cristale legate împreună", ca urmare a formașinilor de cristale din cuarț și feldspat întrepătrunse. În sensul actual, denumirea a fost utilizată pentru prima dată în anul 1845, de către mineralogul austriac Wilhelm Karl Ritter von Haidinger. Pegmatitele se numără alături de peridotite, granite și bazalturi printre rocile identificate în mostrele de sol lunar colectate de misiunea Apollo 12. Creșterea scheletală a cristalelor și formele de întrepătrundere a cristalelor sunt asemănătoare cu cele din rocile terestre, semn că s-au format în condiții similare, atribuite în special cristalizării metastabile a feldspatilor plagioclazi și a piroxenilor.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                    |   |
|--------------------|---|
| Dan Stumbea        | Zoned Tourmaline from Pegmatite bodies of Romania                                   |
| Hans Ramberg       | Pegmatites in West Greenland  |
| R. Thomas et al    | Understanding Pegmatite Formation: The Melt and Fluid Inclusion Approach            |
| Y. F. Zhu et al    | Geochemistry of rare metal-bearing pegmatite No. 3 vein in the Keketuohai region    |
| W. Simmons et al   | Bulk Composition of Mt. Mica Pegmatite, Maine                                       |
| D. London et al.   | A petrologic assessment of internal zonation in granitic pegmatites                 |
| A. Stilling et al  | The Tanco Pegmatite at Bernic Lake, Manitoba  |
| C. Frondel         | Mineral composition of gummite  |
| A.G. Tindale et al | Columbite-tantalite mineral chemistry from rare-element granitic pegmatites         |
| R. Bogoch et al    | Petrochemistry of a Late Precambrian granite, pegmatite and aplite, southern Israel |
| R. Thomas et al    | Water in granite and pegmatite-forming melts.                                       |
| C. L. Wilson       | Shear zones in pegmatite: A study of albite-mica-quartz deformation                 |
| L. Shamanitskaya   | Estimation of the effect of weathering in technogenous pegmatite spoil              |
| D. Dingwell et al  | Granite and granitic pegmatite melts: volumes and viscosities                       |
| A. Ndoli et al     | Growing Tithania diversifolia for fertility restitution on technosoils              |
| C.N. Egbuchua      | Morphological and Physical Characteristics of Soils Developed from Pegmatites       |
| I. Harald et al    | Metastabile Growth Patterns in Some Terrestrial and Lunar Rocks                     |

## 31. Sticlă vulcanică

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 70-82 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10-15 %, K<sub>2</sub>O 3-5 %, Na<sub>2</sub>O 2-4 %, MgO 0,2-0,8 %, CaO

0,5-1,5 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1-2 %. Mai poate conține urme de titan și mangan. Reactivitatea chimică este redusă iar interacțiunea cu apa este în funcție de porozitate.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Se compune aproape exclusiv din sticlă (obsidian), sticlă hidratată (pelit) sau sticlă microveziculară (pumice). Poate avea impurități, incluziuni și vene ce conțin cenușă vulcanică, feldspați sau alte minerale, tipic necristalizate.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea variază în funcție de metalele din compoziție, dar mai ales în funcție de aerul închis în vezicule și pori: 2,35-2,4 g/cm<sup>3</sup> pentru obsidian, 1,1 g/cm<sup>3</sup> pentru perlitul neexpandat, dar poate avea și 0,03-0,15 g/cm<sup>3</sup> pentru perlitul expandat, sau 0,64-1,1 g/cm<sup>3</sup> pentru pumice. Porozitatea este nulă în cazul obsidianului, complet fără permeabilitate pentru apă, atinge 30-50 % în cazul perlitului cu absorbție mare a apei sau chiar 60-90 % pentru pumice cu absorbție a apei de până la 40 %. Perlitul se topește la temperaturi de circa 850-900 de grade Celsius. Particulele de perlit expandat sunt încărcate electronegativ indiferent de PH-ul mediului, dar sarcina lor poate fi pozitivată cu soluții de AlCl<sub>3</sub> sau CaCl<sub>2</sub>.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Obsidianul este o sticlă tare, casantă, cu rezistență la compresiune între 90 și 150 MPa și rezistență la tracțiune între 9 și 11 MPa. Perlitul este o sticlă expandată, cu volumul de 7-16 ori mai mare și proprietăți mecanice proporțional mai mici, rezistența la compresiune fiind cuprinsă între 10 și 20 MPa, iar rezistența la tracțiune între 8 și 12 MPa. În funcție de porozitate, pumice (piatra ponce) are o rezistență la compresiune între 5 și 30 MPa cu o rezistență la tracțiune cuprinsă între 5 și 9 MPa. Pentru obsidian, duritatea pe scara Moh este 5,5, iar pentru pudra de perlit și pumice este între 5,5 și 7.

**CALITĂȚI:** Carierele de sticlă vulcanică sunt în majoritatea lor la suprafață, ușor de exploatat și administrat, cu impact minor asupra mediului. Materialul este de obicei slab consolidat și nu necesită explozivi sau tehnologie avansată. Textura spongiosă prezintă numeroase avantaje, fie ca material izolant, fie ca material pentru reținerea apei și a soluțiilor uleioase sau minerale. Sticla naturală este un excelent material de nucleere pentru producția de sticlă.

**DEFECTE:** Sticla vulcanică este un material extrem de fragil, friabil, cu spărtură neregulată și margini extrem de tăioase, având proprietăți mecanice impredictibile. Sticla naturală reacționează ușor cu apa, pentru a elibera cationii solubili, având ca rezultat diferite grade de alterare. De exemplu, sticla formată în erupțiile de pe fundul oceanelor se alterează rapid pentru a forma depozite bogate în minerale sulfidice, zeoliți sau bentonită. Pudra de sticlă este iritantă pentru piele, ochi și mucoase, iar inhalată prezintă un pronunțat potențial silicogen, fibrozant.

**REMEDII/RESTAURARE:** Sticla este un silicat lichid, solidificat fără structură internă. Ca urmare se alterează prin eroziune, diageneză sau hidrotermal mai ușor decât oricare dintre mineralele cristalizate. Palagonitele și hyaloclastitele se numără printre produșii de alterare ai sticlei, iar solul format din acești produși de alterare (tuff palagonitic) conține particule de sticlă cu dimensiuni mai mici de un micron.



Alterarea și în final disoluția sticlei naurale pe fundul oceanelor este grăbită și favorizată de prezența florei microbiene prin îndepărtarea calciului și a magneziului eliberat în urma oxidării chimice. Sticla din cenușa vulcanică se alterează chimic cel mai rapid, mobilizarea metalelor făcându-se în următoarea ordine: Na, Ca, K, Mg, P, Si, Ti, Fe, Al, Mn. Ca urmare, cenușa vulcanică se transformă relativ rapid în sol fertil și se acoperă spontan cu vegetație. Pudra de pumice are efect pozzolanic și se poate utiliza pentru umplerea porilor de la suprafața monumentelor cioplite în sticlă vulcanică.

**DESCRIERE:** Sticla vulcanică este o masă minerală amorfă produsă prin răcirea bruscă a magmei silicioase. Spre deosebire de restul rocilor magmatice nu conține cristale minerale, deoarece temperatura a scăzut prea rapid sub punctul normal de cristalizare al diferitelor minerale. În funcție de textura și porozitatea rocii formate, sticla vulcanică este cunoscută sub numeroase denumiri: sticlă naturală, obsidian, tachylit (sticlă bazaltică), sideromelan (tuff vulcanic), perlit (spumă din sticlă), pumice (piatra ponce), scoria (zgură din sticlă), palagonit (sticlă alterată), hyaloclastit (brecie sticloasă), părul zeiței Pele (fibre naturale din sticlă). Majoritatea rocilor formate din sticlă vulcanică sunt albe sau gri, opace, dar există și varietăți colorate ce merg până la negru închis, lucios, în cazul obsidianului.

**GENEZĂ:** Sticla se formează atunci când magma fierbinte silicioasă penetrează pânzele freatice, sau este expulzată la suprafață pentru a fi răcită brusc. Atunci când magma se impregnează cu apă, la temperaturi înalte vaporii supraîncălziți se comportă ca un gaz pentru a forma bule și vezicule, cu o importantă expansiune de volum. Prin răcire bruscă textura este poroasă, spongioasă. În absența apei, sticla se răcește mai ușor, pentru a forma bulgări de sticlă vulcanică cunoscuți sub denumirea de tephra (bombe vulcanice). Cenușa vulcanică este compusă la rândul ei din microparticule de sticlă vulcanică. Atunci când lava eruptivă conține mai puțin de 3 % apă, prin răcire bruscă se formează sticlă densă, denumită obsidian, în special la marginea lavelor eruptive riolitice (bogate în siliciu). Dacă lava conține mai mult de 3 % apă, sau alte gaze (CO<sub>2</sub>, hidrogen sulfurat), sticla se expandează și prin răcire se formează perlit sau pumice. Atunci când stratul de lavă este destul de gros, în zonele centrale răcirea este suficient de lentă pentru a permite formarea unor cristale, ce vor fi apoi consolidate într-o matrice de sticlă, pentru a forma roci de tipul porfirului. În anumite condiții, porfirul se poate forma și prin procese metamorfice, atunci când sticla este topită și apoi răcită lent. Sticla și vata de sticlă se produc industrial printr-o varietate de procese tehnologice.

**PRODUSE COMERCIALE:** Perlitul este un mineral industrial, utilizat ca material de sinterizare în industria sticlei și în industria ceramică. Se mai utilizează în materiale de construcție de tip mortar, plăci izolatoare, țigle pentru acoperiș, spume polimerice, filtre minerale, materiale ceramice, culturi agricole hidroponice. Pudra de sticlă se utilizează uneori ca material abraziv. În agricultură, perlitul și pumice se utilizează în horticoltură, ca amendament, pentru a reglementa circulația apei în sol, în special prin reținerea apei și a nutrienților pe terenurile în pantă. Pudra de pumice se utilizează și pentru alte culturi agricole, pentru a reduce eroziunea solului (prin retenția apei). În plus, cenușa vulcanică poate crește PH-ul solurilor acide cu până la 1,8 unități.

**DEPOZITE MONDIALE:** Importante depozite de obsidian au fost descrise la: Lipari (Italia), Hassan Dag (Turcia), Ikizdere (Turcia), Landmannaulagar (Islanda), Erevan (Armenia), Melos (Grecia), Monte Arci (Sardinia), Tokay (Ungaria), Meissen (Germania), Teotihuacan (Mexic). Depozite de perlit au fost descrise în: Armenia (140 milioane tone), Grecia (120 milioane de tone), Turcia, SUA și Ungaria (circa 50 milioane de tone fiecare). Rezerve importante de pumice se găsesc în: Russia, Afganistan, Indonezia, Japonia, Siria, Iran, Turcia și Italia. Un depozit major este în Peninsula Kamchatka, unde 19 vulcani au erupt lavă sticloasă. Alte erupții celebre au fost cele ale vulcanilor Krakatoa și Pinatubo. În America de Nord, un depozit faimos este la Vulcanul Mazama (Oregon) iar producția anuală este în jur de 380 milioane de tone.

**DIVERSE:** În insulele Hawai, populația indigenă privește cu mult respect fibrele naturale de sticlă, galbene aurii, denumite de ei "părul zeiței Pele" (zeița vulcanului). Aceste fibre cu diametrul de 1 la 300 microni, au o

lungime medie de 5-15 cm, dar pot atinge până la 2 metri lungime, fiind uneori purtate de vânt pe distanțe kilometrice. Aceste fibre nu trebuiesc atinse fără mănuși speciale, deoarece sunt extrem de friabile și tăioase, provocând răni dureroase. Încă din epoca de piatră, spărturile de obsidian s-au utilizat ca arme și unelte tăietoare. În Asia Mică se ciopleau vase din obsidian, iar în Roma Antică din obsidian lustruit se făceau oglinzi. În Mexic, din obsidian se ciopleau amulete și statuete, menite să aducă noroc la vânătoare. Și în prezent, obsidianul se utilizează ca piatră semiprețioasă pentru bijuterii și obiecte de artă decorativă. Denumirea de pumice provine din limba Latină, de la "pumex", cu semnificația de spumă și a fost descrisă încă din antichitate ca "lapis spongiae" (piatră spongioasă). Celebrele statui din Insula Paștelui au fost cioplite din scorie roșie, exploatată la cariera Puna Pau, în Parcul Național Rapa Nui. Sticlă vulcanică a fost identificată în probe de sol de pe Lună și de pe planeta Marte.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| K. Seong-Seung et all  | Physical and mechanical properties of volcanic glass in the Samho area            |
| E. Saakyan et all      | Chemical technology of cellular glass production                                  |
| K. Kayaci et all       | The use of perlite as flux in the production of porcelain stoneware tiles         |
| H. Binici et all       | Production of perlite based thermal insulating material                           |
| R. Fisher et all       | Alteration of Volcanic Glass  |
| Enrico Bonatti         | Palagonite, hyaloclastite and alteration of volcanic glass in the ocean           |
| M. Dogan et all        | Electrokinetic Properties of Perilte  |
| J. Van Otterloo et all | The fracture behavior of volcanic glass and relevance to quench fragmentation     |
| M. Singh et all        | Perlite-based building materials - a review of current applications               |
| H. Staudigel et all    | Biologically mediated dissolution of volcanic glass in seawater                   |
| N. Shikazono et all    | An estimate of dissolution rate constant of volcanic glass in volcanic ash soil   |
| R.P. Orense et all     | Micro-mechanical properties of crushable pumice sands                             |
| M. F. Granata          | Pumice powder as filler of self-compacting concrete                               |
| A. Malekian et all     | Soil water retention and maize growth as effected by different amounts of pumice  |
| G. Sparling et all     | Changes in soil properties after applications of volcanic ash and pumice soils    |
| J.R. Cann et all       | The characterization of obsidian and its applications in the Mediterranean region |
| M. Levine et all       | Obsidian reflections: symbolc dimensions of obsidian in Mesoamerica               |
| M.S. Shackley          | Archeological obsidian studies: method and theory                                 |

## 32. Trahit

**COMPOZIȚIE CHIMICĂ:** SiO<sub>2</sub> 58-67 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 11-18 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3-7 %, FeO 2-10 %, K<sub>2</sub>O 3-6 %, Na<sub>2</sub>O 4-7 %, CaO 1-2 %. Mai poate conține urme de: Mg, Mn, P, Ti, Ba, Zr, Rb.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Trahitul este compus în cea mai mare parte din feldspați alcalini (silicați de aluminiu și potasiu): ortoclaz, sanidin, microclin, anortoclaz. Cuarțul este prezent dar în proporție mai mică decât 20 %. Rocile cu peste 20 % cuarț se încadrează ca dacit sau riolit. Mai sunt prezenți: feldspați plagioclazi (albit, anorthit, labradorit, andesina, oligiclaz), nefelină, biotit, clinopiroxen, olivină, augit, hornblendă. Accidental poate conține și sticlă vulcanică, apatit, zircon.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este între 2,7 și 2,9 g/cm<sup>3</sup>, cu o porozitate de 0,5-8,5 %, absorbție a apei de 0,5-4 % și permeabilitate pentru apă de 0,1 - 100 microDarcy. Cristalele de microclin sunt primele care se topesc la temperaturi înalte iar cele de sanidin sunt ultimele. În medie, rocile trahitice rezistă până la temperaturi de 1000 de grade Celsius, dar în cazul incendiilor își schimbă culoarea din bej gri spre roșu.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Trahitul este o rocă tare, aspră, cu o rezistență la compresiune între 165 și 230 MPa și o rezistență la tracțiune între 8 și 13 MPa. Duritatea cristalelor de microclin și ortoclaz este între 6 și 7 pe scara Moh. Rezistența mecanică și durabilitatea diferitelor varietăți de trahit depinde în primul rând de numărul și dimensiunea porilor, dar și de tipul și dimensiunea principalelor cristale din structură.

