



Torino. Passeggiata geoturistica da Piazza Carlo Felice a Piazza Castello

A cura di: **Alessandro BORGHI** (1),
Gian Carlo PEROSINO (2).
Mario TRIBAUDINO (3),
Patrizia ZACCARA (2),

(1) Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino.

(2) C.R.E.S.T. - Centro Ricerche in Ecologia e Scienze del Territorio (To).

(3) Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Parma.

Torino, maggio 2012

Geocittà è una *passeggiata turistica-geologica* nel centro storico di **Torino**, lungo un percorso di poco meno di due chilometri, della durata di 2/3 ore e che si articola come illustrato nelle mappe riportate nella pagina seguente. È anche una passeggiata che racconta alcuni momenti importanti della storia della città, descritta dai suoi principali palazzi e monumenti, ma anche della storia naturale che, in tempi di decine e di centinaia di milioni di anni, ha visto la formazione delle **Alpi**.

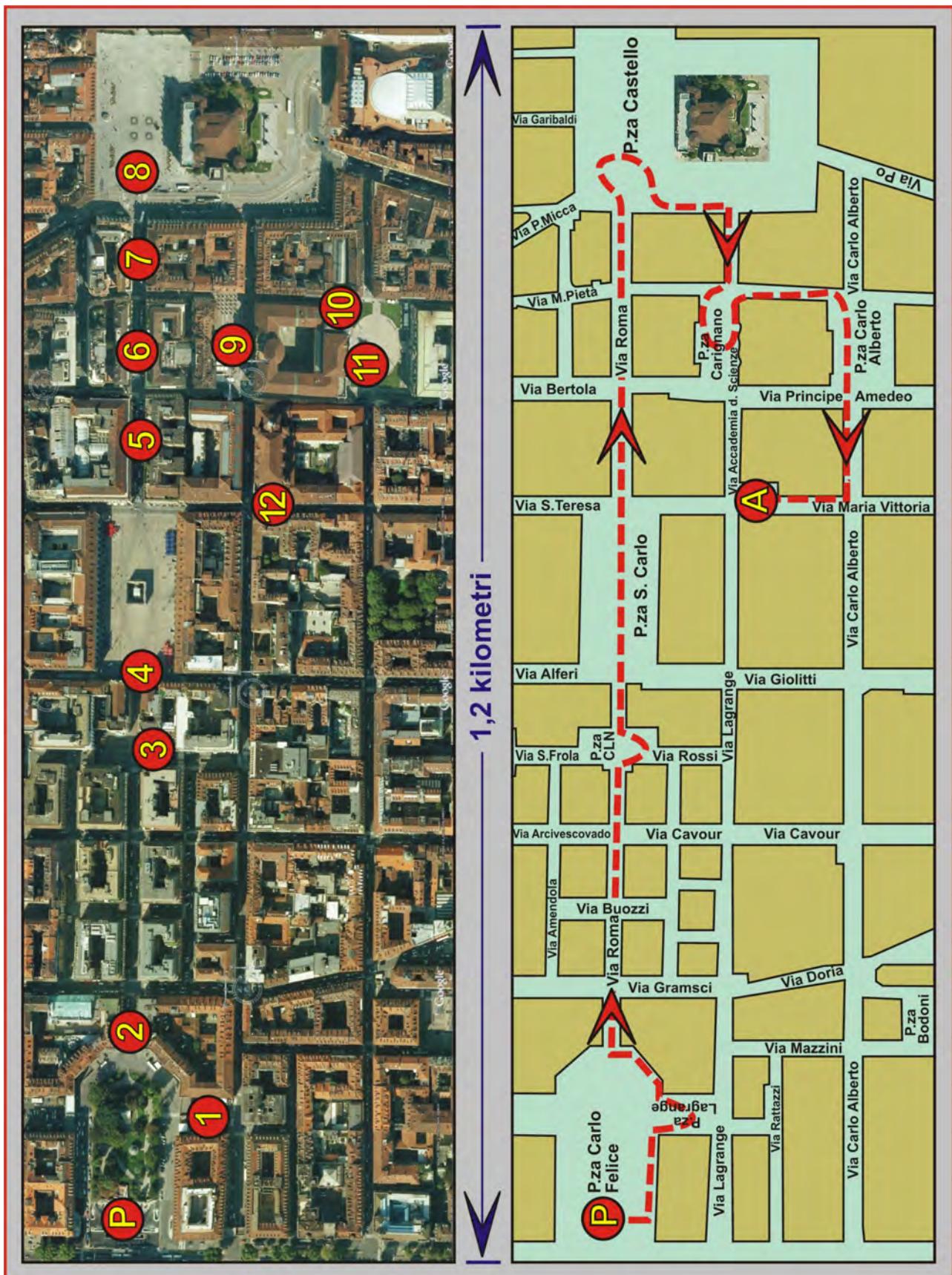
Le montagne che circondano il **Piemonte** sono costituite da un'ampia varietà di materiali lapidei (**rocce**), caratterizzati da una moltitudine di forme, disegni, colori, sfumature,... che sono il risultato di un ricco insieme di processi geologici quali conseguenze dei lenti ma continui movimenti delle masse continentali sulla superficie terrestre, della scomparsa e della formazione di oceani, della demolizione e ricostruzione dei rilievi montuosi. Ma varietà dei materiali significa anche una notevole diversità di caratteri fisici, quali densità, consistenza, robustezza, durezza, resistenza agli agenti esogeni,...

Le Alpi, proprio per la loro lunga e complessa storia, offrono ampie possibilità di scelta delle cosiddette “**pietre da costruzione**”, in funzione di esigenze sia estetiche/ornamentali, sia strutturali; esse sono state pertanto ampiamente utilizzate per i palazzi storici e per i monumenti di Torino.

Per il geologo, il naturalista, il curioso, lo studente, il turista, il viaggiatore,... passeggiare per il centro storico di Torino significa anche una ghiotta occasione per calpestare ed osservare graniti, porfidi, gneiss, marmi, calcari,... quasi una sorta di ricca collezione esposta in un “museo” all’aperto.

Nella passeggiata che proponiamo si avrà modo di osservare oltre 30 rocce diverse, provenienti quasi tutte da località delle Alpi e qualcuna anche degli Appennini. Oltre a 5 tipi di gneiss, tra i materiali più utilizzati, troveremo due graniti, sei varietà di marmo, cinque calcari ed il travertino e poi ancora varie rioliti (porfidi), quarziti e qualche esempio di diorite, sienite, oficalce, prasinite,... che, nell’insieme, costituiscono solo una parte della ricca “collezione” delle pietre da costruzione che si possono ammirare nel centro storico della città di Torino.

Buona passeggiata

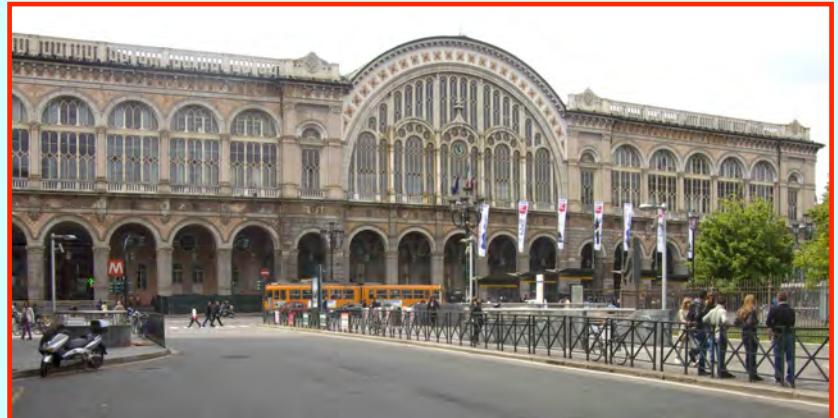


L'escursione "geocittà" inizia dal **punto di ritrovo** (P) di fronte alla **stazione ferroviaria Porta Nuova**, in corso Vittorio Emanuele II, tra via Paolo Sacchi e via Nizza, di fronte alla **piazza Carlo Felice**, intitolata a Carlo Felice di Savoia (re del Regno di Sardegna).

Porta Nuova è la terza grande stazione italiana, con oltre 50 milioni di frequentatori l'anno e più di 300 treni al giorno.

Nel **1861** iniziarono i lavori di costruzione della stazione, su progetto di Alessandro MAZZUCCHETTI che imponeva uno stile coerente con quello dei palazzi e dei monumenti dell'antistante piazza Carlo Felice.

Nell'anno dell'Esposizione Universale (1911) furono eseguiti lavori di ampliamento per rendere la stazione idonea a ricevere i numerosi visitatori. Nel 1940 furono introdotte importanti modifiche: un grande edificio su via Nizza, una nuova copertura in cemento armato nell'atrio e una seconda facciata vetrata interna sul fronte principale.



le. Successivamente furono realizzate le due gallerie che fiancheggiano l'edificio.

Nel 1951 fu costruita la galleria di testa, larga 30 metri e lunga 150, con struttura portante costituita da 33 capriate a traliccio e con profilo a ginocchio in senso trasversale.

Osservando la facciata della stazione dal punto di ritrovo sono evidenti i cinque ingressi che consentono l'accesso all'atrio, da dove si prosegue lungo due assi opposti e paralleli fino al fronte binari.

La **piazza Carlo Felice** fu realizzata nel **1861** sui disegni dell'architetto francese Jean Pierre Barrillet DESCHAMPS. È contornata da palazzi ottocenteschi con portici progettati da Giuseppe LEONI, Giuseppe FRIZZI e Carlo PROMIS che, sul lato Nord, si raccordano con la via Roma con un'esedra semicircolare.

Al centro della piazza domina il *Giardino Sambuy*, recintato, organizzato su pianta regolare, movimentato con ondulazioni del terreno e con vialetti in porfido.



La prima tappa è la piccola Piazza Lagrange (**sito di osservazione 1**), sulla destra della piazza Carlo Felice, lasciando alle spalle la stazione Porta Nuova, dove è presente il monumento dedicato a **Giuseppe Luigi Lagrange**, matematico che visse dal 1736 al 1813. È una scultura di Giovanni ALBERTONI, inaugurata nel 1867 (**1a**).