**CALITĂȚI:** Trahitul este o rocă tare, destul de rezistentă la solicitări mecanice și la eroziune, mai ușor de prelucrat mecanic decât granitul sau riolitul, prin prezența porilor și a vacuolelor. Prin conținutul redus în calciu și magneziu rezistă bine (câteva secole) sub acțiunea factorilor naturali de eroziune. Nuanțele de gălbui și roșietic, împreună cu cristalele mari de microclin sau sanidin (centimetrice) oferă un aspect unic, decorativ. Proaspăt tăiat trahitul arată uneori ca travertinul, dar este mult mai durabil. Fiind o rocă extruzivă, este relativ ușor de exploatat, din zăcămintele aflate la suprafață.

**DEFECTE:** După câteva secole de expunere la intemperii, trahitul din fațada monumentelor istorice prezintă semne grave de alterare, atât în ce privește rezistența mecanică (devine friabil) cât și în ce privește aspectul (devine negricios, măsliniu), ca urmare a formării la suprafață a unei pelicule de ghips. Alterarea chimică este mult mai rapidă în orașele mari, prin ploaia acidă și dioxidul de sulf din atmosferă. Porozitatea rocilor crește fiind urmată de o creștere a permeabilității pentru apă. Fragilitatea materialului este dată și de alterarea chimică prin precipitarea secundară a oxizilor metalici. Dezintegrarea rocii începe cu feldspatul, prin transformare chimică în argilă (caolin, ilit, vermiculit). Același fenomen are loc și în depozite expuse la suprafață, unde trahitul se transformă în soluri argiloase sau lateritice.

**REMEDII/RESTAURARE:** Blocurile grav alterate din monumentele istorice trebuie înlocuite, preferabil cu blocuri tăiate din aceeași carieră, pentru a avea parametri identici: porozitate, permeabilitate pentru apă, proprietăți mecanice, culoare, aspect. Diferitele varietăți de trahit se alterează diferit, cu aspect exterior și culoare diferită, în funcție de principalul mineral degradat. Stratul alterat de la suprafață se poate îndepărta

prin șlefuire sau sandblasting. Pentru construcțiile mai puțin pretențioase, după uscare și tratare chimică, rocile se pot acoperi cu tencuială și straturi protectoare. Dar în cazul monumentelor de marcă, cum este Catedrala din Koln, suprafața externă nu poate fi impermeabilizată decât cu lacuri sau cu rășini transparente. Pentru reparații mici se poate utiliza un mortar din pudră de trahit și ciment colorat la nuanța potrivită.

**DESCRIERE:** Trahitul este o rocă magmatică eruptivă, prezentă în aproape toate erupțiile vulcanice, inclusiv în cele recente de pe fundul oceanelor. Magma trahitică provine din roci silicioase și este bogată în feldspați potasici ca urmare a decantării oxizilor de magneziu și de calciu în cursul procesului de cristalizare fracționată. Tipic, roca este fin granulară, cu o textură afanitică sau porfiritică (fenocristale într-o masă amorfă). Cristalele de microclin și ortoclaz mari, sunt prismatice, și în anumite condiții pot atinge dimensiuni de câțiva metri, dar nu în trahite, unde sunt fragmentate în cursul erupției. Matricea de consolidare este formată mai ales din cristale cubice, sub-paralele de sanidin. Are de obicei o culoare deschisă: alb, gri, maro verzui, sau gri pătat, dar poate fi și negru atunci când conține sticlă. Frecvent, în rocă se observă cu ochiul liber vezicule de dimensiuni neregulate, formate de bioxidul de siliciu (SiO<sub>2</sub>) eliberat la temperaturi înalte și apoi încarcerat prin răcirea bruscă a lavei. Răcirea fiind prea rapidă, cristalele de cuarț nu au timp să se formeze, în schimb sunt prezente cristale transparente de alfa-tridymit, formate la temperaturi de peste 870 de grade Celsius.

**GENEZĂ:** Magma trahitică se formează asemănător cu cea granitică și riolitică, prin topirea la mari adâncimi a unor roci parentale silicioase. Atât granitul cât și riolitul au o compoziție chimică asemănătoare, cu deosebirea că răcirea magmei se face mult mai lent și mare parte din siliciu formează cristale de cuarț. Foarte apropiată de lava trahitică este și magma sienitică, dar aceasta se răcește la adâncime, formând mase plutonice. Decantarea oxizilor hidrosolubili din lava trahitică se datorează faptului că la presiuni de 200 MPa și temperaturi de circa 850 de grade Celsius, lava trahitică conține încă până la 8 % apă solubilizată (vapori presurizați). Imediat ce este expusă la suprafață, lava trahitică se răcește brusc, iar rocile formate sunt supuse proceselor de eroziune. Din acest motiv, nu se identifică depozite trahitice cu vechime de milioane de ani, majoritatea rocilor având o vechime măsurabilă în zeci de mii de ani, adică sunt roci foarte tinere. După câteva zeci de ani, alterarea este completă și se formează varietăți de sol argilos sau lateritic (andisol), bogat în caolin, ilit și vermiculit.

**PRODUSE COMERCIALE:** În Evul Mediu, trahitul a fost utilizat extensiv în construcții sub formă de blocuri fasonate (ashlar), tăiate la dimensiune. De exemplu, trahitul Drachenfels este gri, cu nuanțe golbui și roșietice, poros, porfiritic, cu fenocristale de sanidin lungi de până la 7 cm, și are în compoziție: 50 % sanidin, 24 % feldspat plagioclaz, 13 % cuarț, 5 % augit și 5 % biotit. Pentru comparație, trahitul Montemerlo are o textură holocristalină, cu cristale milimetrice de feldspat lungi de 0,5 -10 milimetri, și are în compoziție: 53 % feldspat alcalin, 15 % feldspat plagioclaz, 8 % cuarț, 8 % amfiboli, 7 % pirit, 5 % biotit, 4 % calcit. Spărtura și resturile de rocă se pot utiliza pentru drumuri, sau ca balast pentru betoane sau pentru producția de gresie artificială. După măcinare, feldspatul se poate separa densimetric pentru extracția unor elemente valoroase: K, Fe, Ti, pământuri rare.

**DEPOZITE MONDIALE:** Principalele depozite de trahit sunt în zona Cercului de Foc al Pacificului și în zonele de subducție a plăcilor continentale. Câteva exemple reprezentative sunt: Insulele Hawaii, Azore, Tenerife, Ascension, Madagascar, Hebride. În Europa, trahite au fost descrise lângă vulcanii Italiei (Vezuviu), în Munții Eifel (Germania) sau în Masivul Central (Auvergne, Franța). O locație excentrică este Muntele Morning (Antarctica). Câteva dintre carierele celebre pentru trahit sunt: Muntele Gibraltar, Siebengebrige și Reimerath (Germania), Ponzano Bagnoregio (Italia), Dealurile Euganean (Italia), Garleton Hills (Scoția), Osilo (Sardinia), Tepla și Dekoracni (Cehia), Ledinci (Serbia), Sivrihisar (Turcia), Bowral (Australia). Trahitele se numără și printre rocile magmatice identificate în bazaltele prospectate pe planeta Marte.

**DIVERSE:** Trahitul a fost descris și denumit în anul 1813 de către mineralogul francez Alexandre Brongniart,

în rocile vulcanice din Auvergne (Masivul Central). Probabil cea mai cunoscută erupție de lavă trahitică este cea a vulcanului Vezuviu, din anul 79 en, când cele două localități, pompeii și Herculeanum au fost complet acoperite cu mai mulți metri de lavă și cenușă vulcanică. Trahitul a fost una dintre rocile utilizate extensiv în Roma Antică, pentru drumuri, poduri și apeeducte. Un remarcabil monument arhitectural ridicat în trahit este Mănăstirea Tecla (Bohemia), ridicată în anul 1193, unde zidurile au rezistat intacte unui incendiu de proporții, izbucnit în anul 1677. Printre monumentele arhitecturale din Insulele Azore zidite în trahit se numără Catedrala Heroismo din Insula Terceira și Biserica Misericordia din Insula Sao Miguel. Un monument arhitectural celebru este Catedrala din Koln, zidită cu trahit Drachenfels, exploatat la cariera Siebengebirge.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                      |   |
|----------------------|---|
| A. Borgia et all     | Volcanic spreading of Vesuvius, a new paradigm for interpreting volcanic activity |
| L. Germinario et all | New petrographic tracers for the provenance quarry of Trachyte, Euganean Hills    |
| N. Careddu et all    | Trachytes from Sardinia: geoheritage and current use                              |
| L. Germinario et all | Tracking trachyte on the Roman routes   |
| L. Maritan et all    | Trachyte from Roman aqueducts of Padua and Este                                   |
| A. Martin et all     | Geochronology of Mount Morning, Antarctica  |
| M. Sequeira et all   | Trachyte stones in monuments of the Sao Miguel and Terceira Islands, Azores       |
| M. Prudencio et all  | Secondary phosphate phases in altered trachyte from Saint Miguel Island           |
| B. Graue et all      | Quality assesment of replacement stones for the Cologne Cathedral                 |
| P. Lorenzoni et all  | Soil genesis on trachytic and leucititic lavas of Cimini volcanic complex         |
| V. Di Matteo et all  | Water solubility in trachytic melts   |
| S. Gillhuber et all  | Fire damage of trachyte: investigations of the Telpa monastery building stones    |
| B. Cousens et all    | Chronology, chemistry and origin of trachytes from Hualalai Volcano, Hawaii       |
| V. Bozkurt et all    | Possible use of trachyte as a flux in floor tile production                       |
| V. Bozkurt et all    | Recovery of feldspar from trachyte by flotation                                   |
| V. Sautter et all    | Alkali magmatism on Mars: an unexpected diversity                                 |

## 33. Amfibolit

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 45-55 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 15-20 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 9-15 %, CaO 8-15 %, MgO 4-8 %, Na<sub>2</sub>O 2-4 %, K<sub>2</sub>O 0-4 %. Mai poate conține urme de: Mn, P, Zn, V, Cu, Cr, Ni, Ti. Metalele din compoziție se pot extrage după digestie cu acizi tari.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Conține mai ales minerale din grupul amfibolilor (inosilicați) cu cristale prismatice și lanțuri duble de  $\text{SiO}_4$ , în special actinolit, hornblendă și tremolit. Mai conține mică, feldpat plagioclaz, albit, calcit, epidotit, zoizit, titanit, clorit, sfen, biotit. Accidental poate conține și ilmenit, magnetit, leucocen, sau cuarț.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este cuprinsă între 3 și 3,2 g/cm<sup>3</sup>, cu o porozitate sub 1 %, absorbție a apei între 0,1 și 0,4 % și permeabilitate pentru apă practic nulă (0,01-1 microDarcy). Până la presiuni de 50 MPa, conductivitatea termică crește proporțional cu forța de compresie, dar ca urmare a folierii, la presiuni mari, de peste 500 MPa, conductivitatea termică crește mult mai puțin decât pentru alte roci. Ca urmare, conductivitatea termică se poate utiliza pentru a estima adâncimea la care s-au format rocile evaluate.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Amfibolitele sunt roci cristaline cu rezistență mecanică medie, durabile, rezistente la alterarea fizico-chimică. Rezistența la compresie este între 130 și 200 MPa, iar rezistența la tracțiune este între 13 și 20 MPa. Duritatea pe scara Moh este între 5 și 6. Proprietățile mecanice ale amfibolitelor sunt intermediare între cele ale șisturilor cristaline verzi sau albastre și cele ale eclogitelor și granulitelor. Rezistența mecanică este diferită, după cum forța este aplicată în lungul sau perpendicular pe axul de foliere a cristalelor.

**CALITĂȚI:** Amfibolitele, împreună cu șisturile cristaline, sunt roci frecvent întâlnite în toate zonele de cutare ale scoarței, unde forța aplicată asupra rocilor parentale, magmatice sau sedimentare, a condus la formarea unor lanțuri muntoase. Ca urmare sunt ieftine și ușor de exploatat. Textura cristalină, foliată, prezintă numeroase avantaje mecanice, iar absența porilor le face rezistente la alterare și infiltrare cu apă.

**DEFECTE:** În prezența apei de infiltrație, între straturile cristaline apa poate forma pelicule menținute de tensiunea superficială, având ca rezultat formarea unui mecanism de rulment, cu risc major pentru fracturi și alunecări masive de teren. Această rezistență mecanică paradoxal scăzută mult sub valorile determinate în laborator este uneori pusă în evidență de mișcările tectonice, sau de șocurile mecanice majore (avalanșe, inundații). Din amfibolite, prin alterare intensă și de durată se formează soluri argiloase, lateritice sau ilmenitice, cu reacție acidă, bogate în oxizi metalici, în special de fier, aluminiu, cupru și zinc.

**REMEDI/RESTAURARE:** Solurile formate prin alterarea de durată a unor roci amfibolite pot conține concentrații semnificative de oxizi metalici: Ca, Zn, Ni, Pb, Cd, Cu și Cr. În cazul terenurilor agricole, s-a constatat că gunoieria solului nu prezintă un risc semnificativ de mobilizare a metalelor din săruri. În schimb, îngrășămintele chimice pe bază de fosfați cresc semnificativ absorbția zincului din solurile amfibolitice, favorizând astfel metalo-enzimele pe bază de zinc. Prezența cuprului scade disponibilitatea față de zinc prin mecanism competitiv, iar mobilizarea scade pe măsură ce crește PH-ul.

**DESCRIERE:** Amfibolitele sunt roci metamorfice formate prin tasarea la mari adâncimi a unor roci parentale bazaltice, sau mafice, astfel încât textura lor este holocristalină, foliată sau schistoasă (solzoasă). Tipic au o culoare închisă, negricioasă, sau pestriță, cu aspect de sare și piper. În afară de bazalt (ortho-amfibolite), roca parentală poate fi o rocă sedimentară (para-amfibolite): marnă, dolomit, siderit, de unde și prefixul amphi- pentru a sublinia originea mixtă a acestui tip de rocă. Para-amfibolitele au o compoziție chimică asemănătoare, dar cu un procent mai ridicat de calcit, aragonit, cuarț și feldspat plagioclaz. Amfibolitele trebuie diferențiate de lamprofire, roci magmatice intruzive ultra-potasice, cu compoziție chimică asemănătoare, dar fără tasare și foliere metamorfică. Granulitele și gneissurile sunt de asemenea roci foliate, cu compoziție chimică de tip granitic, formate însă la temperaturi și presiuni mult mai mari. Trebuie distinse și de migmatite, roci metamorfice tot cu o textură bandată, dar plisată incoherent în cursul unui proces secundar de recristalizare.

**GENEZĂ:** Amfibolitele se formează prin alterarea hidrotermală sau metasomatică (chimică) a unor roci parentale, la temperaturi de 500-650 grade Celsius și presiuni cuprinse între 200 și 1200 MPa. Evaluarea în ansamblu a depozitului de roci amfibolite se denumește curent prin termenul de facies amfibolitic, și are ca scop identificare straturilor de roci din imediata vecinătate, pentru a preciza dacă roca parentală a fost o intruziune bazaltică sau un start de rocă sedimentară. Procesul metamorfic este similar cu cel pentru formarea șisturilor cristaline verzi sau albastre (faciesul șisturilor verzi), cu diferența că șisturile se formează la temperaturi mai mici (300-450 grade Celsius) și la presiuni net inferioare. Practic faciesul amfibolitic este o continuare a celui schistos, iar prezența șisturilor în straturile învecinate simplifică etapizarea procesului. În caz că temperaturile depășesc 650-700 de grade Celsius, procesul metamorfic continuă cu formare de roci eclogite (facies eclogitic) și granulite. La temperaturi de peste 900-1150 de grade Celsius, sunt caracteristice cristalele de cuarț și safir (faciesul granulitic). Atunci când roca parentală este diorit sau gabrou, se utilizează uneori și denumirea de epidiorit, iar când în compoziție predomină produșii de alterare ai piroxenilor se utilizează denumirea de uralit.