Il monumento è costituito da materiale carbonatico, probabilmente **marmi** bianchi piemontesi, meno pregiati di quelli cavati in Toscana. Sulle Alpi occidentali sono presenti piccole lenti di marmi bianchi a Chianocco, Forno, Pont Canavese in provincia di Torino e nel Monregalese, presso Mondovì, in provincia di Cuneo. Osservando nel dettaglio il monumento (in particolare il



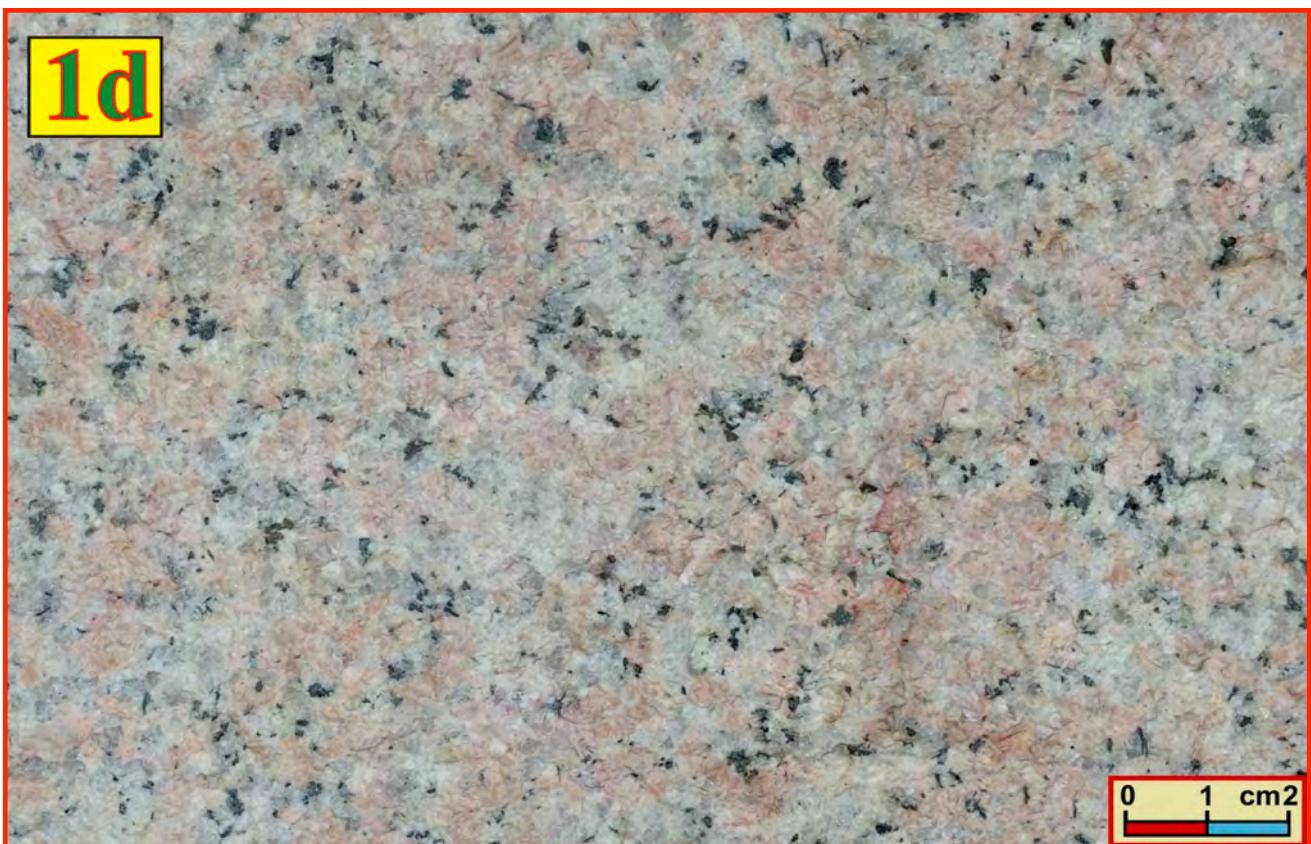
cappotto "indossato" da Lagrange; **1b**) potrebbe essere costituito da **marmo bianco di Frabosa** (provincia di Cuneo), roccia caratterizzata da una grana fine, facilmente lavorabile e simile a quello delle Alpi Apuane.

Molte rocce derivano da processi di trasformazione di preesistenti materiali in zone più o meno profonde della crosta terrestre, dove vengono sottoposti a forti pressioni ed elevate temperature (*metamorfismo*). Sono condizioni che comportano modificazioni dei minerali che compongono le rocce coinvolte, talvolta semplicemente orientandoli nello spazio in modo diverso o anche trasformandoli in altri minerali, seppure con composizione chimica identica o molto simile. *I marmi sono rocce metamorfiche che derivano da trasformazioni di originarie rocce calcaree*, cioè materiali sedimentari particolarmente ricchi di carbonati.



Il basamento, nel quale è inciso il titolo del monumento (1c), è in **granito rosa di Baveno** (affiorante presso il lago Maggiore, nel Verbano-Cusio-Ossola; 1d), materiale magmatico intrusivo molto utilizzato soprattutto a partire dall'800, da quando cioè si svilupparono le tecnologie adatte per la sua lavorazione.

Il **granito** è una roccia magmatica intrusiva sialica, molto utilizzata come pietra da costruzione e ornamentale. È una roccia *magmatica* perché deriva dal raffreddamento di magmi (rocce allo stato fuso) che si formano nella crosta terrestre ed anche più in profondità.



Il **granito** è una roccia *intrusiva* perché il raffreddamento è avvenuto nelle zone profonde della crosta, permettendo quindi una “lenta” solidificazione, tale da consentire la formazione di cristalli ben evidenti e che appaiono come un mosaico di macchie colorate. È una roccia *sialica* perché i minerali che la compongono sono i silicati più ricchi di silicio e di ossigeno: nel granito della base del monumento a Lagrange domina l'ortoclasio (feldspato) con evidente colorazione bianco-rosata; il quarzo è il secondo minerale in ordine di abbondanza, con cristalli grigio-chiaro e con aspetto “vetroso”. Le macchie nere sono cristalli di biotite, una mica appartenente alla famiglia dei fillosilicati; osservandoli da vicino mostrano l'aspetto di piccole lamine piatte, sovrapposte e con lucentezza metallica.

Dal lato Nord della piazza Carlo Felice (sito 2) si apre la **via Roma**, la più importante strada del centro storico di Torino (2a) e che conduce alla piazza Castello, passando attraverso piazza San

Carlo. Orientata sull'asse Nord-Sud, percorre parallelamente il reticolo di impostazione romana dell'antica *Julia Augusta Taurinorum*.



Voluta dal duca Carlo Emanuele I di Savoia e su progetto di Ascanio VITTOZZI, la **via Roma** (larga 10 metri), alla sua apertura (fine secolo XVI), venne battezzata *Via Nuova* o *Contrada Nuova* e divenne subito uno dei principali assi della città.

Nel 1871 la via venne dedicata a Roma e già allora era molto caotica e trafficata. Divenne quindi necessario un rilevante intervento di ampliamento.

La prima fase dell'intervento risale al 1931 e riguarda il tratto che collega le due piazze Castello e San Carlo. Furono ricostruiti gli edifici dotandoli di ampi portici completamente pavimentati da marmi policromi di esclusiva provenienza italiana. Questa prima tratta venne aperta al pubblico nel 1933.

L'intervento sul secondo tratto tra le piazze San Carlo e Carlo Felice fu completato nel 1937 e fu caratterizzato da un'architettura decisamente razionalista.

I portici presentano una trabeazione continua con colonne binate in accordo con quelli di piazza San Carlo.



L'antica via Roma come ancora appariva all'inizio del Novecento



Inaugurazione del secondo tratto della "nuova" via Roma (1938)

In questo primo tratto della via Roma (**sito 2**) sono caratteristiche le colonne dei portici, disposte a coppie (**2b**). Le colonne sono monoliti (blocchi di pietra unitari) alti 8 metri, costituiti da **gneiss** provenienti dalla media Valle Ossola (**2c**).



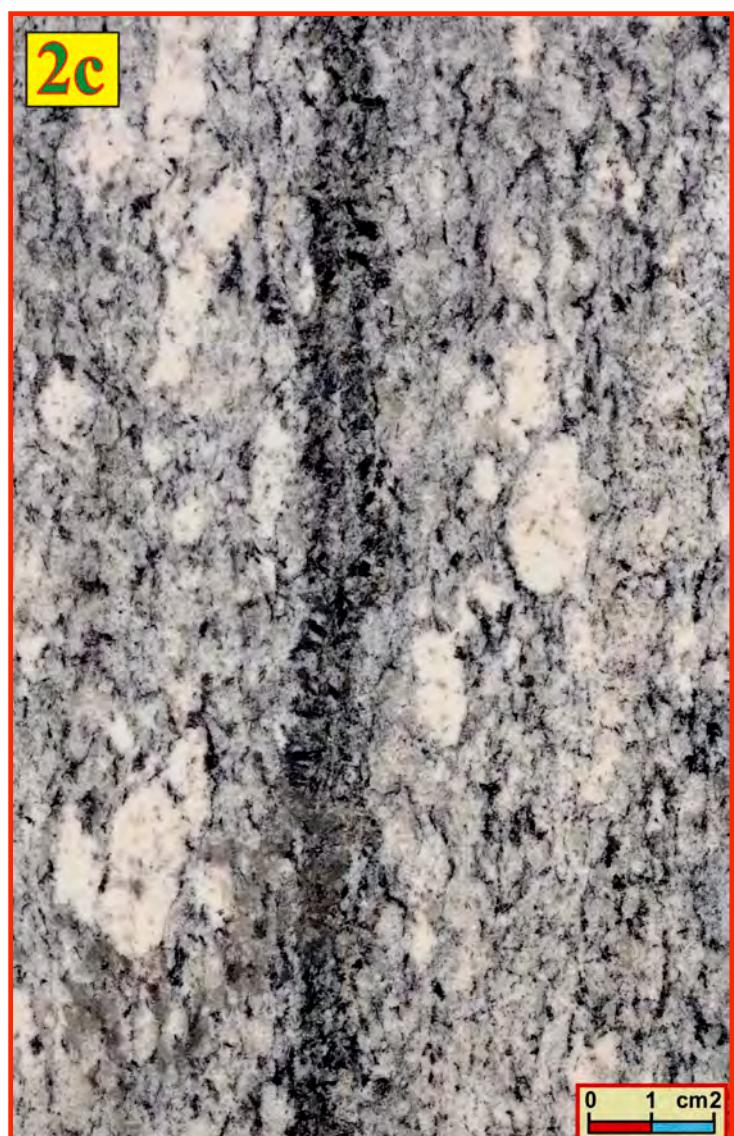
Circa 60 milioni di anni fa, i continenti Europa e Africa si fronteggiavano separati da un mare (Tetide) molto più grande dell'attuale Mediterraneo e con fondali costituiti da crosta oceanica ricoperta da abbondanti sedimenti derivanti dalle terre emerse confinanti. I due continenti iniziarono a muoversi l'uno contro l'altro, con formazione dei primi rilievi delle Alpi. Tale processo (*orogenesi alpina*) è continuato per decine di milioni di anni, permettendo alla catena alpina di assumere, circa 15 milioni di anni fa, una conformazione simile a quella attuale. Il sollevamento delle Alpi continua ancora oggi, seppure in modo più blando, al ritmo medio di quasi un millimetro all'anno, tuttavia annullato dai processi di disfacimento ad opera degli agenti esogeni (acqua, neve, ghiaccio, vento,...).

Dunque gran parte dei materiali rocciosi delle Alpi sono quelli della crosta e dei sedimenti di quel mare che separava i continenti Europa e Africa; ad essi si aggiungono altri, derivati dal raffreddamento di magmi più o meno profondi o erutti dai vulcani. Tutti questi materiali sono stati "compressi" dalle due enormi masse continentali in reciproco avvicinamento, sono stati "piegati", "sollevati" e "trasportati" sul margine meridionale del continente europeo a formare Alpi ed Appennini. Ancora oggi si verificano tali movimenti e sono responsabili dei terremoti che si manifestano in alcune zone d'Italia.

Si comprende quindi che la storia geologica delle Alpi è molto complicata e che i materiali che le compongono sono stati sottoposti a impressionanti azioni di "strettolamento" tettonico: compressi, traslati, spinti in profondità oppure innalzati, piegati, spezzati, scaldati,... In tali condizioni si comprende anche la ragione per cui le rocce metamorfiche sono le più frequenti nelle Alpi ed in particolare proprio gli **gneiss**, le pietre da costruzione più ampiamente diffuse.

Lo **gneiss** è una roccia metamorfica, che deriva dalla trasformazione di altre rocce a prevalente composizione sialica, costituite da minerali silicatici con abbondanti silicio, alluminio e ossigeno e scarsi elementi ferromagnesiani come ferro e magnesio, per esempio come quelli del succitato granito alla base del monumento a Lagrange (**1d**).

Quando i materiali originari, durante la formazione delle catene montuose, vengono sottoposti ad innalzamento della temperatura (diverse centinaia di gradi) essi divengono più duttili, consentendo ai minerali che li compongono la possibilità di variare la loro posizione all'interno della roccia. Sono soprattutto i minerali a forma



piatta o allungata che, sotto l'azione di imponenti pressioni che si sviluppano lungo direzioni preferenziali, assumono più o meno lo stesso orientamento, che viene successivamente "congelato" man mano che la roccia, ormai metamorfosata, viene portata ad emergere in superficie, con un aspetto finale, più o meno evidente, indicato con il termine "scistosità": la parola "gneiss" nacque alla fine del '700 per indicare una roccia che aveva minerali orientati lungo piani paralleli.

Gli **gneiss** delle colonne di via Roma (2c) si sono sviluppati da rocce granitiche o similari e con presenza di anfiboli (minerali silicatici di forma allungata) in ambienti ad alta temperatura ($500 \div 700$ °C) e a media pressione (centinaia di migliaia di atmosfere, cioè ad una decina di chilometri di profondità nella crosta terrestre). Il quarzo (grigio chiaro), i feldspati (plagioclasio bianco "lattescente" e ortoclasio con sfumature rosate) e la mica-biotite (nera), per azione del metamorfismo sono orientati secondo piani paralleli all'estensione verticale delle colonne. Tale orientazione dei minerali, particolarmente evidente, conferisce a questa roccia anche le denominazioni "serizzo" o "ghiandone". I monoliti vennero posti in opera con scistosità perpendicolare al piano di carico, soprattutto per ragioni estetiche.

Osserviamo ora i palazzi di questo primo tratto di via Roma, in particolare a partire dall'incrocio con la via Buozzi (2d). Si notano, sopra i portici, facciate di colorazione chiara, costituite dal **travertino**, pietra da costruzione molto usata nel Lazio (2e).



Ricordiamo la grande ristrutturazione di questo tratto di via Roma che si concluse nel 1937, in piena epoca fascista. Quel periodo storico fu caratterizzato da un ritorno all'epoca classica e quindi anche all'uso dei materiali caratteristici di quel periodo come il **travertino**, che venne molto usato dagli antichi romani.

Il **travertino** è una roccia sedimentaria calcarea di tipo chimico. Si forma in ambienti prossimi alle sorgenti termali particolarmente ricchi di carbonati per precipitazione di sali, il più abbondante

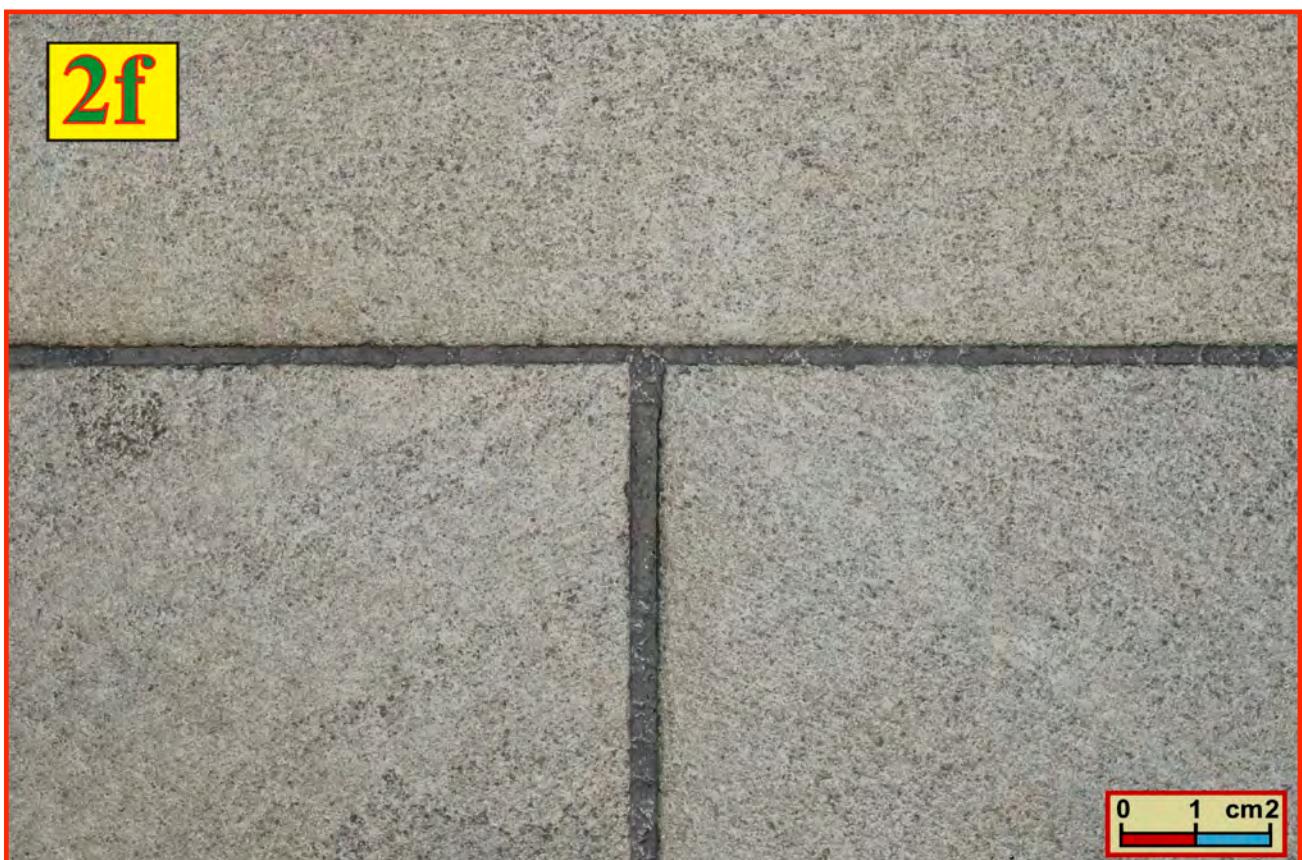
dei quali è il carbonato di calcio (CaCO_3). È tra i più compatti e duri dei materiali calcarei ed è per tale motivo che viene usato in edilizia, soprattutto per rivestimenti e decorazioni.

Il travertino è una roccia porosa, ma con le cavità ben separate tra loro e quindi, entro certi limiti, non teme le temperature rigide e l'umidità. Torino è una città che, in inverno, può essere molto fredda, frequentemente con temperature minime anche inferiori a -10°C e con prolungate situazioni meteorologiche caratterizzate da notevole umidità. Sono condizioni che mettono a dura prova anche materiali come il **travertino** ed è per tale ragione, nonostante la sua intrinseca bellezza (**2e**), che a Torino è una pietra poco utilizzata. Pertanto, per motivi climatici, a Torino prevalgono le pietre da costruzione silicate.

Le succitate facciate dei palazzi che si osservano all'inizio della via Roma (**2d**) sono un po' una eccezione. Tra l'altro merita notare che anche la parte sommitale della *Torre Littoria* di piazza Castello è rivestita da **travertino**.