**PRODUSE COMERCIALE:** Amfibolitele au aceleași întrebuințări ca rocile magmatice în general: construcții, drumuri, balast pentru betoane. Caracteristic este însă că pot fi crăpate sau sparte ușor în lungul axului de foliere, pentru a obține solzi sau așchii de dimensiuni apreciabile. Compoziția chimică se pretează pentru toate aplicațiile industriale ale rocilor parentale: sticlă, produse ceramice, hârtie, cauciuc sintetic, fibre minerale.

**DEPOZITE MONDIALE:** În mod evident, principalele depozite de amfibolite sunt în zona vulcanilor din vecinătatea regiunilor de subducție a plăcilor continentale, unde rocile magmatice și sedimentare sunt supuse unor intense și permanente procese metamorfice, dar și în zonele de cutare a scoarței cu formare de munți hercinici. Un exemplu tipic îl oferă zona de metamorfism regional Doubtful Sound, din Noua Zeelandă, întinsă pe circa 700 de kilometri pătrați. În America de Nord, zona de subducție a expus amfibolite la Catalina Schist (California, USA). Un alt facies amfibolitic este expus în Sudul Indiei, la Karnataka (Tamil Nadu). În Nordul Turciei, un facies mixt, schistic și amfibolitic a fost descris la Kurtoglu, Gumuşhane. În Australia de Vest, un facies amfibolitic pentru gneissuri și migmatite a fost descris la Broken Hills. Pentru Europa, un exemplu de facies amfibolitic a fost descris în Fereastra Tauern, din Alpii de Est, sau în Norvegia, la Storen Nappe, la SudVest de Trondheim.

**DIVERSE:** Solzii de amfibolit au fost utilizați încă din epoca Neolitică pentru producția de arme și unelte, în special un fel de săpăligi, denumite "adzes", utilizate pentru corhănirea lemnului, sau în agricultură. Un exemplu de monument sculptat în amfibolit este cel din Praga, dedicat lui Anastaz Opasek, abatele mănăstirii Benedictine din Brevnov. Bustul din bronz este fixat pe un pedestal din amfibolit, înalt de 2 metri. Amfibolitul a fost utilizat uneori și pentru monumentele funerare din marile cimitire, un exemplu reprezentativ fiind la cimitirul Necropoleis, din Saint Petersburg.



## BIBLIOGRAFIE:

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| Hans Ramberg          | Average Chemical Composition of Amphibolite Facies Gneisses, West Greenland     |
| J. Trekova et all     | Physical and mechanical properties of selected amphibolite core samples, Kola   |
| Ulfert Seipold et all | Investigation of the thermal transport properties of amphibolites               |
| Bernard Leake         | The Chemical Distinction Between Ortho- and Para- amphibolites                  |
| C. Mevel et all       | Amphibolite facies conditions in the oceanic crust                              |
| Grahame Oliver        | Geology of the granulite and amphibolite facies gneisses of Doubtful Sound      |
| G. Topuz et all       | Variscan amphibolite-facies rocks from Kurtoglu metamorphic complex             |
| R.W. White et all     | An in situ metatexite-diatexite transition in upper amphibolite facies rocks    |
| K. Hollocher et all   | Geochemistry of amphibolite-facies volcanics and gabbros of the Storen Nappe    |
| S.S. Sorensen         | Petrology of amphibolite-facies mafic and ultramafic rocks from Catalina Schist |
| Jun-Zhong-Liu et all  | Experimental Study on Dynamic Mechanical Properties of Amphibolites             |
| R. Rieker, T. Rooney  | Water-induced Weakening of Hornblende and Amphibolite                           |
| A. Nowak et all       | Effect of Dolomite Addition on the Amphibolite Glasses                          |
| G. Morgan et all      | Alteration of amphibolitic wallrocks, Bernic Lake, Manitoba                     |
| R. Paradelo et all    | Chemical Fractionation of Trace Elements in a Metal-Rich Amphibolite Soil       |
| C. Perez-Novo et all  | Zinc adsorption in acid soils: Influence of phosphate                           |
| M. Arias et all       | Competitive adsorption and desorption of copper and zinc in acid soils          |
| C. Perez-Novo et all  | Copper fractionation and release from soils devoted to different crops          |
| A. Doriguetto et all  | Ilmenite in soil forming from Brazilian amphibolite                             |
| V. Rytikova et all    | Changes in the Necropoleis Monuments' Status Over Time                          |

## 34. Ardezie

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 55-70 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 12-20 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3-8 %, CaO 1-4 %, MgO 2-3 %, Na<sub>2</sub>O 0-2 %, K<sub>2</sub>O 0-2 %. Mai poate conține urme de Mn, P, Ti. Reactivitatea chimică a ardeziei este dată în primul rând de mineralele bogate în fier: siderit, hematit, pirit, arsenopirit.





**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Principalele minerale din compoziție (95 %) sunt: cuarț, illit, mică, muscovit, clorit, sericit. Minerale accesorii pot fi: biotit, hematit, pirit, apatit, caolin, magnetit, albit, alți feldspați. Accidental poate conține și grafit, turmalină, zirconiu sau fosile.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este cuprinsă între 2,6 și 2,8 g/cm<sup>3</sup>, cu o porozitate între 0,4 și 5 %, absorbție a apei între 0,1 și 1,7 % și permeabilitate pentru apă foarte mică, între 0,01 și 0,3 miliDarcy. Ardezia este un bun izolator termic și electric.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Ardezia este o rocă foliată, cu granulație foarte fină, fragilă la șocuri și compresiuni mecanice dar rezistentă la alterarea hidro-termală și chimică. Rezistența la compresiune este mică, între 24 și 26 MPa, iar rezistența la tracțiune este între 6 și 12 MPa. Duritatea este cuprinsă între 2,5 și 4 pe scara Moh. În funcție de porozitate, compoziție chimică și permeabilitate pentru apă, ardezia are mai multe calități, de la moale, friabilă, până la dură, rezistentă.

**CALITĂȚI:** Ardezia este în primul rând impermeabilă pentru apă. După ce s-a separat în foi, rezistă destul de bine și la ciclurile de îngheț, dezgheț. Se poate exploata din zăcământ doar cu unelte primitive, se poate rupe sau sparge cu mâna, sau cu unelte simple. Dacă este bine așezată, în absența șocurilor sau a unor forțe de forfecare, rezistă pe acoperișuri secole la rând. Este un bun izolator termic, izolează focul în caz de incendiu. Dacă este șlefuită are un aspect foarte atractiv, cu unde de culoare în nuanțe de gri și albastru. Solurile formate prin alterarea ardeziei sunt argiloase.

**DEFECTE:** Ardezia este fragilă, se fragmentează ușor la șocuri și trepidatii. Dacă apa se infiltrează în fisuri, ardezia se fragmentează la primul îngheț. Prezența porilor permite colonizarea cu floră microbiană și vegetală, astfel că în timp se formează o mazăgă organică, sau chiar se acoperă cu licheni, mușci sau mușchi. Este grea și se fragmentează masiv în caz de cutremur, când se poate prăbuși întregul acoperiș. Pudra de ardezie este puternic silicogenă. În cazul minelor de cărbune, stratul superior de ardezie ce acoperă zăcământul este extrem de fragil, cu risc major de prăbușire, din cauza vibrațiilor.

**REMEDII/RESTAURARE:** Placile de ardezie sparte trebuie înlocuite. Pe acoperișuri se fixează cu cuie și șuruburi, legate sau consolidate cu mortar. Cei mai buni meșteri așează ardezia fără nici o fixare, pentru a permite mici dilatații și rearanjări. Uneori suprafețele expuse se impregnează cu straturi izolatoare de lacuri sau rășini, pentru a evita depunerile de sare și impurități. Este recomandabil ca pentru restaurare să se utilizeze ardezie din aceeași carieră, sau să se determine spectrofotometric textura și culoarea. Restaurarea solului din zona carierelor de ardezie abandonate se poate face acoperind zona cu pământ, argilă, compost sau resturi vegetale. Uneori este economic pur și simplu ca resturile de ardezie să fie măcinate mărunț, apoi acoperite cu gazon. Există și tentative de integrare a crustei biologice formate din licheni și mușchi în aspectul "ecologic" al clădirii, eliminând astfel lucrările dificile de restaurare, dar scurtând durata de exploatare cu câteva zeci de ani.

**DESCRIERE:** Ardezia este o rocă la origine sedimentară, dar foliată și transformată metamorfic prin tasare, sub greutatea unor straturi superioare de sol sau rocă. Se prezintă sub formă de foi paralele, de culoare gri spre albastru închis. Plăcile de ardezie de desfac spontan în plăci subțiri, centimetrice, ca urmare a ciclurilor de îngheț dezgheț, sau sub acțiunea unor forțe minime. Textura este omogenă, fin granulară, tipic de culoare gri închis, dar poate avea nuanțe de verde, albastru sau purpuriu. O rocă foarte asemănătoare este filitul, la care însă cristalele, straturile de mică și planul de clivaj sunt observabile cu ochiul liber. Sub microscop se diferențiază straturi lenticulare cu grosimea mai mică de 100 microni, formate din microcristale de cuarț, feldspat sau mică. Atunci când există, carbonul din rocă este transformat în grafit. Frecvent, depozitele de cărbune se formează sub straturi impermeabile de ardezie, unde carbonul a putut fi transformat metamorfic în condiții anaerobe.

**GENEZĂ:** Ardezia se formează prin metamorfism regional de grad mic (la temperaturi și presiuni mici) al unor roci parentale compuse din argilă și cenușă vulcanică. Cristalele minerale au dimensiuni microscopice, iar în urma tasării se orientează perpendicular pe direcția forței, pentru a forma planul de clivaj al rocii. Planul de clivaj nu are nici o legătură cu structura rocii sedimentare parentale, fiind întotdeauna perpendicular pe direcția forței de compresiune.

**PRODUSE COMERCIALE:** În Antichitate și Evul Mediu, plăci de ardezie cu grosimea de 1-2 cm, tăiate sau sparte la dimensiune, se comercializau sub formă de țigle pentru acoperiș. Dale din ardezie se utilizau și pentru drumuri, pentru canale de irigație și drenaj al apelor uzate. În interiorul locuințelor, plăcile de ardezie se utilizează pentru pardoseli, scări interioare sau pentru tapetarea pereților. Mai rar se utilizează pentru ziduri, sau pentru construcții ridicate în întregime din ardezie. În grădini și parcuri, aleile din ardezie pot fi extrem de alunecoase pe timp de ploaie, deoarece formează o peliculă de apă. Se utilizează în relee, motoare electrice mari și comutatoare ca izolator electric. Mai rar se utilizează ca abraziv, pentru ascuțit tacâmuri și unelte agricole. Din rezidurile și spărturile de ardezie se poate fabrica gresie artificială. Doar în Spania se exploatează peste 4 milioane de tone anual, urmată de Marea Britanie cu 500 000 de tone.

**DEPOZITE MONDIALE:** Ardezia este o rocă extrem de comună, răspândită pe toată suprafața scoarței, în zona rocilor sedimentare. În Europa, cel mai mare exportator de ardezie este Spania (Valdeorras, Quiroga, Ortigueira, Mondonedo), urmată de Marea Britanie (Wales, Cornwall, Cumbria, West Highlands, Slate Islands), Franța (Anjou, Loire, Ardennes, Brittania, Savoia), Belgia (Munții Ardeni), Italia (Lavagna), Portugalia (Valongo) și Germania (Moselle, Hunsruck, Eifel, Westerwald, Thuringia). Pe continentul American cel mai mare producător este Brazilia (Minas Gerais), urmată de SUA (Newfoundland Pennsylvania, Buckingham Virginia, Slate Valley Vermont). În Asia, China este cel mai mare producător, iar în Australia principalele exploatari sunt la Adelaide Hills și Mintaro Mid North. În România cel mai important zăcământ este cel de la Deva. Un alt zăcământ, conturat pe o suprafață de 15 hectare, evaluat la peste 21 milioane de tone, este prezent pe un deal din perimetrul comunei Ciolanu Mare (Mehedinți).

**DIVERSE:** Începând din epoca neolitică, plăcile de ardezie au fost utilizate în construcții rudimentare, pentru pardoseli, acoperișuri și ziduri fără mortar. În evul mediu se utiliza pentru tăblițele pe care elevii începători învățau să scrie cu cretă. Înainte de secolul al XIX-lea nu se făcea nici o distincție între argilit, ardezie și sisturi. În unele zone este o rocă preferată pentru monumentele funerare, iar în Imperiul Maya se utiliza pentru stele funerare de proporții megalitice. Ardezia este uneori utilizată pentru monumente funerare sau pentru sculpturi și obiecte de artă. Un artist care și-a dedicat 60 de ore pe săptămână lucrărilor în ardezie este britanicul Stephen Kettle, printre lucrările sale fiind și un bust al premierului Winston Churchill.



## BIBLIOGRAFIE:

Cican Cristian	Zacamânt de ardezie
Jorn Wichert	Slate as Dimension Stone - Properties of Slate
Ke Xu et all	Genesis of altered slate type ores in the Huangjindong gold deposit
L. Zhend et all	Mechanical Properties and Failure Processes of Saturated and Unsaturated Slate
M. Sadek et all	Impact Resistance and Mechanical Properties of Concrete Developed with Slate
Xian-Jie Hao et all	Study on the Anisotropy of Mechanical Properties of Slate
C. Ding et all	Investigation of mechanical behavior and thermal properties of slate
M. Alam et all	Mechanical and physical properties of slate from Britannia Cove
Z. Chen et all	Fracture evolution and energy mechanism of deep-buried carbonaceous slate
S. Naga et all	Processing of electric ceramic insulators from slate rocks and MgO
M. Campos et all	Recovered slate waste as raw material for manufacturing sintered tiles
V. Cardenes et all	Guidelines for selecting roofing slate for restoration of historical buildings
M. Giuseppe et all	A specific protocol set up during restoration of the Grammichele slate slab
Matthew Ling	The ecological restoration of slate waste tips in Wales, UK
Joseph Jenkins	The Slate Roof Bible
Joseph Jenkins	What home inspectors need to know about slate roofs
Mandy Slate	Integrating biocrusts into the field of restoration ecology

## 35. Filit

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 53-79 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 12-25 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4-15 %, FeO 5-9 %, MgO 0-8 %, CaO 0-12 %, TiO<sub>2</sub> 0-2 %. Mai poate conține oxizi de: Na, K, P, Mn.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Principalele minerale din compoziție sunt: cuarț, mică (sericit, muscovit, illit, paragonit) și clorit. În compoziție mai intră feldspați plagioclazi, montmorilonit, sepiolit, oxizi de fier. Accidental se asociază granați, turmalină, grafit.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este cuprinsă între 2,3 și 2,8 g/cm<sup>3</sup>, cu o porozitate redusă, între 0,5 și 1 %, absorbție a apei de 0,2 % și permeabilitate pentru apă practic nulă (0,01-1 miliDarcy). Are reacție ușor acidă și conductivitate electrică scăzută.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Rezistența mecanică este diferită în funcție de direcția de aplicare a forței. Aplicată perpendicular pe planul de clivaj, rezistența la compresiune este mijlocie, cu valori cuprinse între 80 și 140 MPa, iar rezistența la tracțiune este între 5 și 14 MPa. Duritatea este foarte mică, estimată pe scara Moh între 2 și 3 (se poate zgâria cu sticlă). Dacă forța este aplicată paralel cu direcția de foliaj, roca se foliază la presiuni minime. Prezența apei nu influențează proprietățile mecanice decât în condiții de saturație îndelungată, primele efecte fiind vizibile după 60-70 de zile.

**CALITĂȚI:** Este o rocă ieftină, ușor de exploatat în condiții de siguranță. Poate reprezenta o resursă pentru siliciul și metalele din compoziție, sau pentru pudra argiloasă fin cristalizată. Pudra de filit are proprietăți pozzolanice și a fost utilizată cu succes pe post de ciment în mortaruri de calitate inferioară sau pentru prepararea gelurilor de siliciu. Pudra de siliciu rezistă bine la temperaturi ridicate și poate acționa ca schimbător de ioni, pentru a immobiliza substanțe toxice sau izotopi radioactivi.

**DEFECTE:** Filitul este o rocă cu proprietăți mecanice și chimice de valoare mijlocie între rocile magmatice și cele sedimentare. Este relativ ușor de fragmentat mecanic și se alterează destul de intens sub acțiunea apei și a soluțiilor slab acide. Prin alterare intensă rezultă soluri argiloase, nisipoase sau lutoase, cu pH ușor acid, permeabile pentru apă. Pudra de filit este puternic silicogenă.

**REMEDII/RESTAURARE:** Solurile rezultate prin alterarea filitului sunt comparabile cu cele calcaroase, nu rețin apa, dar sunt mai bogate în material organic fiind compatibile cu agricultura. Dintre speciile arboricole, fagul și salcâmul cresc bine pe argile filitice. Argilele filitice sunt ușor compresibile și formează un strat izolator util pentru diguri, fundul iazurilor sau pentru tapetarea gropilor de gunoi. Pentru consolidarea acestor straturi se poate adăuga calcar (3- 7 %), ciment (3-7 %), cenușă, sau bitum, pentru a obține materiale compozite cu proprietăți mecanice superioare. Argilele filitice dezvoltate din filit fixează natural azotul atmosferic, în illitul format prin alterarea cristalelor de mică. Ca urmare, pudra de filit amestecată cu compost (10-40 tone/ha) se utilizează uneori ca îngrășământ agricol natural, pentru fixarea și îmbogățirea azotului.

**DESCRIERE:** Filitul este o rocă metamorfică foliată formată din aceleași roci parentale ca ardezia, dar în urma unui proces de transformare metamorfică de nivel superior, la temperaturi și presiuni mai mari. Cristalele sunt foarte mici, invizibile cu ochiul liber, textura fiind fin granulară, în schimb folierea în valuri se observă de obicei cu ochiul liber. Cristalele translucide de mică îi conferă un aspect mătăsoș, strălucitor. În

ansamblu, roca este gri închis spre gri pal, cu nuanțe verzui. La șocuri mici, filitul se sparge în folii. Tăiat în blocuri și folii, filitul are un aspect omogen, cu granulație foarte fină, asemănător cu argilitul.

**GENEZĂ:** Filitul se formează în special din argilit sau pelit (o rocă sedimentară fin măcinată tectonic), dar și din alte roci sedimentare silicioase, în urma unui proces metamorfic regional al centurilor tectonice, acolo unde scoarța se pliază pentru a forma lanțuri muntoase, în vecinătatea zonelor de metamorfism intens (adică în zona de dealuri). Ca urmare, cristalele de mică și clorit se aplatizează și se orientează preferențial, perpendicular pe direcția forței de tasare. Tăiat la dimensiune și tapetat cu un strat de smalt ceramic se poate utiliza pe post de gresie artificială.

**PRODUSE COMERCIALE:** Placile de filit se utilizează mai ales în scop decorativ, pentru placaje interioare și obiecte de artă. În cazul monumentelor funerare, filitul se utilizează doar pentru tablete comemorative sau plăci înscrisurate. Acolo unde sunt abundente, rocile filitice au aceleași aplicații ca șisturile cristaline (drumuri, balast, construcții, acoperișuri), iar pudra de filit are aceleași întrebuințări ca argila (ceramică, gresie artificială, pozzlana). După calcinare la temperaturi înalte, pudra de filit se poate utiliza ca liant, în mortaruri cu suprafață foarte fină, dar cu proprietăți mecanice modeste.

**DEPOZITE MONDIALE:** Tipic, filitele se găsesc și se exploatează din dealurile de la poalele masivelor muntoase formate prin cutarea scoarței, acolo unde forțele aplicate au avut valori intermediare, între șisturile cristaline (rocile din masiv) și ardezii (rocile de la poalele dealurilor). Prezente în întreaga lume, filitele sunt abundente în vecinătatea marilor masive muntoase: Himalaya, Anzii Cordilieri, Munții Alpi, Munții Ural, Munții Caucaz, Munții Carpați. În Spania, filitul este abundent în provinciile Almeria și Granada, în vecinătatea Munților Cordilieri. În Brazilia, filitul este abundent în Sudul țării, în regiunea Sao Paulo. În Polonia, cariere de filit operează la: Lisie Skaly, Bialy Kamien și Dewon-Pokrzywna. Frecvent, filitul este descoperit accidental, prin săparea de tuneluri pentru drumuri și căi ferate.

**DIVERSE:** Denumirea provine din limba Greacă, de la cuvântul "phyllon" cu semnificația de frunză, deoarece spărtura foliată este lucioasă, iar planurile de clivaj seamănă de multe ori cu nervurile unei frunze. Un exemplu de frumusețe și tradiție antică Asiatică este un bust al zeului Buddha, sculptat în Pakistan, în epoca Kushan (sec II-III en), aflat în colecția Muzeului de Artă din New Orleans. Cele mai numeroase sculpturi și lucrări decorative în filit sunt însă în templele din India. De exemplu, o reprezentare a zeității Vishnu, din secolul al XII-lea, cultura Pala. Printre obiectele de cult din aceste temple se numără și numeroase relicvare, în formă de stupa. Rocile de filit, nealterate, aflate în vecinătatea cuarțitelor, pot include fosile și polen pietrificat, fiind cercetate pentru studii de palinologie și paleontologie.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                    |   |
|--------------------|---|
| S. Rasul           | The Chemical Composition of the Dharwar Phyllites of the Shivrajpur Area          |
| E. Garzon et all   | Corelation between chemical and mineralogical characteristics of phyllite clays   |
| Xue-feng Si et all | Mechanical properties and rockburst proneness of phyllite under axial compression |

Long-Hao Ma et all	Bedding Angle Effects on the Mechanical Properties and Failure of Phyllite
M. Paterson et all	Experimental Deformation and Folding in Phyllite
Z. Jianjun et all	Softening Effect of Phyllite with Water Saturation
T. Ramamurthy et all	Engineering behaviour of Phyllites
C Arce et all	Phyllite clays as raw materials replacing cement in mortars
E. Adesanya et all	Mechanical transformation of phyllite mineralogy, its use as binder precursor
I. Morais et all	Sericitic Phyllite as Addition in Portland Cement
F. Covelo et all	Vegetation on limestone versus phyllite soils
LGA Melo et all	Physicochemical characterization of pulverized phyllite rock for resin synthesis
C. Zanelli et all	Phyllite as feldspar substitute in porcelain stoneware tiles
E. Garzon et all	Effect of lime on stabilization of phyllite clays
AE Martin et all	Fixed ammonium in soils developed on some Queensland Phyllites
M. Mendes et all	Palynofloras from the Phyllite-Quartzite Formation in the Neves-Corvo mine
G. Meinhold et all	Geochemistry and palynology of metasediments from the phyllite complex Greiz
Youn-Hee Park et all	Changes of Soil Properties to the Application of Compost Used with Phyllite

## 36. Steatit

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 60-64 %, MgO 30-32 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5-10 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4-12 %, CaO 4-8 %, FeO 0-5 %, H<sub>2</sub>O 0-5 %. Mai poate conține oxizi de Mn, Na, K, P, Ti. Steatitul nu este solubil în apă, este puțin solubil în acizi slabi (HCl, HNO<sub>3</sub>). În mediu salin, prin alterare își schimbă culoarea din verzui spre galben maroniu. Steatitul se dizolvă în hidroxid de sodiu (NaOH).



COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ: În funcție de varietate, roca este compusă aproape exclusiv din talc. Varietățile de calitate inferioară încep de la 30 % talc, și merg până la peste 80 % talc pentru cele de calitate superioară. Unele varietăți pot conține magnezit (MgCO<sub>3</sub>) până la 50 %. Printre mineralele asociate pot fi: aluminosilicați, clorit, amfiboli, tremolit, antofilit, cummingtonit, dolomită, magnetit, serpentine, oxizi de fier sau de crom.

PROPRIETĂȚI FIZICE: densitatea medie este cuprinsă între 2,4 și 2,9 g/cm<sup>3</sup>, cu o porozitate de 0,5 - 5 %, absorbție a apei între 0 și 0,2 % și permeabilitate pentru apă între 0,001 și 1 miliDarcy. La temperaturi de peste 1000-1200 grade Celsius se transformă prin consolidare în enstatit și cristobalit, roci mult mai tari, cu duritatea între 5,5 și 6,5 pe scara Moh. Are punctul de topire situat între 1630 și 1640 grade Celsius. Sub lumină ultravioletă poate fi fluorescent, gălbui.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Steatitul este cea mai moale rocă, fiind utilizată ca etalon pentru evaluarea durtății, cu valoarea 1 pe scara Moh (se poate zgâria cu unghia) atunci când este formată din talc, și între 2-2,5 când conține impurități.. Nu este bine consolidată, rezistența la compresiune fiind între 30- 60 MPa, iar rezistența la tracțiune între 5 și 9 MPa. Practic, roca se poate tăia sau ciopli cu orice unealtă tăietoare, sau cu orice altă rocă.

**CALITĂȚI:** Steatitul este extrem de ușor de cioplit sau sculptat, este rezistent la acțiunea apei și a factorilor de eroziune, rezistă bine la temperaturi înalte, are capacitatea de a înmagazina căldura, este un bun izolator electric. Are un luciu grăsos, fin la palpare, apreciat în cazul amuletelor și statuetelor de cult. Se poate obține cu ușurință pe cale artificială din talc și oxid de magneziu, împreună cu un liant transparent. Dalele pentru sobe transmit mai bine căldura decât cele din teracotă.

**DEFECTE:** Prezența unor depozite de steatit se pretează la alunecări de teren sau prăbușiri spontane. În timpul mișcărilor seismice, steatitul reacționează plastic, favorizând ruperea straturilor supra și subjacente sau formarea unui mecanism de rulment. Solurile dezvoltate din steatit sunt acide, cu pH între 4,3 și 4,8. Pudra de steatit este puternic iritantă pentru mucoase și silicogenă. Dacă se ingeră accidental produce o intoxicație cu magneziu, cu tulburări de tranzit intestinal și tulburări de ritm cardiac, până la stop cardiac. Poate conține și fibre de azbest, cu potențial oncogen.

**REMEDII/RESTAURARE:** Obiectele de artă din steatit pot fi restaurate cu o pastă formată din talc, rezine și pigmenți la culoare, după care sculptura trebuie cioplită și șlefuită. Atunci când există, se poate utiliza direct pudră de steatit din aceeași sursă și un liant transparent polimeric (epoxy). Pasta se obține din 70 % pudră de steatit (cu granulația între 0,15 și 0,6 milimetri) și 30 % epoxy. Flora microbiană dezvoltată pe suprafața blocurilor de steatit se poate trata cu substanțe biocide, printre care: orto benzil clorfenol, etil-p-hidroxibezoat sau timol. Suprafața se spală bine și cu sodă (NaOH). Solurile formate din steatit sunt populate cu iarbă și plante de talie mică, de preerie cu rădăcini exclusiv în stratul superficial.

**DESCRIERE:** Steatitul este o rocă metamorfică schistoasă, compusă aproape exclusiv din talc. În ansamblu, roca poate fi schistoasă (solzoasă) sau masivă (omogenă). Tipic se formează în vecinătatea unor șisturi verzi sau a unor roci dolomitice silicioase, sub forma unor mase foliate de culoare albă, spre verde albastrui, uneori cu nuanțe roșietice prin oxizii de fier. Pe secțiuni subțiri este incolor, translucid sau alb, iar roca masivă este de obicei alb verzuie, până la verde închis sau maro roșietic. Spărtura proaspătă este fibroasă, micaceoasă, cu un luciu caracteristic, perlos, grăsos.

**GENEZĂ:** Steatitul se formează prin metasomatism (alterare chimică) și metamorfism dinamo-termal (măcinare la temperaturi înalte), având ca rezultat decantarea selectivă a talcului din lichide extrem de fierbinți, însă fără ca mineralele să fie lichefiate sau topite. Astfel de procese metamorfice au loc în special în zonele de subducție a plăcilor continentale, atunci când apa pătrunde cu presiune în regiunile supraîncălzite. Practic, particulele fine de talc sunt spălate din rocile bogate în magneziu (șisturi verzi), încă netopite și apoi depuse prin vaporizarea apei. Depozite de talc se formează și în zona izvoarelor termale atunci când penetrează roci mafice. Steatitul artificial se poate produce după bunul plac din pudră de talc.

**PRODUSE COMERCIALE:** Steatitul este utilizat în special pentru sculptură: obiecte de decor, mici statuete, amulete, pipe și port-țigarette, cutii pentru bijuterii. Capacitatea de a stoca energia calorică este exploatată în diferite echipamente pentru gătit sau încălzire (dale pentru sobe de teracotă). În echipamente electrice este utilizat ca izolator. În Evul Mediu se utiliza pentru matrițe de mare finețe, în care bijuterii turnau obiecte din staniu, plumb, alpaca, argint sau aur. Talcul este renumit ca pudră igienică absorbantă, utilizată pentru protejarea nou-născutului (absoarbe ureea). Pudra de talc se utilizează în paste ceramice, mortaruri, stucaturi, mase plastice, vopsele, hârtie, cauciuc sintetic. Poate fi utilizat și ca lubrifiant solid, pentru foraje sau

prelucrări mecanice prin aşchiere.

**DEPOZITE MONDIALE:** Steatitul se găseşte în zona şisturilor şi a gnaisului sau a rocilor bogate în magneziu, dar depozitele sunt de obicei limitate la straturi de câţiva metri, depozite lenticulare, sau la acumulări de talc în vene şi hornuri, în special în zonele cu activitate intensă hidro-termală. Principalii exportatori de statit de calitate superioară sunt India, Brazilia, Canada, SUA, Germania, Italia, Franţa, Japonia şi Finlanda. În România, talc a fost prospectat la: Borsec, Răşinari, Rusca Montană, Baia de Arieş, Teherău, Zlatna, Isaccea, Ocna de Fier, Băiţa Bihorului, Munţii Vulcan, Masivul Retezat, Masivul Parâng, Munţii Bihorului.