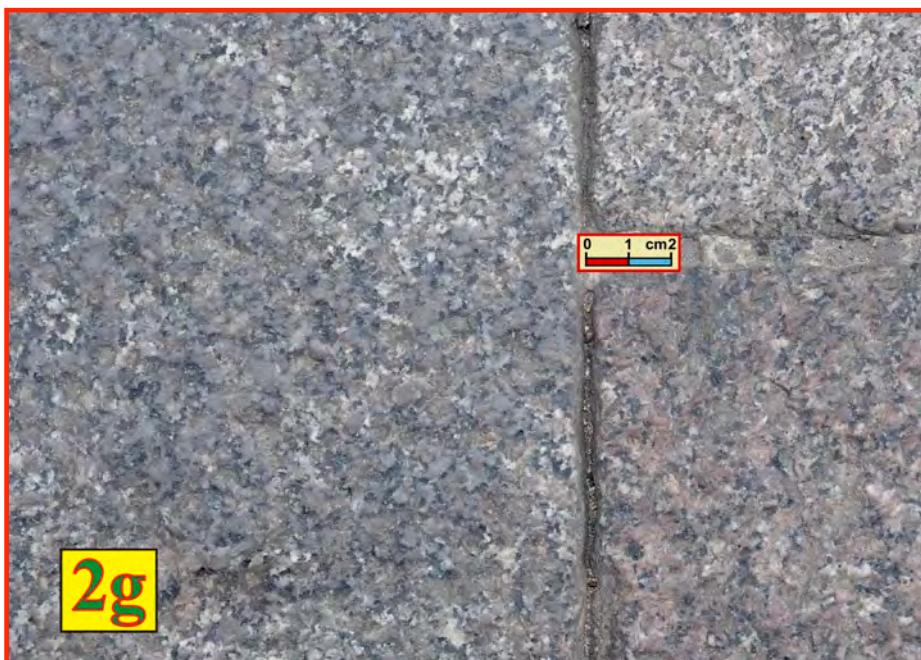
Continuiamo ad effettuare osservazioni rimanendo nel **sito 2**, questa volta volgendo lo sguardo verso il basso, cioè verso i pavimenti dei portici e della strada.

Il pavimento dei portici è costituito da lastre rettangolari di **quarzite bargiolina** (**2f**). Abbiamo sopra descritto sommariamente il processo del *metamorfismo*. Esso può coinvolgere qualunque tipo di roccia. Quando il materiale originario è una arenaria (roccia derivante da sedimenti sabbiosi), in genere il metamorfismo porta alla formazione di **quarziti**, così dette per l'alto contenuto in quarzo, il minerale più abbondante nei granelli delle sabbie originarie.



La quarzite del pavimento del tratto iniziale dei portici di via Roma (**2f**) deriva dal metamorfismo di arenarie del permiano, periodo geologico compreso entro l'intervallo 250 \div 300 milioni di anni fa e viene estratta dai versanti del M.te Bracco (cava di S. Martino) nel comune di Barge, nella valle del Po (provincia di Cuneo). Se il quarzo è il minerale più abbondante, gli altri, in funzione del tipo e della frequenza, sono tuttavia importanti nel caratterizzare le diverse e delicate sfumature di colore dei vari tipi di quarzite. Per esempio una varietà presenta una colorazione tendente al giallo-dorato per la presenza di mica potassica leggermente alterata; oppure può assumere toni verdastri per

l’acquisizione di atomi di ferro e magnesio se la metamorfosi è avvenuta ad alte pressioni. Si osservano apparenti striature dovute alla scistosità tipica delle rocce metamorfiche.



2g

Prima di lasciare il **sito 2**, osserviamo anche il pavimento stradale, costituito da lastre di **gneiss** (**2g**), roccia metamorfica che abbiamo già descritto. Questo materiale, detto “*pietra di Luserna*”, deriva dalle cave nei comuni di Luserna S. Giovanni, Rorà, Bagno-
lo e Barge, nelle valli Po e Pellice (province di Cuneo e di Torino), per i quali l’attività di estrazione ha sempre rappresentato una importante risorsa econo-
mica. Il suo impiego è molto antico e caratterizza tuttora la tipologia costrut-
tiva degli edifici e l’arredo urbano dell’intero Piemonte, dal quale, a partire dagli anni 70 del Novecento, ha avuto una diffusione sia nazionale che internazionale.

La seconda tappa lungo via Roma è la piccola piazza CLN (**sito 3**), intitolata al *Comitato di Liberazione Nazionale* (che coordinò le attività della Resistenza durante la Seconda Guerra Mondiale), dove si ammirano le due grandi fontane marmoree dedicate ai fiumi Po e Dora Riparia, rispettivamente a sinistra e a destra arrivando da Porta Nuova. Furono realizzate dallo scultore Umberto BAGLIONI nel 1937 (**3a**).



3b



Il pavimento dei portici di via Roma che si affacciano sulla piazza CLN (**3b**) è in parte costituito da **granito** (roccia magmatica intrusiva e sialica) chiaro, a grana grossa, con caratteri simili a quelli descritti per la base del

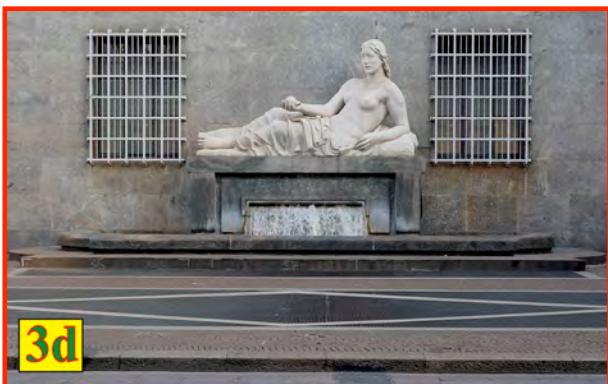
monumento a Lagrange (**1d**) e prove-niente dalla stessa area. La pietra più scura è la **sienite** di Biella o della Balma (affiorante in valle Cervo). Anche questa è una roccia magmatica intrusiva sialica, di composizione analoga ai graniti ma, diversamente da questi, priva o decisamente povera di quarzo. La sienite che stiamo osservando, in particolare, è ricca di evidenti cristalli di feldspati (ortoclasio)

grigio-violetti che, insieme alla mica biotite nera, conferiscono una colorazione scura che ben contrasta con quella chiara del granito rosa.

Immaginiamo un magma (materiale allo stato fuso) la cui solidificazione, se avvenisse lentamente (milioni di anni), porta alla formazione di rocce intrusive come i graniti e le sieniti. Se il magma è vicino alla superficie terrestre o eruttato da un vulcano, il raffreddamento è rapido; gli atomi non hanno il tempo di organizzarsi a formare reticolati ordinati, cioè veri e propri cristalli, oppure li formano in dimensioni microscopiche (microcristalli), a formare rocce apparentemente più o meno uniformi. Il disordine degli atomi nel fuso viene “congelato” in uno stato amorfo con totale (o quasi) assenza di cristalli, cioè una struttura detta “*vetrosa*”; oppure si forma una roccia caratterizzata da pochi cristalli ben visibili (fenocristalli), accompagnati da altri più piccoli, “immersi” in una massa di fondo più o meno uniforme e irrisolvibile a occhio nudo cioè una struttura detta “*porfirica*”. Si formano quindi rocce magmatiche effusive come, per esempio le **rioliti**, termine scientifico per indicare i **porfidi** che costituiscono i blocchetti cubici del pavimento della piazza CLN (**3c**).



È una **riolite** del permiano, con pochi fenocristalli (cioè sufficientemente grandi da essere ben visibili anche ad occhio nudo) costituiti da quarzo dalla colorazione chiara, da feldspato (ortoclasio) con colorazione rosata e da biotite nera. Si tratta dunque di una roccia porfirica sialica nella quale i pochi cristalli succitati sono immersi in una massa microcristallina, non vetrosa. Questo materiale venne estratto lungo la Valle Adige fra Trento e Bolzano, uno dei più celebri luoghi di estrazione e di lavorazione del porfido, il cui paesaggio è stato fortemente compromesso dalle enormi cave a cielo aperto, un po' come sta accadendo in molte altre aree dove si svolgono le attività di estrazione delle pietre da costruzione. I palazzi più importanti dei centri storici delle nostre città e le belle pavimentazioni con cubetti di porfido e in generale l'uso della pietra naturale nell'edilizia, se ha sicuramente contribuito alla qualità dell'immenso patrimonio architettonico del nostro Paese, contemporaneamente ha comportato un grave sacrificio paesaggistico, con lo sconvolgimento di interi versanti di montagne e di colline sventrati dalle attività di cava.



Le succitate fontane della piazza CLN sono un esempio di impiego in Torino del **marmo delle Alpi Apuane**. Esaminiamo da vicino quella dedicata al fiume Dora Riparia (3d) ed in particolare un suo dettaglio (3e). Come precedentemente illustrato il **marmo** è una roccia metamorfica che deriva da una roccia calcarea. Se la roccia calcarea di partenza è monocristallina, cioè formata unicamente da calcite (CaCO_3), in seguito a metamorfismo risulta un marmo puro, cioè del tutto (o quasi) "bianco", senza venature e sfumature colorate. Si tratta di un

materiale pregiato, adatto per sculture o per i rivestimenti architettonici più luminosi ed eleganti. Molte sculture tra quelle più famose sono state realizzate con i marmi delle numerose cave delle Alpi Apuane in provincia di Massa Carrara.