**DIVERSE:** În limba Engleză se utilizează denumirea de soapstone (piatră săpun), în Germană se numeşte Speckstein (piatră slănină), iar în limba Franceză este denumit pierre d'ollaire (piatra olarului). În Evul Mediu era denumit Talcus, fiind practic sinonim cu pudra de talc. A fost menţionat pentru prima dată în anul 1546, în lucrarea De Re Metallica a lui Georgius Agricola (1494-1555). În Egiptul Antic, steatitul era utilizat pentru amulete distinctive (scarabeu), iar în America de Nord indigenii scrijeleau farfurii şi oale din steatit. Eschimoşii şi vikingii scobesc în steatit un fel de pilte scobite, denumite qulliq, în care gătesc carnea în grăsime topită. După secolul al XV-lea au devenit tradiţionale pipele Otomane. În India şi China, steatitul era preferat pentru sigilii şi ştampile, dar şi pentru şablonuri în care modelau apoi decoruri arhitecturale din paste ceramice sau argilă. Chinezii obişnuiau să sculpteze cuţite de ceremonie din steatit, migălos ornamentate, cu care însă nu puteau tăia decât brânza, proaspătă. Un monument arhitectural uimitor este Catedrala Nidaros, din Trondheim (Norvegia), ridicată din blocuri de statit pe mormântul Regelui Olav Haraldson. (995-1030 en). Catedrala a necesitat numeroase restaurări, ultima în anul 2001. Un monument celebru este şi statuia Reînvierii lui Isus de la Rio de Janeiro.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                      |  |
|----------------------|--|
| Taymond Ladoo        | Talc and Soapstone   |
| A. Luckenbach et all | Soapstone Artifacts: Tracing Prehistoric Trade Patterns in Virginia            |
| O.Bowels et all      | Talc and Soapstone   |
| Per Storemyr et all  | Soapstone production through Norvegian history                                 |
| H. Pirinen et all    | Soapstone and it's properties  |
| P. Storemyr          | Weathering of soapstone in a historical perspective                            |
| T. Luukkonen et all  | Alkali-activated soapstone waste - Mechanical properties, durability           |
| H. Souza et all      | Using soapstone waste with diesel oil adsorbed as raw material for red ceramic |
| L. Frink et all      | Canadian Arctic Soapstone Cooking Technology                                   |
| Ilyina Vera          | Utilization of Soapstone Sawing Waste for New Insulating Materials             |
| R. Ribeiro et all    | Weathering of Soapstone That Covers the Christ Redeemer Statue                 |
| H.T. Ahmed           | Restoration of historical artifacts  |
| RAA. Alves et all    | Steatite/Epoxy Composites for Restoration Works                                |
| J. Correia et all    | Molecular modelind study of biocides interaction with talc                     |



## 37. Cretă

**COMPOZIȚIE CHIMICĂ:**  $\text{CaCO}_3$  70-99 % ( $\text{CaO}$  50-55 %,  $\text{CO}_2$  40-43 %),  $\text{SiO}_2$  0-1 %,  $\text{MgO}$  1-6 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  0-4 %. Mai poate conține urme de Na, K, P, Fe). Reacționează foarte puternic, efervescent, la contactul cu acizii slabi.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Mineralul dominant este calcitul (96-98 %), de natură organică. Printre mineralele asociate pot fi: dolomită, cuarț, argilă, apatită, șisturi fragmentare, silicați de magneziu, fosile.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitate medie este între 1,3 și 2,5 g/cm, în strânsă legătură cu porozitatea, cu valoare medie în jur de 33 %, dar cu limite între 3 și 55 %. Absorbția apei este între 8 și 25 %, dependentă de porozitate, iar permeabilitatea pentru apă este semnificativă, între 2 și 20 miliDarcy.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Creta este o rocă moale, friabilă, cu rezistența la compresiune foarte mică, undeva între 0,8 și 4 MPa, dependentă de porozitate și rezistența la tracțiune între 0,25 și 0,5 MPa. Duritatea este redusă, în jur de 3 pe scara Moh. Ca urmare a porozității, proprietățile mecanice sunt diferite de la un eșantion la altul, și în același eșantion în funcție de direcția de aplicare a forței, factorul anizotropic fiind în jur de 1,2-1,4 x.

**CALITĂȚI:** Creta este o rocă ușor de lucrat, ideală pentru decorațiuni interioare, înlocuind cu succes stucaturile din ghips. Albă, moale, netransparentă, fără miros, este practic var nestins, consolidat, cu numeroase aplicații ca pigment și umplutură pentru tencuieli. Depozitele sunt relativ rare, dar sunt abundente, la suprafață, ușor de exploatat. Se poate utiliza ca materie primă pentru toate aplicațiile în care se utilizează calcar. Poate fi utilizată pentru neutralizarea solurilor acide. Depozitele de cretă acumulează cantități semnificative de apă, pe care o eliberează apoi lent în timpul anotimpurilor secetoase. Depozitele marine de cretă pot adăposti rezerve importante de petrol și gaze.

**DEFECTE:** Proprietățile mecanice sunt aproape absente, se crapă, se rupe, se fragmentează foarte ușor, absoarbe multă apă, se alterează rapid, sau chiar efervescent în contact cu soluții acide. Apa de mare grăbește alterarea rocii cu un factor de 2 - 2,2 x, față de apa de ploaie. Praful de cretă este iritant pentru pielea și mucoase, dacă este ingerat accidental produce reacții intense (febră și curbatură).

**REMEDII/RESTAURARE:** Obiectele și ornamentele sculptate în cretă se pot curăța la suprafață cu detergenți alcalini sau se pot lustrui prin șlefuire fină. Fragmentele sparte sau rupte se pot repara ușor cu hidroxapatită, cu o pastă de calcit (70 %) și adeziv epoxidic (30 %), sau cu o pastă din oxid de magneziu (cretă artificială). Solurile dezvoltate deasupra depozitelor de cretă sunt alcaline. Falezele din cretă de pe coasta Oceanului Atlantic sunt în permanentă remaniere, prin ruperea și prăbușirea unor segmente din zona superioară în timp ce fluxul și valurile sapă la temelie. Gazonul crește bine pe solurile de cretă subțiri, cu condiția să fie tuns regulat pentru eliminarea buruienilor.

**DESCRIERE:** Creta este o rocă moale, sedimentară, o varietate de calcar formată prin depunerea și comprimarea unor straturi succesive de cochilii microscopice ale unor microorganisme marine, denumite coccolitofore și foraminifere, prezente în plancton. Creta este o rocă de culoare alb strălucitor spre gri deschis, uneori cu nunațe gălbui sau albăstrui, are o textură fină, intens poroasă, spărtură concoidală cu luciu perlos pe suprafețele de clivaj. Sub microscop se pot distinge cristale de calcit de 0,5 până la 4 microni ce formează circa 75 % din masă, dar și fragmente mai mari, de 10-100 microni, sau chiar schelete întregi ale unor organisme marine mai mari: moluște, echinoderme sau spongieri, pentru restul de 25 % din masă. Aspectul microscopic este apropiat de ghips ( $\text{CaSO}_4$ ) și diatomit ( $\text{SiO}_2$ ), dar compoziția chimică este diferită. Se distinge macroscopic prin prezența porilor și a resturilor fosile, dar mai ales prin reacția energetică cu acidul clorhidric. Depozitele de cretă pot conține și formațiuni nodulare de cremene, o rocă fin granulară, silicioasă, formată prin silicifierea corpului gelatinos al unor organisme marine blocate în masa sedimentară. Nu toate depozitele de cretă sunt pure. În funcție de impurități sau conglomerate au fost descrise varietăți de cretă: marnoasă, cochiliferă, fosfatică, glauconitică, dolomitică, piritică, bogată în material organic.

**GENEZĂ:** După cum sugerează și denumirea, marile depozite de cretă s-au format în urmă cu 65-100 de milioane de ani în urmă, în epoca denumită Cretacic, în condițiile unui climat cald, stabil. Principalele depuneri de material organic au avut loc în vecinătatea țărmurilor, la adâncimi cuprinse între 100 și 600 de metri. În mediu acvatic, cimentarea a avut loc extrem de lent, astfel încât în straturile inferioare apar semne de compactare prin presiune, iar în masa rocii s-au format numeroși pori, prin gazele degajate în urma descompunerilor organice. În interiorul depozitului se formează frecvent și straturi sau formațiuni nodulare de cremene, fie prin decantarea și compactarea spiculelor de spongieri, fie prin silicifierea unor resturi organice. Creta artificială (cea pentru scris la tablă) se produce din pudră de calcar ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ), var și lianți comuni.

**PRODUSE COMERCIALE:** Creta naturală are practic aceleași utilizări ca și calcarul sau varul nestins, acolo unde exploatarea ei este economică. În esență intră în componența unor materiale de construcție, mortaruri, lianți, tencuieli, vopsele, betoane speciale. Se utilizează uneori în agricultură ca amendament agricol pentru soluri acide. Tradițional, creta se utilizează pentru a scrie pe suprafețe rugoase, exemplu clasic fiind creta pentru scris la tablă, sau creta croitorului.

**DEPOZITE MONDIALE:** Principalele depozite expuse de cretă au fost formate în Oceanul Atlantic, de curentul Golf Stream, pe țărmul Europei de Vest, în special în zona Strâmtorii Dover (Kent în Anglia și Champagne în Franța), dar și pe coastele Germaniei (Jasmund National Park, Rugen) sau Danemarcei (Mons Klint). Insula Creta din Marea Mediterană deține depozite semnificative de cretă, de unde și denumirea. Depozite semnificative pe continentul Nord American sunt: Austin Chalk (Texas, SUA), Selma Group (Alabama, Mississippi, Tennessee, SUA) sau Niobrara Formations (Nebraska, SUA). În Australia, un depozit cu grosime de 0,6-2,1 metri se întinde pe coasta de Vest a continentului în regiunea denumită Miria Formation. În Africa, singurul depozit important descris este cel din Egipt, denumit Khoman Formation. În România, o carieră de cretă cunoscută din antichitate a fost la Basarabi Murfatlar, în Dobrogea.

**DIVERSE:** Unii cercetători au făcut legătura dintre faciesul depozitelor Cretacice de cretă și Potopul lui Noe, caz în care vechimea acestor depozite s-ar rezuma doar la câteva mii de ani. Încă din antichitate, creta a fost

un material preferat de sculptori pentru a ciopli modele la scară redusă ale unor viitoare lucrări în marmură. În cretă s-au sculptat și un fel de matrite, pentru a transfera modele elaborate pe biscuiți sau turtă dulce. Un astfel de obiect, descoperit la Burton Agnes (Yorkshire, UK) a fost estimat a avea o vechime de aproape 5000 de ani. Pe coastele Angliei și Franței există case întregi ridicate din blocuri de cretă. Există și monumente naturale, cioplite de ploaie și vânt, cum sunt de exemplu Piramidele de Cretă din Oakley, Kansas, niște formațiuni înalte de peste 20 de metri cu o vechime de 80 milioane de ani. Un exemplu unic de monument arhitectonic este Biserica Sfântului Ioan Botezătorul din Oblastul Voronezh (Rusia), în apropiere de Mănăstirea Divnogorsk. O altă biserică, ridicată pe o stâncă din cretă este la Svyatogorsk (Ukraina), cu numeroase spații săpate în cretă la mulți metri în adâncime. În România, un monument istoric inedit îl formează bisericile sculptate în cretă de la Basarabi-Murfatlar.



#### BIBLIOGRAFIE:

Lord J.A. Clayton	Engineering in chalk
John Matthews	Chalk and Upper Cretaceous Deposits are Part of the Noachian Flood
D.E. Hattin	Cretaceous shelf-sea chalk deposits
R. Korsnes et all	Chemical interaction between seawater and chalk
S. Strand et all	Wettability of chalk: impact of silica, clay content and mechanical properties
R. Korsnes et all	Anisotropy in chalk studied by rock mechanics
Ida Lykke Fabricius	Chalk: composition, diagenesis and physical properties
R. Mortimore et all	Chalk physical properties and cliff instability
A. Bunting et all	Water relations of crops and grass on chalk soil
O. Chabrierie et all	Plant and soil microbial communities in a chalk grassland in north-western France
R. Bobbink et all	Restoration management of abandoned chalk grassland in the Netherlands
Rodica Ion et all	Chalk Stone Restoration with Hydroxyapatite-Based Nanoparticles
Rodica Ion et all	Effects of the restoration mortar on chalk stone buildings

## 38. Șisturi bituminoase

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 3-52 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3-22 %, CaO 6-52 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1-10 %, R-SO<sub>3</sub> 2-9 %, carbon organic 14-24 %. Mai pot conține: Mg, Na, K, Mn, Ti, Cu, Ni, U. Porțiunea bituminoasă este solubilă în sulfură de carbon (CS<sub>2</sub>), dar kerogenul nu este solubil.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Roca este compusă dintr-un amestec de feldspat, cretă, marne, dolomit, pirit și hidrocarburi aromatice. Se pot asocia numeroase minerale, printre care: cuarț, ghips, caolin, apatit, illit, goethit, clorit. Ocazional conține și fosile sau microfosile.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este între 1,6 și 2,4 g/cm<sup>3</sup>, cu o porozitate moderată, cuprinsă între 6-15 %, absorbție a apei de 2-5 % și permeabilitate pentru apă între 1 și 10 miliDarcy. Piroliza kerogenului începe la temperaturi de 300 grade Celsius și este optimă între 480 și 520 de grade Celsius. La temperaturi mai mari, intervine și decompoziția rocilor carbonatate cu emisii de bioxid de carbon. Conductivitatea electrică scade brusc începând de la temperaturi de peste 380 grade Celsius.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Șisturile sunt roci slabe, friabile, cu rezistența la compresiune între 15 și 40 MPa și rezistența la tracțiune cuprinsă între 6 și 11 MPa. Duritatea pe scara Moh este între 3 și 5. Proprietățile mecanice ale șisturilor sunt anizotrope, în funcție de direcția de aplicare a forței în raport cu planul de clivaj al șisturilor. Proprietățile mecanice sunt și în funcție de temperatură, scad începând de la temperaturi de 380 grade Celsius. În mediu acid, proprietățile mecanice scad cu până la 66 %.

**CALITĂȚI:** Șisturile bituminoase conțin suficient de multe substanțe combustibile pentru a putea fi arse în termocentrale, în loc de cărbune, pentru a genera căldură și energie electrică, dar cu un impact major asupra mediului și cu un randament scăzut (75 % din masă este inertă, transportată inutil). Prin piroliză, din porțiunea organică se eliberează asfalt, petrol și gaze, mai exact, între 2 și 10 galoane de petrol (10-100 litri). Kerogenul poate conține și elemente valoroase, precum nichel, molibden, vanadium, uraniu și fier. Resturile minerale rămase în urma extracției se pot utiliza ca balast în asfaltul de rulaj pentru drumuri.

**DEFECTE:** Șisturile bituminoase sunt roci slabe, poroase, cu risc natural pentru prăbușiri sau alunecări de teren. Atunci când se forează în adâncime, se extrag lichide și gaze, sau se asociază diverse reacții termice și explozii pentru dezintegrarea kerogenului, riscul crește exponențial, asociat cu riscul unor incendii de proporții, spontane sau iatrogene. În procesul de extracție se produc volume impresionante de ape uzate sau toxice. Arderea șisturilor bituminoase poluează intens atmosfera și crește volumul gazelor cu efect de seră. Industria prelucrătoare a șisturilor bituminoase poluează mediul cu metale grele remanente în sol.

**REMEDII/RESTAURARE:** Reabilitarea terenurilor în urma exploatărilor de șisturi bituminoase ridică numeroase probleme. Cea mai simplă soluție este prin umplerea spațiilor goale cu apă, sau cu soluții apoase, ciment Portland, cenușă vulcanică, pozzolana, agilă, sau cu resturile minerale rămase în urma extracției. Metodele de extracție în situ prezintă riscul de contaminare a aquiferelor cu produse petroliere. Terenurile afectate de extracțiile miniere pot fi reabilite prin plantarea de specii arboricole, cele mai bune rezultate fiind la speciile de arin și pin.