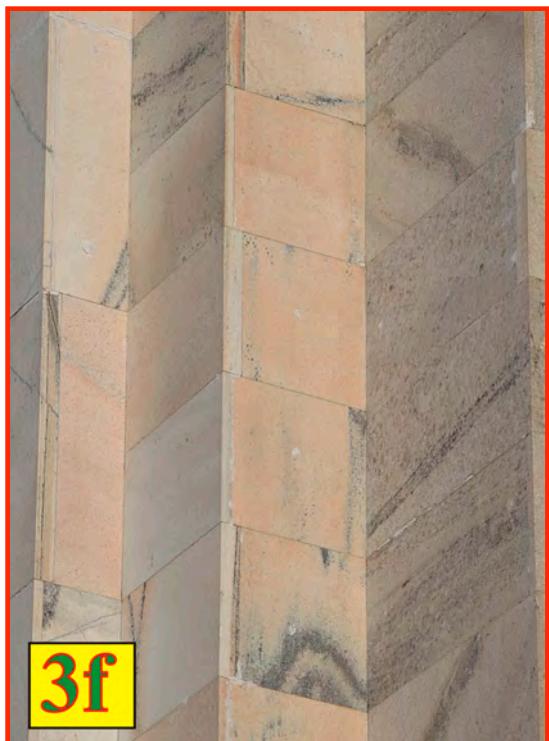
Più spesso le rocce calcaree originarie, oltre ai minerali carbonatici, contengono, in quantità molto variabili a seconda degli ambienti di formazione, altri materiali che, in seguito ai processi metamorfici, conferiscono ai marmi disegni e colorazioni assai varie. Invece, osservando da vicino la mano della statua alla Dora Riparia (3e) si nota bene la pulizia del marmo utilizzato. La preferenza degli scultori nei confronti dei marmi bianchi ed in misura tanto maggiore quanto più



essi sono puri, deriva dall'importante necessità, da parte degli artisti, nel mettere in evidenza le "forme", senza disturbi visivi indotti dalle policromie.

I disegni e le varie sfumature di colore nei marmi, in molti casi, possono costituire elementi di raffinata bellezza se sapientemente inseriti in ambito architettonico. Rimanendo ancora un poco nel **sito 3**, una testimonianza di tale aspetto è visibile osservando le facciate posteriori delle chiese, rivestite con il **marmo di Ornavasso** (3f).

Nella bassa valle Ossola, nella frazione di Condoglia, nel comune di Mergozzo (Verbano-Cusio-Ossola) sulla sinistra del fiume Toce, sono presenti le cave dove sono stati estratti i marmi ad uso esclusivo del Duomo di Milano. Sulla destra dello stesso Toce, nel comune di Ornavasso, sono presenti le cave dalle quali è stato cavato il marmo di rivestimento degli absidi delle Chiese di S. Cristina e S. Carlo. Quello di Ornavasso (3f) è un raro **marmo** paleozoico (oltre 300 milioni di anni fa) con grana grossolana, che si è formato mediante metamorfismo ad alta temperatura nelle porzioni profonde della crosta.



La **Piazza San Carlo** (lunga 168 m, larga 76 m: ben oltre un ettaro di superficie) è una delle più importanti piazze di Torino (**sito 4**), il cuore pulsante del capoluogo piemontese, dove spiccano, sul lato Sud, le due chiese gemelle barocche di **S. Cristina** (1639) e di **S. Carlo** (1619) rispettivamente a destra e a sinistra arrivando lungo la via Roma da Porta Nuova.

Piazza San Carlo era un tempo denominata P.za Reale, quindi P.za d'Armi e poi, nel periodo napoleonico, Place Napoléon. Dal 1618, è dedicata a S. Carlo Borromeo, il santo Arcivescovo di Milano che ebbe una particolare devozione per la Sindone.

L'aspetto attuale risale al XVII secolo su progetto di Carlo CASTELLAMONTE, poi arricchito con Benedetto ALFIERI un secolo dopo. Al centro è il monumento equestre ad Emanuele Filiberto (di Carlo MAROCHETTI del 1838) detto dai torinesi “*Caval ed Brons*”.



Nel breve tratto, privo di portici, di via Roma tra la piazza CLN e la piazza San Carlo, tra le fiancate delle due chiese gemelle (4a), si osservano, alla base, lastre in **granito rosa di Baveno** (4b), con evidenti cristalli di quarzo (grigio), di feldspati bianchi (plagioclasio) e rosa (ortoclasio) e di biotite (nera). È un materiale cavato nel territorio del comune di Baveno, presso la foce del fiume Toce nel lago Maggiore (Verbano-Cusio-Ossola). È un **granito** a grana fine ed omogenea, formatosi 300 milioni di anni fa, senza subire metamorfismi, assai elegante e molto apprezzato come pietra da costruzione ed ornamentale. Sopra il granito, oltre un metro dalla pavimentazione stradale, sono disposte lastre di **gneiss di Antigorio** (4b), materiale estratto da alcune famose cave nella valle d'Ossola (Verbano-Cusio-Ossola). Trattandosi di uno gneiss presenta caratteri simili a quelli di alcune pietre già viste (2c e 2g); in questo caso la scistosità (tipica delle rocce metamorfiche) è ben evidente ed orientata quasi verticalmente.



Entriamo ora nella piazza San Carlo (quindi ancora nello stesso **sito 4**) per puntare l'attenzione sulla base del colonnato della chiesa di S. Cristina (**4c**), dove si possono osservare tre tipi di materiali lapidei (**4d**) nello spazio di poco più di un metro di altezza dalla pavimentazione stradale.



In alto (**4e**) troviamo il **calcare di Gassino**, che caratterizza gran parte della facciata della chiesa. È una roccia sedimentaria, derivata dalla diagenesi (insieme dei processi che, partendo dai sedimenti sciolti, permettono la formazione di rocce dure e compatte) di sedimenti carbonatici che si depositarono sui fondali del mare eocenico (40 ÷ 60 milioni di anni fa) e



che sono poi emersi a costituire la collina di Torino ed in particolare affioranti nell'area di Gassino, insieme ad altre formazioni sedimentarie, tutte generalmente ricche di fossili.

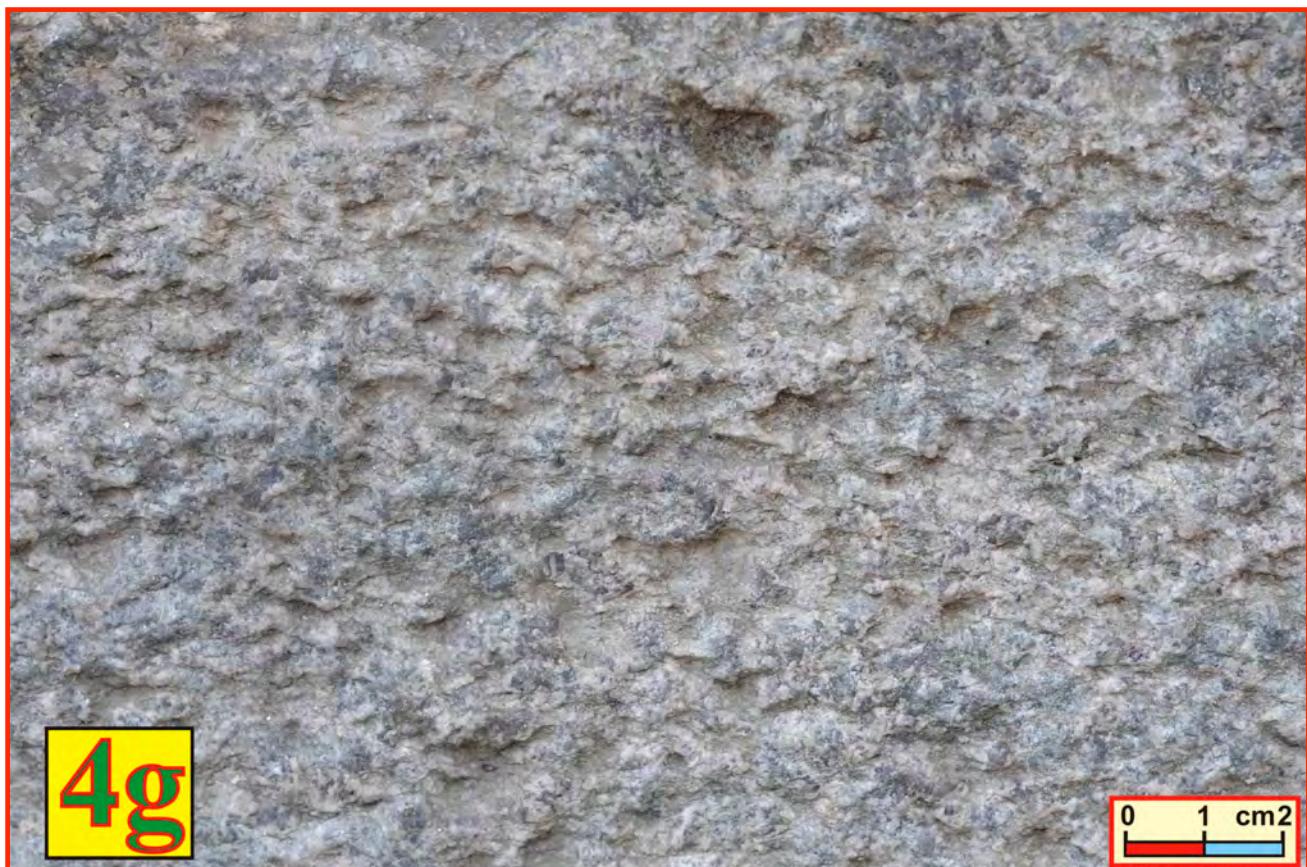


In mezzo (**4f**) troviamo il **calcare di Foresto**, uno dei marmi bianchi piemontesi (quindi antichi calcari sottoposti a processi di metamorfismo) che abbiamo citato a proposito del commento sul materiale utilizzato per il monumento a Lagrange presso il primo sito di questa escursione (**1b**).

Tra l'altro le statue della facciata della chiesa di S. Cristina sono costituite dallo stesso marmo di Frabosa utilizzata per il monumento a Lagrange. Foresto è una località del versante sinistro della media Val di Susa, in provincia di Torino

In basso troviamo uno **gneiss** (**4g**). Si tratta dell'ennesimo esempio di questa roccia metamorfica e ciò conferma quanto prima sostenuto a proposito del materiale da costruzione più diffuso soprattutto in Piemonte, dominato dalle Alpi particolarmente ricche di questo materiale. A seconda della

provenienza gli gneiss possono assumere venature (dovute alla scistosità) e colorazioni diverse in funzione dei minerali di accompagnamento rispetto a quelli dominanti (quarzo, feldspati e miche). Lo gneiss delle colonne della facciata di S. Cristina è stato cavato a Vaie (località della val di Susa) e derivante da un metamorfismo caratterizzato da temperature intorno ai 500 ÷ 600 gradi e da pressioni molto elevate, quelle che possono svilupparsi alla profondità nella crosta di decine di chilometri. La pietra di Vaie (**4g**) è uno gneiss caratterizzato dalla presenza, tra i minerali accessori, di fengite, una varietà di mica-muscovite (fillosilicato) un po' più ricca di magnesio e di ferro, responsabile delle tonalità tendenti al verde della roccia.

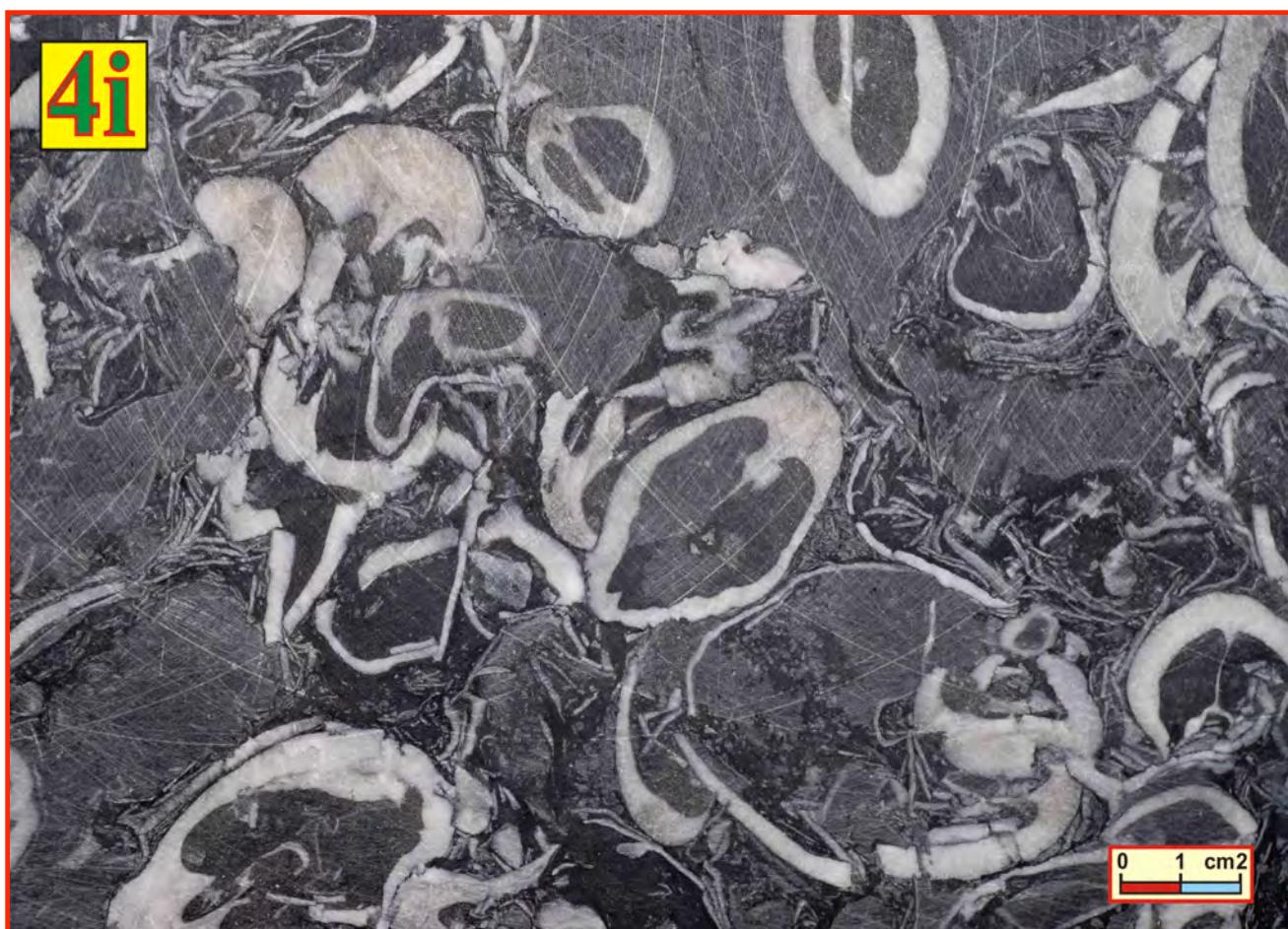


Rimaniamo ancora nel **sito 4** per osservare la pavimentazione della piazza San Carlo (**4h**), costituita da blocchi di riolite (porfido), per certi versi simile a quello della pavimentazione della piazza CLN (**3c**), proveniente dal Trentino. Quello della piazza S. Carlo (con blocchi un po' più grandi) invece è relativamente recente e di origine Sud-americana, utilizzato in occasione del rifacimento della originaria pavimentazione della piazza.

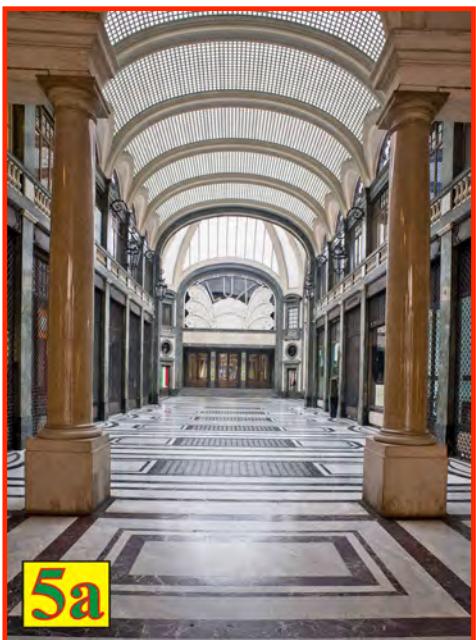
Prima di proseguire la passeggiata, ancora nel **sito 4**, vale la pena, come curiosità, di osservare le lastre scure sulle pareti dei portici della piazza vicino alla chiesa di S. Cristina (**4i**). Come è noto i processi di sedimentazione avvengono soprattutto nei bacini; le caratteristiche dei materiali che si accumulano sui fondali dipendono da quelle ambientali dei bacini stessi. Frequentemente si tratta di clasti detritici del disfacimento di rocce pre-esistenti, con dimensioni molto variabili; nelle acque più tranquille si depositano argille, limi e sabbie fini; insieme ad essi, nei bacini con acque ricche di sali e sottoposti a intensa evaporazione, si possono accumulare altre sostanze, frequentemente carbonati.

I laghi poco profondi, gli stagni, le paludi, le lagune sono specchi di acque tranquille e biologicamente molto ricche; in esse vi è abbondanza di sali nutritivi a disposizione di alghe e di piante acquatiche, costituenti il primo anello di una catena alimentare che produce una grande quantità di sostanza organica. Ad essa si aggiunge quella proveniente dalle foreste delle terre emerse circostanti. Sui fondali di quegli ambienti marini, insieme ai materiali detritici minerali e a quelli dovuti alla precipitazione chimica, si deposita anche una abbondante frazione organica, insieme a resti di molluschi (conchiglie) e scheletri di vertebrati. Tale materiale organico è troppo abbondante perché possa essere del tutto decomposto (mineralizzazione); pertanto una buona parte di esso diventa parte del sedimento che man mano si stratifica anno dopo anno, per decenni, secoli e millenni.

In epoche successive (tempi geologici) quei sedimenti possono trasformarsi (diogenesi) in vere e proprie rocce sedimentarie aventi la particolarità di essere ricche di carbonio, la cui presenza contribuisce alla colorazione scura delle stesse, fino ad essere quasi nere. Quando il carbonio organico è particolarmente abbondante si usa l'espressione di rocce bituminose.