**DESCRIERE:** Șisturile bituminoase sunt roci sedimentare argiloase, bogate în materie organică solidă cunoscută sub denumirea de kerogen. Pe lângă kerogen, în compoziția lor intră și bitum, o formă semisolidă

de petrol cu vâscozitate foarte mare, compus din naftalină, hidrocarburi aromatice ( fenoli, acizi carboxilici), hidrocarburi saturate (alcani) și compuși organici heterociclici. Textura rocii este fin granulară, argiloasă sau cretoasă, de culoare gri cenușiu spre albastrui, gălbui, maro, maro închis. După modul de formare se clasifică școlastic în: marine, lacustre și terestre. Există o mare varietate în ceea ce privește mineralele din compoziție, vârsta și tipul de kerogen, sau forma de depunere a acestuia. În funcție de mineralul dominant din compoziția rocii, șisturile bituminoase pot fi carbonatate, silicioase sau cărbunoase. Nu trebuie confundate cu argilele, creta sau cu gresiile impregnate cu petrol, ori cu cărbunele humic. Toate aceste roci conțin petrol, în timp ce șisturile bituminoase conțin doar kerogen. Petrolul, bitumul și gazele se eliberează din kerogen doar la temperaturi înalte, eventual în vecinătatea unor surse geo-termale.

**GENEZĂ:** Partea minerală a rocii se formează prin sedimentarea particulelor de rocă din apă, asemănător cu șisturile argiloase sau ardezia. Kerogenul se formează în mediu acvatic prin depunerea și apoi dezintegrarea fizică și chimică a algelor și planctonului, până la molecule organice, policondensate apoi spre a forma geopolimeri, substanțe cu greutate moleculară mare ce se depun gravitațional.

**PRODUSE COMERCIALE:** Prin încălzire, șisturile bituminoase eliberează petrolul și gazele în urma unui proces de piroliză. China, Rusia, Brazilia și Estonia au cele mai mari facilități pentru extragerea petrolului din șisturi bituminoase. Estonia are o capacitate instalată de 3 GW, bazată pe termocentrale cu șisturi bituminoase. Numeroase alte facilități extrag doar hidrocarburi pentru sinteze chimice: fibre de carbon, filtre de carbon, fenoli, rezine, adezivi, lubrifianți, mastic, asfalt. Din fracțiunea minerală se pot face cărămizi, ciment, zgură, amendamente agricole, vată minerală, sticlă.

**DEPOZITE MONDIALE:** Depozitele de șisturi bituminoase sunt răspândite pe tot globul, în zona fostelor funduri de mare sau de ocean. Se estimează că pe plan mondial rezervele de petrol din aceste formațiuni ar fi în jur de 1000 de miliarde de metri cubi. Majoritatea acestor depozite sunt însă pe fundul oceanelor, imposibil de exploatat economic. Principalele depozite exploatate în prezent sunt: Green River, Phosphoria Formation, Eastern Devonian (SUA), Olenyok Basin, Vychegodsk Basin (Rusia), Fushun, Liaoning, Huadian, Shandong (China), Queensland (Australia), Kenderlyk (Kazakhstan), Mae Sot, Tak, Li (Thailanda), Anatolia (Turcia), El-Lajjun (Iordania), Irati Formation (Brazilia), Tarfaya (Maroc). În România, șisturi bituminoase se exploatează la Anina

**DIVERSE:** Șisturile bituminoase au fost exploatate încă din epoca de piatră, cele mai vechi urme de asfalt fiind cele descoperite în Mesopotamia, cu o vechime de peste 5000 de ani. Prima metodă de extracție a petrolului a fost descrisă în secolul al X-lea de medicul arab Masawaih al-Mardini, iar primul patent industrial a fost acordat în anul 1694 britanicilor: Martin Eele, Thomas Hancock și William Portlock. În Europa, industria extractivă a fost în expansiune imediat după anul 1918, pentru a intra în recesiune după anul 1980. Producția maximă a atins 46 de milioane de tone/an. Procedeele moderne folosesc microunde, radiounde, sau reacții chimice exoterme, pentru a încălzi kerogenul in situ și a extrage doar petrolul și gazele naturale.



**BIBLIOGRAFIE:**

- |                      |   |
|----------------------|---|
| R.F. Cane            | The Origin and Formation of Oil Shale   |
| Sunggyu Lee          | Oil Shale Technology  |
| Frank Spellman       | Enviromental Impacts of Hydraulic Fracturing                                  |
| W.H. Bradley         | Origin and Microfossils of the Oil Shale of the Green River Formation         |
| S. Chen et all       | Mechanical properties of oil shale-coal composite samples                     |
| K.P. Chong et all    | Strain Rate Dependent Mechanical Properties of Western Oil Shale              |
| R. Nottenburg et all | Temperature dependance of electrical and mechanical properties of oil shale   |
| K. Rajeshwar et all  | Thermophysical properties of oil shales                                       |
| K.W. Schuler et all  | Dynamic mechanical properties of two grades of oil shale                      |
| W. Alaloul et all    | Utilization of oil shale ash as a construction material                       |
| K. Ghuzlan et all    | Using oil shale ash waste as a modifier for asphalt binders                   |
| W. Chen et all       | Economic evaluation of utilization of oil shale waste in pavement engineering |
| K. Liu et all        | Influence of acidification on mechanical parameters of oil shale fracturing   |
| M. Smadi et all      | The use of oil shale ash in Portland cement concrete                          |
| Z. Kang et all       | Review of oil shale in-situ conversion technology                             |
| P. Crawford et all   | Advances in World Oil shale Production Technologies                           |
| Tengfei Ma et all    | Ecological risk assesment of heavt metals in an oil shale mining area         |
| M. Pensa et all      | An Analysis of Vegetation Restoration on Opencast Oil Shale Mines in Estonia  |
| Arvi Toomik et all   | Oil shale mining and processing impact on landscapes in north-east Estonia    |
| I. Carabogdan et all | Energy characteristics of the bituminous shale of Banat                       |

## 39. Brechie

COMPOZIȚIE CHIMICĂ: SiO<sub>2</sub> 40-65 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 8-17 %, CaO 8-45 %, FeO 8-18 %, MgO 2-32 %, TiO<sub>2</sub> 1-9 %. Mai poate conține: Na, K, P și depozite de metale sau pământuri rare.



COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ: Mineralele din compoziție sunt cele din rocile parentale (granit, bazalt, andezit, calcar, cuarț, dolomită) iar în compoziția cimentului intră mai ales minerale din roci mafice, bogate în CaO și MgO. În funcție de rocile parentale, brechiile pot fi uneori bogate în metale și elemente rare, mai ales cupru, argint și aur.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** există o mare diversitate de brezii, densitatea medie fiind cuprinsă între 1,9 și 2,5 g/cm<sup>3</sup>, cu o porozitate între 0,2 și 15 %, absorbție a apei între 0,1 și 10 %, permeabilitate pentru apă între 0 și 500 miliDarcy.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Rezistența mecanică a rocii este dată de matricea de cimentare, formată mai ales din feldspați și carbonați de calciu, cu o rezistență la compresiune între 40 și 130 MPa (în medie 70-80 MPa) și o rezistență la tracțiune între 2 și 19 MPa. Duritatea este anizotropă, între 3 și 7 pe scara Moh. Proprietățile mecanice sunt total anizotrope, fără nici o direcție preferențială de distribuție a forțelor.

**CALITĂȚI:** Breziile bine consolidate au de multe ori un aspect extrem de atractiv fiind utilizate pentru sculpturi și monumente de artă. Tăiată în plăci și dale, brezia seamănă foarte mult cu marmura, o varietate foarte apreciată fiind cea denumită Breccia Oniciata. Breziile derivate din roci vulcanice pot conține zăcăminte de metale și pământuri rare.

**DEFECTE:** Multe dintre brezii sunt prost consolidate, cu un ciment grunjos, nisipos, friabil. Proprietățile mecanice sunt neomogene și total imprevizibile. Breziile se pretează la dizlocări spontane și alunecări de teren întinse uneori pe sute de metri. Comportamentul lor este imprevizibil și în caz de cutremur, în special dacă roca este îmbibată cu apă. În anumite condiții, rezistența mecanică a breziei este comparabilă cu a argilei umede.

**REMEDI/RESTAURARE:** Breccia este foarte sensibilă la factorii de eroziune, în special la acțiunea apei în condiții de îngheț dezgheț. Pentru reparații, pasta utilizată trebuie să utilizeze un ciment asemănător cu cel din roca naturală și spărturi de rocă din rocile parentale. Se aplică și se șlefuește la fel ca cimentul mozaic. Plăcile de brezia se pot produce artificial la fel ca gresia artificială. Pentru protecție, suprafața expusă la intemperii se poate acoperi cu un glanț ceramic sau sticlos, ca pentru gresia artificială. Practic, orice beton este o varietate de brezie artificială.

**DESCRIERE:** Brezia este o rocă sedimentară clastică, constituită din fragmente minerale sau bucăți de rocă unghiulare, consolidate cu ajutorul unui ciment natural. Cel puțin 30 % din masa rocii este formată din fragmente de rocă magmatică sau sedimentară, iar cimentul formează o matrice fin granulară. Spre deosebire de conglomerate, fragmentele de rocă nu sunt rotunjite, semn că cimentarea s-a făcut la locul depunerii, sau în imediata vecinătate, fără transport, rulaj sau frecare. După mecanismul de formare, se disting brezii sedimentare, tectonice, vulcanice, de impact sau hidrotermale. Conglomeratele sunt tot roci sedimentare, formate însă prin cimentarea unui pietriș rotund, semn că fragmentele de rocă au fost intens erodate de apă sau rulate sub un ghețar. În cazul conglomeratelor, cimentarea se face prin deshidratarea unui ciment format din nisip, argilă și lut, cu proprietăți mecanice derizorii.

**GENEZĂ:** Fragmentele de rocă ce formează brezia pot fi rezultatul unei acumulări în taluz, al unor procese de detonare de origine pirogenă, al unor căderi de rocă sau al dizlocării de fragmente de rocă prin alterare. Când fragmentele de rocă sunt mai mari de un metru, se utilizează denumirea de megabrezie, iar la originea spărturilor sunt mișcări tectonice, sau prăbușirea unei căldări vulcanice. În astfel de cazuri, fragmentele de rocă pot atinge dimensiuni de zeci de metri. Brezia sedimentară se formează prin cimentarea fragmentelor de rocă desprinse din stâncării, sau în urma acumulării de roci calcaroase într-un aven sau depresiune din regiunea carstică. Brezia tectonică ia naștere din materialul rezultat în urma frecării dintre două plăci tectonice, prin cimentarea mineralelor fin granulare în jurul fragmentelor mari de rocă. Brezia vulcanică ia naștere prin cimentarea rocilor expulzate de o erupție vulcanică sau a celor fragmentate de o masă magmatică intruzivă. Există și brezii de impact, formate prin cimentarea fragmentelor de rocă rezultate în urma impactului cu un meteorit, de obicei la baza conului format în urma exploziei. Breziile hidrotermale se formează prin hidrofracturare, în condițiile în care apa pătrunde în timpul unei erupții vulcanice în spațiile formate prin fracturarea rocilor și formează vapori supra-saturați. Acest tip de brezii se asociază frecvent cu

depozite de metale și elemente rare, decantate din supa minerală supraîncinsă.

**PRODUSE COMERCIALE:** Breția bine consolidată se poate tăia în blocuri mari, blocuri fasonate (ashlar), plăci sau dale de pavaj, asemănător cu travertinul. Spărturile se pot utiliza pentru fundația drumurilor sau ca balast în betoane. Breția slab consolidată este uneori bogată în metale sau pământuri rare. Unele breții se pot utiliza ca sursă de nisip granitic, pentru diverse industrii: fibre minerale, sticlă, materiale de construcție, gresie artificială, ceramică, cauciuc sintetic.

**DEPOZITE MONDIALE:** Ca urmare a mecanismelor diferite de formare, brețiile sunt larg răspândite pe toată suprafața scoarței terestre, cu particularități în zonele vulcanice și în regiunile cu intense mișcări tectonice. Nu toate brețiile au însă valoare comercială, majoritatea fiind friabile sau intens alterate. Un depozit celebru îl reprezintă stânca Strâmătorii Gibraltar, unde brețiile calcaroase sunt situate la baza stâncii, până la o adâncime de 100 de metri, martore ale fostei coliziuni continentale. Exemple tipice de breții formate de un talus glaciatic se regăsesc în Rocky Mountains (SUA). Breții formate prin alunecare de teren sunt expuse la Frank, în Canada, unde o alunecare de teren din anul 1881 a umput o vale cu un strat gros de peste 10 metri. Un exemplu tipic de breție vulcanică se observă la Pompei, în urma celebrei erupții a Vezuviului. Breții tectonice au fost descrise pe continentul Nord American la Island of Wisconsin sau Galena Missouri. Roci neconsolidate, cu compoziție asemănătoare brețiilor (regolith) formează și majoritatea suprefetei selenare (dar lipsește apa lichidă pentru consolidare). Mulți dintre meteoriții și asteroizii căzuți pe Pământ au o structură brețioasă, semn că fenomenele clastice sunt regulă în Univers.

**DIVERSE:** Denumirea provine din limba Italiană, de la breccia, cu semnificația de moloz. Brețiile au fost utilizate de artiști din cele mai vechi timpuri. Un exemplu din Egiptul Antic îl reprezintă statuia zeiței Tawaret (Taouris), cu trup de hipopotam, sâni de femeie și coadă de crocodil. În Insula Creta, breția s-a utilizat pentru baza coloanelor de la Palatul din Knossos. La Roma, un monument celebru este Porta Pia, una dintre porțile Zidului Aurelian, proiectată și realizată de Michelangelo între anii 1561-1565. Tot la Roma, cele șapte nișe din interior ce adăpostesc statuile zeilor sunt decorate cu coloane din pavonazetto, un tip de breție adusă din Phrygia (Turcia) denumită astfel pentru că seamănă cu penele din coada de păun. Statui din breccia au decorat și parcurile regiilor Franței, multe dintre acestea în formă de leu. O varietate extrem de apreciată în Spania a fost breccia Arrabida, utilizată pentru decorațiuni interioare.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                   |   |
|-------------------|---|
| Willard Parsons   | Criteria for the Recognition of Volcanic Breccias                             |
| Richard Sillitoe  | Ore-related breccias in volcanoplutonic arcs                                  |
| Peter Laznicka    | Breccias and ores. History, organization and petrography of breccias          |
| C.W. Burnham      | Energy release in subvolcanic environments, implication for breccia formation |
| W.H. Norton       | A Classification of Breccias  |
| D. S McKay et al  | Mineralogical and Chemical Properties of the Lunar Regolith                   |
| K.L. Thomas et al | An asteroidal breccia: The Anatomy of a cluster IDP                           |



A.V. Murali et all	Chemical Composition of Breccias from Apollo 15
S. Kahraman et all	Evaluating the geomechanical properties of Misis fault breccia
W. Dong et all	On the mechanical behaviour of the Gibraltar Strait breccias
Xiansong Yin et all	Field test on engineering characteristics of karst breccia
A. Hassan et all	The use of silica-breccia as a supplementary cementing material in concrete
S. Widodo et all	The potential use of pumice breccia as coarse aggregate in lightweight concrete
J. Kullberg et all	The historical importance and architectonic relevance of the Arrabida breccia
Karen Wenrich	Mineralization of breccia pipes in northern Arizona
K. Mort et all	Quantifying fault breccia geometry: Dent Fault, NW England
M. Vantaggi et all	Carbonatic breccias used in monumental works along the Flaminia Consular Road
Y. Liu et all	Mineralogical and geochemical studies of breccia ores in Dalucao REE deposit

## 40. Pietriș

**COMPOZIȚIE CHIMICĂ:** SiO<sub>2</sub> 40-65 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 8-17 %, CaO 8-45 %, FeO 8-18 %, MgO 2-32 %, TiO<sub>2</sub> 1-9 %. Compoziția chimică este extrem de variabilă, în funcție de rocile parentale, dar în majoritatea cazurilor acestea sunt roci magmatice sau metamorfice, silicioase și cuarțite.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Mineralele din compoziție sunt cele din rocile care formează pietrișul: (granit, bazalt, andezit, dacit, riolit, gneiss, șisturi, calcar). Cel mai răspândit mineral este cuarțul, sub formă de cristale, urmat de feldspați, silicați și oxizi metalici.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie a rocilor din componență, este cuprinsă între 2,5 și 3,2 g/cm<sup>3</sup> iar pietrișul nesortat are o densitate medie în jur de 1800 kg/m<sup>3</sup> (între 1460 și 1920 kg/m<sup>3</sup>, mare parte fiind aer), porozitatea este de cele mai multe ori absentă sau foarte redusă, absorbția apei aproape nulă, permeabilitatea pentru apă practic nulă. Conductivitatea hidraulică este mare, până la 1 cm/secundă.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Pietrișul este alcătuit din roci tari, cele care au rezistat unor procese foarte intense de alterare și eroziune. Rezistența lor mecanică este inomogenă, diferită pentru fiecare rocă, dar cu valori medii cuprinse între 100 și 240 MPa pentru forțele de compresiune și 10-30 MPa pentru forțele de tracțiune. În ansamblu, pietrișul necimentat opune o rezistență la compresiune între 50 și 80 MPa, pentru o forță de penetrare între 2 și 10 MPa. Duritatea pe scara Moh este cuprinsă între 5 și 7. Forțele de frecare

dintre roci sunt aproximativ aceleași la unghiuri de incidență a forței mai mici de 40 de grade. Rezistența mecanică este cu atât mai mare cu cât rocile din componență sunt mai grosiere (peste 50 mm).