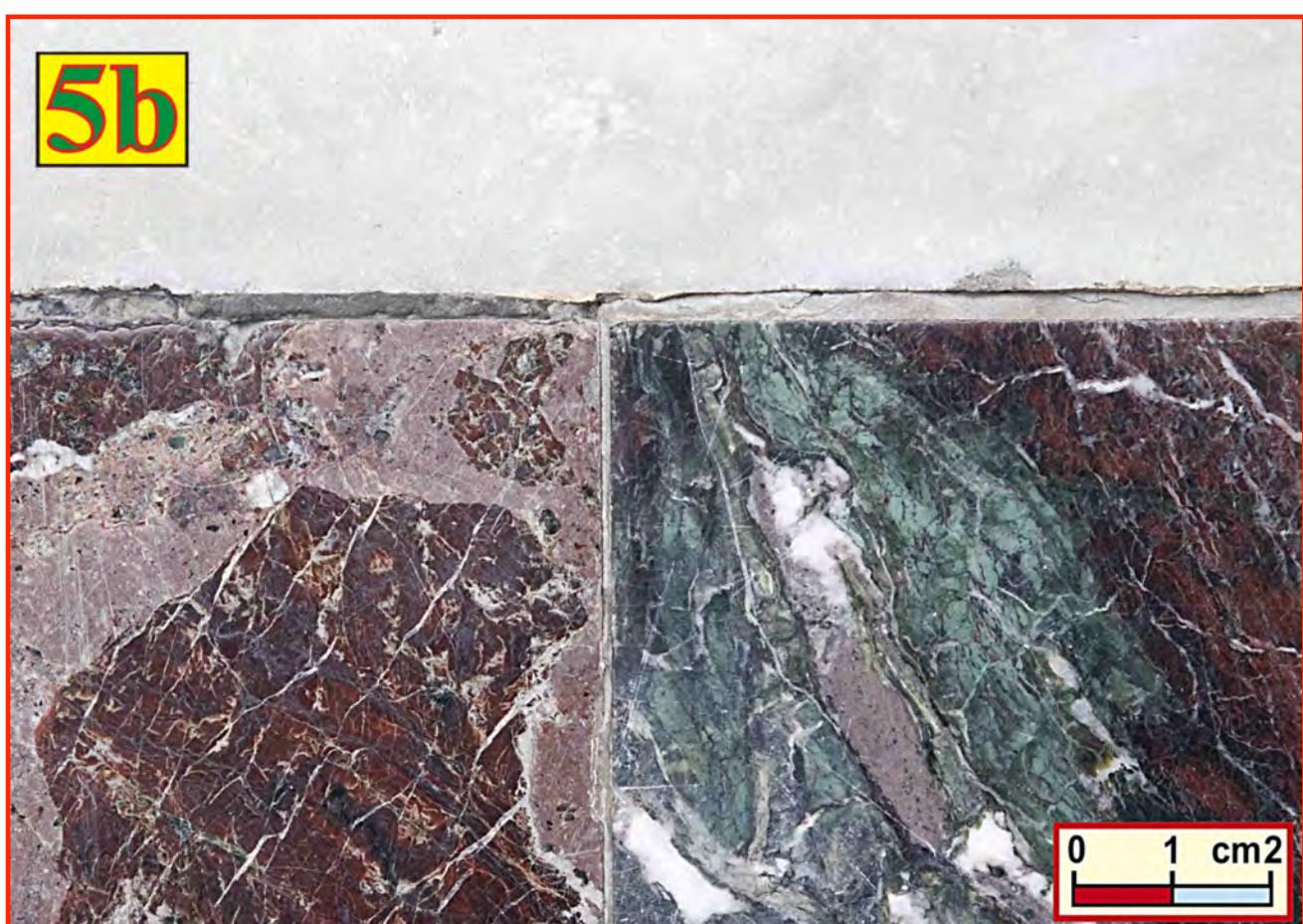


Il materiale che stiamo esaminando (**4i**) è proprio una **roccia sedimentaria calcarea organogena** che ha conservato alcuni fossili evidenti, costituiti da gusci di molluschi bivalvi di discrete dimensioni.



Lasciando la piazza San Carlo si riprende il percorso sulla via Roma; si giunge subito, sulla sinistra, alla **Galleria San Federico** (**sito 5**), un edificio commerciale realizzato negli anni Trenta (**5a**). Al suo interno ospita locali commerciali, uffici e un cinema storico (*Lux*).

La crosta oceanica è formata da rocce di origine magmatica derivata dalla solidificazione (per raffreddamento) di materiali inizialmente allo stato fuso (magmi) con composizione chimica prevalentemente basica o femica o addirittura ultra-femica. Ciò significa che nel materiale inizialmente allo stato di fuso, insieme agli elementi ossigeno, silicio e alluminio, sempre prevalenti, costituiscono una presenza significativa atomi di elementi femici (ferro, alluminio, magnesio, calcio,...). Con la solidificazione, si formano rocce magmatiche, costituite soprattutto da minerali silicatici appartenenti alle famiglie dei femici, un poco più “pesanti” e con colorazioni generalmente più scure. A tali tipi di rocce si contrappongono quelle sopra definite sialiche (es. granito, sienite e riolite), composte da minerali silicatici più ricchi di silicio e di ossigeno e un poco più “leggeri” e con colorazioni generalmente più chiare. Esempi di minerali femici sono il *serpentino* (appartenente alla famiglia dei fillosilicati, ricco di magnesio e di colorazione verde più o meno scuro), gli *anfiboli* e i *pirosseni* (inosilicati costituiti da cristalli allungati e ricchi di ferro) e i *granati* (nesosilicati ultrafemici).



In corrispondenza delle scarpate oceaniche (una sorta di “burroni” nelle profondità dei mari) si staccano delle vere e proprie frane sottomarine, cioè crolli di materiali che precipitano sui fondali più profondi e costituiti da frammenti di crosta di composizione prevalentemente femica. Alla base di

tali scarpate si formano depositi costituenti potenti sedimenti di natura clastica (“clasto” è il termine usato dai geologi per indicare i “frammenti” di roccia). Essi vengono successivamente sottoposti a diagenesi con formazione di rocce sedimentarie denominate “brecce”, caratterizzate da insiemi compatti e cementati di clasti di dimensioni, forme e composizione molto variabili. Il “cemento” che funziona da collante che unisce i clasti e che si è formato durante la diagenesi, costituisce una fitta rete di vene di composizione carbonatica e/o silicea.



Quanto sopra descritto permette di comprendere la definizione di **oficalce**: roccia serpentinitica brecciata, con cemento ordinariamente calcareo, bianco; si presenta in masse di color verde con venature o macchie bianche o verde chiaro sparse irregolarmente; talora al verde del serpentino si aggiungono, per alterazione, macchie rosse o gialle, che possono anche prevalere. Previa lucidatura viene usata come materiale da decorazione sotto il nome “erroneo” di *marmo verde o rosso* (verde di Varallo, verde di Susa, rosso di Levanto, rosso di Chiavari,...

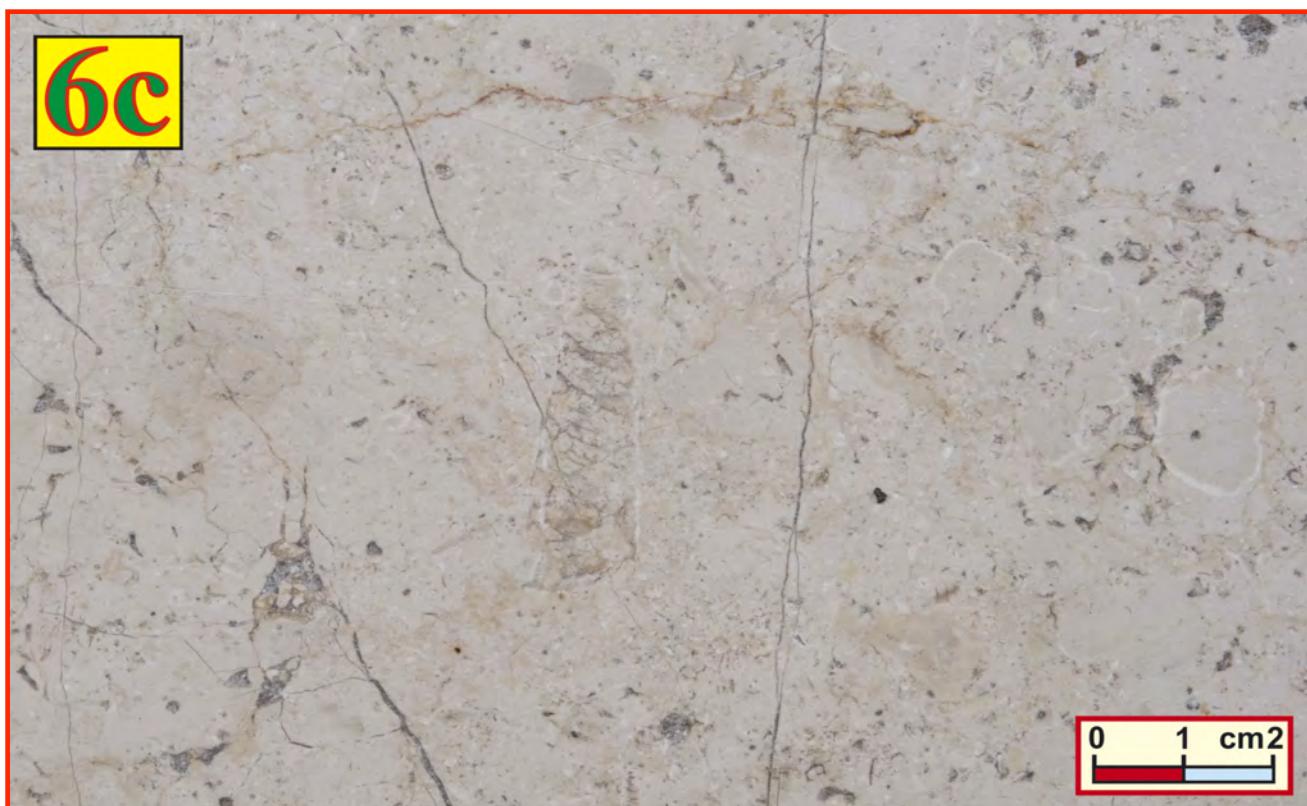
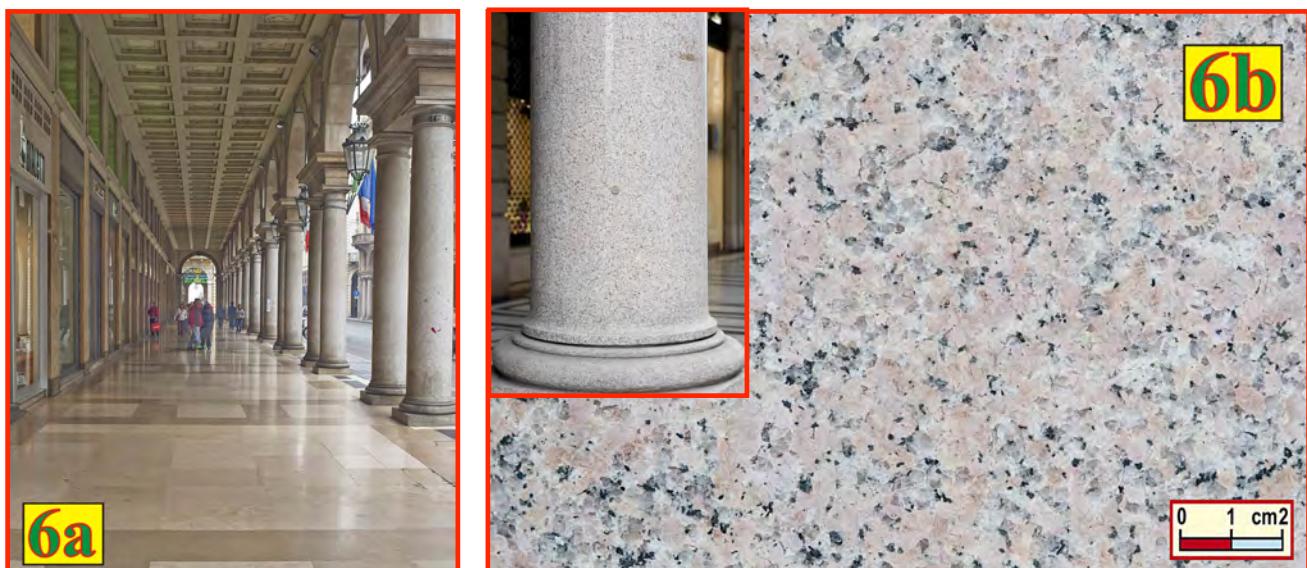
a seconda della provenienza), dato che il marmo vero proprio è, in realtà e come precedentemente visto, una roccia metamorfica che deriva da un calcare; invece l’oficalce è una roccia sedimentaria ultrabasica, talora solo in parte interessata da lievi processi di metamorfismo.