**CALITĂȚI:** În subsol, straturile de pietriș formează filtre naturale pentru purificarea apei freactice. Fiind format din fragmene de roci expuse timp îndelungat la eroziune, pietrișul este practic o selecție naturală de roci foarte tari, rezistente la acțiunea apei. Se utilizează pentru suprafețe de uzură, sau expuse la intemperii. Fiind în majoritate roci cristaline, spărturile sau fragmentele polizate au un aspect decorativ, sticlos, strălucitor. Piatra de râu este un material de elecție în mediul rural, pentru șemineuri și coșuri de fum.

**DEFECTE:** Fiind formate din roci neconsolidate, depozitele de pietriș se comportă total imprevizibil în condiții de solicitare mecanică, fiind predispușe la dislocări sau alunecări de teren. În timpul mișcărilor tectonice formează un mecanism de rulment pentru straturile supra și subjacente, în special dacă sunt și infiltrate cu apă și noroi. Rocile din compoziție sunt neomogene, iar compoziția chimică poate fi diferită pentru mai multe eșantioane prelevate din același depozit, având ca rezultat un comportament mecanic și chimic diferit. Straturile de pietriș reprezintă un semnificativ factor de risc pentru sondele de foraj, necesitând injectare de ciment sau lianți pentru consolidare.

**REMEDII/RESTAURARE:** Pietrișul este materialul de bază pentru consolidarea drumurilor de pământ și pentru stratul de rezistență de la baza drumurilor modernizate. Rezistența amestecului pământ-pietriș depinde mai puțin de forma și dimensiunea rocilor, dar este în strânsă corelație cu tipul de rocă ce formează pietrișul (bazalt sau granit, versus calcar). Pietrișul format din roci magmatice este net superior celui format din roci sedimentare. Coloane de rocă sau pietriș se utilizează și pentru consolidarea solului de la fundația clădirilor mari, pentru a dirija drenajul apei, sau pentru a reduce riscul de lichefiere în caz de cutremur. Uneori, spărtura de rocă se depune în vadul râurilor pentru a se forma din acestea depozite artificiale de pietriș, cu scopul de a reabilita echilibrul ecologic (ecosistemul peștilor).

**DESCRIERE:** Pietrișul este un agregat de roci și fragmente de roci neconsolidate, rezultat în urma unor procese naturale de eroziune. În funcție de dimensiune se clasifică în: pietriș granular (cu fragmente între 2 și 4 milimetri), prundiș (cu fragmente între 4 și 70 milimetri), bolovăniș (fragmente de 70-200 milimetri). Dacă nu este sortat, din ochi se apreciază drept pietriș fin, mediu sau grosier. Cel mai cunoscut tip de pietriș este piatra de râu, depozitată pe malul apelor împreună cu nisipul, acolo unde curgerea este cea mai lină. În zonele de munte, pietrișul se aglomerează și la baza torentelor periodice de pe versanții abrupti, sau la baza unor foști ghețari de munte.

**GENEZĂ:** În majoritate, pietrișul se formează din stratul de rocă situat la baza unui curs de apă, prin dezintegrarea rocii sub acțiunea permanentă a apei. Inițial fracturate, fragmentele de rocă sunt apoi desprinse și rulate de curentul de apă, până când suprafețele se rotunjesc pentru a minimaliza frecarea. De cele mai multe ori, rocile sunt transportate de apă la zeci de kilometri față de locul în care s-au desprins din rocile parentale. La baza versanților și la coturile de râu, pietrișul se depune sub forma unor pături ce pot atinge uneori zeci de metri în grosime sau în lărgime. Pe planeta Marte a fost descris pietriș format exclusiv sub acțiunea de eroziune eoliană, în special a vârtejurilor ce antrenează nisip abraziv.

**PRODUSE COMERCIALE:** Pietrișul se utilizează ca rocă de rezistență pentru fundamentul drumurilor sau ca agregat în betoane. De multe ori este extrem de decorativ, mai ales după șlefuire. Piatra de râu, aleasă și lustruită se utilizează ca decor și rezistență pentru fațade sau garduri din piatră. Prundișul colorat se utilizează pentru alei și pentru ghivece, ca start decorativ. Pietrișul este stratul esențial pentru filtrarea și decantarea apei, atât în cazul pânzelor freactice, cât și în cazul bazinelor de purificare a apei. În ansamblu, pietrișul și nisipul formează circa 25 % din materialele utilizate în construcții, cu o cifră de afaceri anuală de ordinul miliardelor. Betoanele cu pietriș sunt mai puțin rezistente decât cele cu spărtură de bazalt sau calcar, raportul optim ciment/apă fiind în jur de 0,7-0,8/1.

**DEPOZITE MONDIALE:** În ciuda aparențelor și a prețului de cost (pe vremuri era complet gratuit), pietrișul în general și piatra de râu în special nu sunt rezerve nelimitate, deși se găsesc în albia oricărei albie de apă curgătoare de pe fața Pământului. Ca valoare a resursei materiale, piatra de râu se află în topul resurselor minerale, fiind compusă din roci valoroase, preselectate natural. Există tot mai mult tendința de a utiliza eroziunea naturală pentru producția de pietriș artificial, din spărtură de rocă amplasată în cursul râurilor, având și ca efect secundar regularizarea cursurilor de apă. Doar în SUA se utilizează anual în jur de un miliard de tone de pietriș din cele în jur de 6-7000 de depozite fluviale. Este probabil singurul tip de rocă exploatat în toate țările lumii.

**DIVERSE:** Pietrișul a reprezentat o atracție pentru om încă din epoca Paleolitică, rocile gata șlefuite fiind utilizate ca unelte sau arme. Doar în India au fost identificate peste 300 de așezări paleolitice, pe malul apelor, marcate de semne evidente de utilizare a pietrișului în viața cotidiană. Spărtura rezultată în urma producerii de pietriș artificial se poate utiliza ca amendament agricol pentru unele culturi de plante tehnice. De exemplu, producția de sorg a crescut cu circa 50 % după îmbogățirea solului cu elemente minerale din spărtură de piatră pentru pietriș. Toate drumurile au la bază un strat de pietriș, iar drumurile din piatră se acoperă doar cu pietriș. Doar în Rusia sunt peste 400 000 de kilometri de drumuri din piatră. Dopuri mari din pietriș se introduc în fântâni și puțuri de foraj pentru a forma un filtru natural în calea impurităților.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                      |   |    |
|----------------------|---|----|
| James Evans          | Sand and Gravel   |    |
| J. Lucius et all     | Using Surface Geophysics to Characterize Sand and Gravel Deposits               |    |
| S.M. Pasha et all    | Physical and mechanical properties of Gravel-Tire Chips Mixture                 |    |
| J. Wang et all       | Effects of Gravel Size and Content on the Mechanical Properties of Conglomerate |    |
| S. Goto et all       | Mechanical properties of undisturbed tone-river gravel                          |    |
| K.T. Chang et all    | Mechanical Properties of Gravel Deposits Evaluated by Nonconventional Methods   |    |
| T. Ozturan et all    | Effect of coarse aggregate type on mechanical properties of concretes           |    |
| Chen Wang et all     | Factors Affecting the Mechanical Properties of Cement-Mixed Gravel              | J. |
| De Graft et all      | Lateritic gravel evaluation for road construction                               |    |
| Yongsheng Yao et all | Effects of gravel content and shape on shear behaviour of soil-rock mixture     |    |
| P. Andreou et all    | Experimental study on sand and gravel columns in clay                           |    |
| Fabial Friedl et all | Erosion pattern of artificial gravel deposits                                   |    |
| A. Preet Kaur        | A review of Palaeolithical sites associated with gravel deposits in India       |    |
| Gerd Lutting         | Resources and reserves of European gravel deposits                              |    |
| A. Bondarenko et all | The Use of Waste From the Production of Gravel as Fertilizer                    |    |

# 41. Nisip

**COMPOZIȚIE CHIMICĂ:** SiO<sub>2</sub> 40-65 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 8-17 %, CaO 8-45 %, FeO 8-18 %, MgO 2-32 %, TiO<sub>2</sub> 1-9 %. Compoziția chimică este extrem de variabilă, în funcție de rocile parentale, dar în majoritatea cazurilor acestea sunt roci magmatice sau metamorfice, silicioase sau cuarțitice.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Cel mai frecvent component major din nisipuri este siliciul, sub formă de dioxid de siliciu, de cele mai multe ori în cristale de cuarț. Al doilea cel mai răspândit element este carbonul, sub formă de carbonat de calciu, în special ca aragonit sau calcit, format în cochiliile unor organisme marine. Următorul element ca frecvență este sulfura, sub formă de ghips și selenit. Restul mineralelor sunt diverși silicați de calciu și magneziu, oxizi de fier și titan, sau pământuri rare. Minerale mai rar întâlnite sunt: feldspat, magnetit, clorit, obsidian, siderit, olivină, glauconit, monazit, casiterit, diamant, safir, granați.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie a nisipurilor este între 1,4 și 2,08 g/cm<sup>3</sup>, ca urmare a volumului ocupat de aer. Porozitatea medie pentru nisipul de râu este situată între 6 și 48 % fiind determinată în primul rând de roca parentală. Adsorbția apei este în medie între 2,5 și 3 %, iar permeabilitatea pentru apă nu se poate exprima prin legea lui Darcy, dar se estimează a fi între un nanometru și un milimetru pe secundă. Nisipul se topește la temperaturi începând de la 1650-1700 grade Celsius.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Granulele de nisip sunt de obicei formate din minerale cu proprietăți mecanice bune, dar în ansamblu nisipul reacționează plastic sub acțiunea forțelor de compresiune sau tracțiune și forfecare. Consolidat cu adezivi naturali, nisipul poate suporta sarcini compresive de până la 60 MPa. Granulele au duritate între 5 și 7 pe scara Moh, cel mai abraziv fiind nisipul format exclusiv din cristale de cuarț. Nisipurile coraligene și calcaroase au în schimb adezivitate maximă și proprietăți excelente ca balast în betoane.

**CALITĂȚI:** Nisipul este o resursă importantă pentru numeroase industrii, este un bun izolator termic și fonic, are duritate mare și este un bun schimbător de ioni. Nisipul se găsește din abundență, la suprafață, este ușor de exploatat. Nisipul poate fi transportat la distanțe medii, în conducte, anernat de apă. Este în mare măsură inert față de substanțele chimice organice și anorganice. Reprezintă o sursă ieftină pentru siliciu sau carbonați de calciu. Este ușor de consolidat cu aproape orice tip de liant sau adeziv. Este un bun abraziv. Pornind de la nisip selectat, se poate sintetiza aproape orice tip de rocă artificială, sau se pot trage fibre minerale.

**DEFECTE:** Solurile nisipoase se comportă imprevizibil sub acțiunea stress-urilor mecanice, în special dacă sunt îmbibate cu apă. În timpul mișcărilor tectonice reacționează plastic, sau formează un mecanism de rulment pentru structurile suprajacente. Este supus eroziunii hidro-eoliene și chimice. Are compoziție chimică, granulație și proprietăți fizico-chimice distribuite neomogen. Poate fi antrenat de vânt pentru a fi

transportat la distanțe de sute, sau chiar mii de kilometri. Pulverizat în aer este un important factor de poluare și o noxă cu potențial silicogen.

**REMEDII/RESTAURARE:** Când este necesar, nisipurile pot fi consolidate mecanic cu pietriș, sau chimic cu lianți: ciment, oxid de calciu, argile, rezine, epoxid, fenol-formaldehidă, uree-formaldehidă, furan, poliuretan, poliacrilamidă, gudron, asfalt, cauciuc sintetic, celuloză, amidon. Nisipul se utilizează uneori pentru a schimba geografia coastelor marine, prin formarea de insule sau recifuri artificiale. Extragerea nisipului din ape afectează numeroase specii de nevertebrate, sursa de hrană pentru pești și fauna marină. Pe cursurile fluviale, bancurile de nisip colmatează vadul navigabil și schimbă cursul natural al apelor producând uneori inundații masive. Solurile nisipoase se pretează pentru culturi de pepeni, piersici sau arahide. Prin adaos de fertilizanți minerali, în nisip se pot cultiva plante precum porumbul, trifoiul sau iarba grasă. Circa 70 % dintre rezervele mondiale de petrol sunt conținute în rezervoare naturale slab consolidate astfel că fluidele extrase sunt contaminate cu nisip. O soluție modernă de consolidare a acestor rezervoare este prin injectarea de substanțe chimice ce formează cu nisipul polimeri minerali și microgeluri ce se fixează în pori și formează o peliculă protectoare, rezistentă prin tensiunea superficială creată între particule.

**DESCRIERE:** Nisipul este o rocă sedimentară neconsolidată, formată prin sfărâmarea unor roci sau fragmente mineralizate ale unor organisme marine. Granulele ce formează nisipul au dimensiunea cuprinsă între 0,074 și 4,75 milimetri (0,1 - 2 mm în alte clasificări). Particulele mai mici se descriu ca argilă și lut, iar cele mai mari se încadrează la denumirea de pietriș. Din ochi, nisipul se apreciază ca fiind: foarte fin (1/16 - 1/8 mm), fin (1/8 - 1/4 mm), mediu (1/4 - 1/2 mm), grosier (1/2 - 1 mm) și foarte grosier (1-4 mm). Solul se numește ca nisip atunci când conține mai mult de 85 % nisip. În funcție de proprietățile fizico-chimice și modul de utilizare, se disting diverse varietăți de nisip industrial: abraziv, pentru emailat, pentru filtrare, pentru matrițe, pentru sticlă, pentru siliciu. Cu ochiul liber, nisipul are o culoare alb sau galben opalin spre portocaliu, cu diferite nuanțe de gri, cenușiu, roșcat sau maroniu. Sub microscop însă, în funcție de proveniență se pot distinge fragmente de scoică, coral, sticlă, cristale minerale, rocă vulcanică. Nisipul lunar este format din granule portocalii de rocă vulcanică, cu aspect de zahăr candel (în absența eroziunii hidro-eoliene). Unele nisipuri pot conține mici pepite, sferule metalice sau pietre prețioase.

**GENEZĂ:** Nisipul natural se formează prin acțiunea de eroziune a apei și vântului asupra unor fragmente de roci desprinse din stâncărie sau cochilii marine, fragmente ce suferă și transformări chimice prin contactul nemijlocit cu alte elemente chimice. Atunci când fragmentele sunt transportate de apă sau vânt, au forme mai rotunjite și suprafețe lustruite. Nu rare ori, nisipul se cimentează pentru a forma gresii, urmând ca acestea să fie din nou sfărâmate până la nisip. Aceste cicluri se pot repeta, uneori de mai multe ori, singurele cristale rămase intacte fiind cele de cuarț. Un astfel de ciclu poate dura până la 200 de milioane de ani. Nisipul transportat de ape se acumulează sub formă de bancuri, fiind ușor de exploatat. Un tip particular este nisipul de pe coastele marine, format mai ales din cochilii sfărâmate sub acțiunea valurilor. Nisipul artificial se produce prin măcinarea rocilor, de obicei ca rezid după extragerea de elemente chimice valoroase. Nisip pentru construcții se produce uneori prin măcinarea unor roci carbonatate, cum este coquina.

**PRODUSE COMERCIALE:** Nisipul este un excelent material de construcție, un filtru natural de cea mai bună calitate, materie primă pentru producția de sticlă și gresie artificială. Nisipul este aproape nelipsit din betoane (până la 25 %) și este utilizat pe scară largă ca abraziv. În turnătorie, nisipul comprimat se utilizează pentru matrițe și forme. Nisipul silicios se utilizează în instalații de șlefuire de tip sand-blasting. Straturi groase de nisip sunt necesare pentru bazinele de filtrare și purificare a apei potabile.

**DEPOZITE MONDIALE:** Nisipul este răspândit inegal pe suprafața Pământului, fiind mai bogat în zonele de coastă și în regiunile carstice. Marile deșerturi nu conțin nisip decât la suprafață, în profunzime fiind formate din roci mai mult sau mai puțin fragmentate. De exemplu, Sahara conține doar 15 % nisip, restul de 85 % fiind roci (70 %) și praf (15 %). Lista marilor deșerturi ale planetei continuă cu: Africa (Libian, Kalahari,

Namibia), America de Nord (Baja, Mojave, Sonora, Yuma, Nevada), America de Sud (Atacama, Patagonia), Asia (Gobi, Sinai, Sirian, Turan), Australia (Victoria, Marele Deșert). Urmează apoi depozitele de nisip de pe coastele mărilor și oceanelor. Nu în ultimul rând, este nisipul din vadul fluviilor și râurilor.

DIVERSE: În Dubai (Emiratele Arabe Unite) au fost deplasate peste 800 de milioane de tone de nisip, doar pentru a forma o insulă artificială în formă de palmier, pentru un cartier rezidențial de lux. Pe toate plajele lumii, copii se joacă cu lopăți în nisip, dar uneori adulții se prind în joc și castelele iau proporții monumentale. Câteva dintre cele mai serioase competiții pentru castele din nisip se organizează la: Imperial Beach (California), Port Huron (Michigan), Hampton Beach (New Hampshire), Hanalei (Hawaii), Zandvoort aan Zee (Olanda), Weston Super Mare (Anglia), Magdalen Islands (Quebec), Surfers Paradise (Queensland). Există numeroase jocuri și aplicații video, pentru creativitate artistică cu nisip colorat.



#### BIBLIOGRAFIE:

- |                      |   |
|----------------------|---|
| F. Perrijohn et al   | Sand and sandstone  |
| W.M. Weigel          | Technology and Uses of Silica and Sand  |
| Roy Frings and all   | Verification of porosity predictors for fluvial sand-gravel deposits              |
| N. Soundarya         | Physical and chemical properties of sea sand                                      |
| J. Tedrow            | Properties of sand and silt fractions in New Jersey soils                         |
| S. Hasdemir et al    | The effect of natural sand composition on concrete strength                       |
| F. Pergamalis et al  | Mineralogical and chemical composition of sand ore deposits in Peramos            |
| Sourabh Mishra et al | Chemical Sand Consolidation   |
| F. Alakbari et al    | Chemical sand consolidation: from polymers to nanoparticles                       |
| D. Crapps et al      | Some Chemical Aspects of Rapid Sand Filtration                                    |
| S. Smith et al       | Comparison of Nutrient Solutions for Growth of Plants in Sand Culture             |
| Leo Laine et al      | Derivation of Mechanical Properties for Sand                                      |
| T. Yun et al         | Mechanical properties of sand, silt and clay containing tetrahydrofuran hydrate   |
| Hamid Khatami        | Improving mechanical properties of sand using biopolymers                         |
| J. Liu et al         | Influence of freeze-thaw cycles on mechanical properties of a silty sand          |
| R. Peterson          | Ecology and Management of Sand Shinnery Communities                               |
| A. Pearse et al      | Ecology of Sand Beaches at Beaufort, N.C.   |
| Ha-Lin Zhao et al    | Shrub facilitation of desert land restoration in the Horquin Sand Land            |
| Sun Hwa Hong et al   | Restoration of eroded coastal sand dunes using plant and soil conditioner mixture |

## 42. Cenușă vulcanică

**COMPOZIȚIE CHIMICĂ:** SiO<sub>2</sub> 55-69 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6-19 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2-22 %, MgO 1-14 %, CaO 1-3 %. Mai poate conține: Na, K, F, Cl, SO<sub>4</sub>. Împreună cu cenușa se expulzează volume importante de apă, bioxid de carbon, hidrogen, dioxid de sulf, hidrogen sulfurat, monoxid de carbon, acid clorhidric, sulf și halogeni. În total, mai mult de 55 de elemente chimice pot fi prezente în materialul piroclastic.



**COMPOZIȚIE MINERALOGICĂ:** Conține în principal fragmente de sticlă, feldspat plagioclaz, piroxeni, olivină, magnetit, ilmenit, hornblendă, hipersten, augit, magnetit, biotit, apatit, olivină, allophane, imogolit, caolin.

**PROPRIETĂȚI FIZICE:** densitatea medie este între 1,2 și 2,65 g/cm<sup>3</sup>, în funcție de porozitatea particulelor, cu limite extreme între 1 și 46 %. Calculată fracționat, densitatea poate fi: 0,7-1,2 g/cm<sup>3</sup> pentru pumice, 2,3-2,5 g/cm<sup>3</sup> pentru sticlă, 2,7-3,3 g/cm<sup>3</sup> pentru cristale și roci. Absorbția apei este semnificativă, între 10 și 25 %, cu o permeabilitate pentru apă între 1 și 500 miliDarcy. Cenușa vulcanică este acidă, cu un PH între 3 și 4.

**PROPRIETĂȚI MECANICE:** Cenușa vulcanică neconsolidată se comportă plastic, cu o rezistență la compresiune de maxim 2-10 MPa și o rezistență la tracțiune între 0,1 și 0,9 MPa. După consolidare, mortarul constituit cu cenușă vulcanică poate atinge rezistențe la compresiune de până la 40 MPa. Pentru pumice rezistența la compresiune este între 5 și 30 MPa, în funcție de porozitate (60-90 %). Duritatea fragmentelor de sticlă este între 5 și 6 pe scara Moh.

**CALITĂȚI:** Cenușa vulcanică este bogată în elemente minerale nutritive pentru plante. Din cenușa vulcanică, se dezvoltă andisoluri, bogate în fosfor și azot, favorabile pentru agricultură. În mod natural, peisajul dezolant rămas în urma unei expulzii, cu timpul se transformă într-un adevărat paradis vegetal. În cantități mici, cenușa vulcanică se poate utiliza ca amendament agricol. Cenușa vulcanică poate fi un liant ieftin și valoros, cunoscut încă din antichitate sub denumirea de pozzolana.

**DEFECTE:** Erupțiile piroclastice acoperă mari suprafețe cu material piroclastic cu efect letal asupra tuturor formelor de viață animală sau vegetală. Chiar și după clarificarea completă a atmosferei, zonele afectate sunt incompatibile cu viața. Cenușa inhalată produce aproape instantaneu edem pulmonar și asfixie. Praful vulcanic este un bun conducător de electricitate și distruge toate aparatele electrice, sau liniile de înaltă tensiune. În timpul erupției este blocat tot traficul aerian. Clădirile pot fi incendiate, sau se prăbușesc sub greutatea materialului depus. Sticla din rocile piroclastice se alterează în timp, dar timpul de înjumătățire este situat în medie între 1650 și 5000 de ani.

**REMEDII/RESTAURARE:** Solurile formate din cenușă (andisoluri) au o mare capacitate de reținere a apei, acumulează mult humus în stratul superficial și au mare afinitate pentru cationii multivalenți. Andisolurile rezultate sunt acide și bogate în alofan, un mineral filisilicat rezultat prin alterarea hidrotermală a cenușei

vulcanice ce formează o pudră albă, ceroasă, formată din sferule sau poliedre cu diametrul de 50 Angstromi. Studiul depozitelor sedimentare marine a identificat frecvent starturi de cenușă vulcanică, semn că astfel de evenimente au fost frecvente la scara istoriei geologice. Fierul din cenușa vulcanică joacă un rol important în dezvoltarea planctonului.

**DESCRIERE:** Cenușa vulcanică este o parte componentă a rocilor vulcanice de dimensiuni mici expluzate în cursul unei erupții, cunoscute sub denumirea de roci piroclastice. Fragmentele cele mai mari de rocă, cu diametru mai mare de 7 cm se numesc blocuri sau bombe vulcanice iar prin consolidare formează breccii vulcanice. Fragmentele cu dimensiune între 2 mm și 70 mm sunt denumite lapilli, iar prin consolidare formează tuff vulcanic. Cenușa vulcanică este formată din particulele cu diametru mai mic de 2 milimetri și prin consolidare formează tot tuff vulcanic. Cenușa cea mai fină, denumită și praf vulcanic este formată din particule cu dimensiunea mai mică de 0,063 milimetri (1/16 mm). În totalitate, materialul depus în urma unei explozii vulcanice se numește ca tephra. Cenușa vulcanică este de obicei albă cenușie, sau de culoare verde închis spre negru. Nu trebuie confundată cu cenușa rezultată prin arderea lemnului, bogată în negru de fum (C 5-30 %), carbonat de calciu (Ca 7-33 %) și oxizi de potasiu (3-4 %) sau magneziu (1-2 %), cu PH alcalin.

**GENEZĂ:** Cenușa vulcanică se formează în cursul erupțiilor explozive, atunci când magma vulcanică este aruncată violent în atmosferă sub presiunea enormă a gazelor dilatate. În momentul expulziei, ca urmare a decompresiunii bruște, magma topită se împrăștie exploziv. Fragmentarea se produce atunci când bulele de gaze din magma topită depășesc 80 % din volum. Stropii de magmă ajung în atmosferă unde vaporii și picăturile fierbinți se răcesc pentru a se solidifica în mici fragmente de sticlă și rocă vulcanică. Fenomenul este amplificat atunci când magma vulcanică traversează pânze de apă freatică, și presiunea vaporilor de apă se adaugă la cea a gazelor vulcanice pentru a forma erupții freato-magmatice. Ajunsă în atmosferă, cenușa este purtată de vânt la mari distanțe ce pot atinge uneori mii de kilometri. În cursul istoriei au existat erupții ce au purtat cenușa vulcanică în jurul globului.

**PRODUSE COMERCIALE:** Cenușa vulcanică se utilizează mai ales ca agregat în betoane și mortaruri. Din cenușă se pot fabrica și cărămizi ușoare de tip BCA (are proprietăți pozzolanice). Cenușa vulcanică consolidată, sub formă de pumice sau scoria se utilizează pentru materiale refractare sau adsorbente. Cenușa vulcanică poate fi inclusă în diferite formule de materiale ceramice (pentru glanț) și geopolimeri. Peste 90 de patente WIPO (World Intellectual Property Organization) se referă la produse ce conțin cenușă vulcanică.

**DEPOZITE MONDIALE:** Nu toate erupțiile vulcanice sunt la fel de bogate în material piroclastic. Câteva exemple reprezentative sunt: Krakatau (Indonezia), Omo Kibish Rock (Etiopia), Mount Erebus, Mount Terror, Mount Bird și Mount Haddington (Antarctica), Paektu Mountain (Coreea de Nord), Heard Island și McDonald Island (Australia), Muntele Vezuviu și Muntele Stromboli (Italia), Muntele St. Helen (SUA), Vulcanul Chaiten (Chile), Muntele Laki (Islanda), Mount Ruapehu (Noua Zeelandă). Erupțiile de magmă bazaltică expulzează până la 100 000 m<sup>3</sup> de material piroclastic, în timp ce erupțiile de magmă riolitică sau dacitică pot expulza până la un miliard de metri cubi de material piroclastic.

**DIVERSE:** Denumirea de tephra provine din limba Greacă cu semnificația de cenușă, iar cea de rocă piroclastică provine de la cuvintele pyr (foc) și klastos (sparte) cu semnificația de roci sparte în foc. Romanii însă au fost cei care au utilizat cenușa vulcanică în mortaruri, exemple reprezentative fiind Forumul și Piața lui Traian. Mayașii au produs din cenușă ceramică tradițională încă din primul mileniu îen. Expulzia de cenușă vulcanică are un impact major asupra mediului: aerul devine irespirabil, sunt distruse toate instalațiile electrice și de comunicații, plantele își pierd capacitatea de fotosinteză, sunt poluate apele de suprafață și pânzele freactice, în cazul apelor oceanice fierul poate determina o creștere explozivă a planctonului urmată de eutrofizare (consumă tot oxigenul din apă). Pădurile acoperite de cenușă vulcanică suferă un proces de silicificare, sau chiar petrificare după mii de ani. Un exemplu reprezentativ sunt pădurile pietrificate din Munții Gallatin din Parcul Yellowstone. Cenușa vulcanică este un excelent mediu de conservare, uneori



ascunzând orașe întregi, cum a fost cazul la Pompei sau Herculaneum.



#### BIBLIOGRAFIE:

- G. Heiken Volcanic ash: what it is and how it forms  
 Grant Hieken Atlas of Volcanic Ash  
 Zimanowski et all The volcanic ash problem  
 Thomas Casadevall Volcanic Ash and Aviation Safety  
 M. Butwin et all Properties of dust source material and volcanic ash in Iceland  
 J. Djobo et all Mechanical properties and durability of volcanic ash based geopolymer  
 M. Nanzyo et all Physical Characteristics of Volcanic Ash Soils  
 Stephanie Claudia Unique Properties of Volcanic Ash Soils  
 S. Shoji et all Volcanic Ash Soils, Genesis, Properties and Utilization  
 Van Ranst et all Andisols on volcanic ash from Java Island, Indonesia  
 S.R. Gislason et all Characterization of volcanic ash particles and a protocol for rapid risk assesment  
 S. Duggen et all The role of airborne volcanic ash for the surface ocean biogeochemical iron-cycle  
 P. Frogner et all Fertilizing potential of volcanic ash in ocean surface water  
 Baumgarten et all Microstructural development in volcanic ash soils from South Chile  
 P. Lemougna et all Review on the use of volcanic ashes for engineering applications  
 J. Dehn et all Volcanic Materials in Commerce and Industry  
 C. Leonelli et all Volcanic ash as alternative raw materials for traditional vitrified ceramic products  
 M. Jackson et all Mid-Pleistocene pozzolanic volcanic ash in ancient Roman concretes  
 C. Ballhaus et all The silicification of trees in volcanic ash  
 P. Young et all Gallatin Petrified Forests