Per le sue caratteristiche quindi l’oficalce è un materiale da costruzione e ornamentale molto appariscente, frequentemente utilizzato per impreziosire le pareti di ambienti che si vogliono eleganti ed ampiamente impiegato, sotto forma di lastre, nella pavimentazione della Galleria San Federico, alternate a marmi bianchi e con le caratteristiche venature rosse e verdi sopra descritte (**5b**). Alcune pareti sono rivestite con oficalce verde (**5c**).



Le colonne di ingresso alla Galleria e parte dei rivestimenti delle pareti sono costituite dalla **Pietra di Finale**, anche impropriamente detta “*travertino del Finale*” (**5d**). È invece una calcarenite, roccia sedimentaria detritica che deriva dalla diagenesi di una sabbia calcarea, un sedimento formato da grani con dimensioni inferiori a due millimetri. I geologi classificano i sedimenti anche in funzione della loro composizione chimica. In questo caso si tratta di grani carbonatici (la maggior parte dei quali rappresentati da resti di organismi) sedimentati in un mare miocenico (5 ÷ 20 milioni fa), oggi affioranti, sotto forma di roccia, a Finale Ligure (Savona). È una pietra da costruzione adatta a tutti gli impieghi, dall’edilizia alla scultura ma, in Torino, con i limiti già descritti a proposito del travertino vero e proprio (**2e**). Ha l’aspetto di un calcare cristallino granuloso, duro e resistente; ha colorazione giallo rossastra, arabescata da gusci e spine di pesce fossilizzati.

Uscendo dalla Galleria San Federico si svolta a sinistra verso piazza Castello (**sito 6**), dove si notano le coppie di colonne dei portici (**6a**), costituite dal succitato **granito rosa di Baveno** (**6b**).



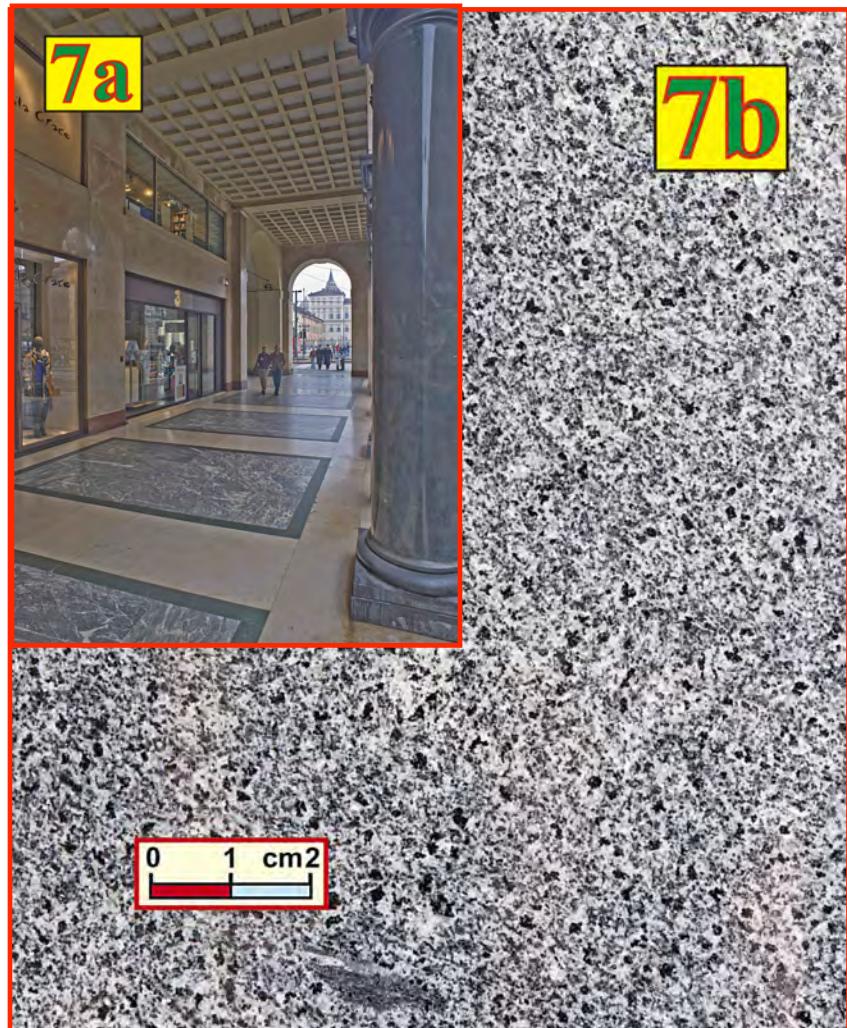
Il pavimento dei portici presenta lastre di **botticino** (6c), proveniente dall'omonima località in provincia di Brescia. È una roccia sedimentaria carbonatica depositatasi in un ambiente bacinale (per es. le lagune, specchi d'acqua salata ricchi di vita acquatica, parzialmente isolati dal mare aperto, sottoposti a forte evaporazione, soprattutto nei climi più caldi). In età mesozoica (100 ÷ 200 milioni di anni fa), sul fondo di questi bacini sedimentarono fanghi calcarei ricchi di resti organici, successivamente sottoposti a diagenesi (cementazione e ricristallizzazione) fino alla formazione di rocce sedimentarie compatte erroneamente dette, in gergo commerciale, “*marmo di botticino*”. Le varietà cromatiche del botticino dipendono dalle inclusioni di origine organica e inorganica nella pasta omogenea di fondo composta da fango fine, prevalentemente calcareo, che prende il nome di micrite. Le succitate inclusioni organiche sono dovute ai resti fossili, in particolare, di alghe e conchiglie di molluschi.

Proseguendo la passeggiata verso Piazza Castello notiamo, mantenendoci nello stesso lato di via Roma, che nell'ultimo tratto (**sito 7**) le colonne dei portici sono decisamente più scure (7a), costituite da **diorite** (di Traversella, nella val Chiusella in provincia di Torino), roccia magmatica intrusiva come i graniti e le sieniti, ma di composizione meno sialica (7b); infatti sono assenti quarzo ed il feldspato ortoclasio, mentre il feldspato plagioclasio (tettosilicato nella varietà grigio-chiaro) è un po' meno abbondante e sono più rappresentati i minerali scuri o addirittura neri, quali la mica biotite (fillosilicato), anfiboli e pirosseni (inosilicati). È una pietra da costruzione di impiego più “impegnativo”; infatti la sua colorazione così scura lo rende adatto per ambienti luminosi, nei quali può emergere con eleganza.

Nello stesso sito merita inoltre notare la pavimentazione costituita dalla **pietra di Trani**, roccia sedimentaria calcarea cavata in Puglia, simile al botticino osservato nel precedente sito (6c), ma con inserimento di ampi “quadrati” racchiudenti lastre di **marmo grigio di Moncervetto** (cavato in val Corsaglia, in provincia di Cuneo) con evidenti vene chiare di calcite (CaCO_3).

Il bordo verde che delimita i quadrati è in **pietra della Val Roja**, proveniente dall'omonima Valle (massiccio dell'Argentera) presso Tenda (in provincia di Cuneo), di colore verdastro e molto utilizzata in Torino, per balconi, davanzali, scale, lastre funerarie,... È una **fillade**, roccia metamorfica che deriva dalla trasformazione (a bassa pressione) di originari sedimenti pelitici, cioè materiali formati da detriti a granulometria fine (argilla, limo o sabbia fine).

Piazza Castello (sito 8) è il più importante riferimento del centro storico di Torino, grande quanto un campo di 4 ettari. Sono situati importanti palazzi cittadini, quali Palazzo Reale e Palazzo Madama. Ad essa giungono le principali vie della città: via Garibaldi, via Po, via Roma, Via P. Micca (8a).



La **piazza Castello** permette di ammirare numerosi palazzi, tutti interessanti da visitare: oltre al Palazzo Reale e al Palazzo Madama, merita citare il Teatro Regio, il Palazzo della Regione, l'Armeria Reale, il Palazzo del Governo (attuale sede della Prefettura), la Biblioteca Reale, l'Archivio di Stato, Palazzo Chiavinese e la chiesa di S. Lorenzo.

Tali edifici, a partire dal primo progetto del 1584 di Ascanio VITOZZI, furono eretti nel corso dei secoli e offrono uno spaccato della storia torinese. Il migliore esempio è forse **Palazzo Madama**, il cui nome vero è “*Casaforte di Casa Acaia*”, che si erge sulle rovine dell'antica porta romana, trasformata poi in castello. Palazzo Madama fu sede del Senato Subalpino ed ospita oggi uno dei musei più belli di Torino.

La piazza è circondata per tre lati da monumentali portici, costruiti in periodi differenti; i più antichi sono quelli adiacenti a Via Garibaldi. La prima lastricazione dei porticati e quindi della piazza, risale al 1830; prima era lasciata a ciottolato.

8a



8b



La pavimentazione, recentemente rifatta, di piazza Castello, intorno a Palazzo Madama, è costituito da lastre di **gneiss di Luserna** (8b), lo stesso di quello già osservato nella pavimentazione stradale di via Roma presso il **sito 2 (2g)**. La facciata di Palazzo Madama è in calcare di Gassino (lo stesso della facciata di S. Cristina in **4c** e **4d**), mentre le colonne sono in marmo della Valle di Susa. La zoccolatura è in gneiss di Vaie (come le colonne di S. Cristina in **4g**).

9a



Progettato nella seconda metà del Seicento da Guarino GUARINI, il **Palazzo Carignano** è un edificio storico considerato da sempre uno dei più pregevoli esempi di Barocco europeo. Il Palazzo, legato in particolar modo alla storia del risorgimento italiano, fu destinato inizialmente ad ospitare il primo Parlamento Subalpino poi il Consiglio di Stato. Attualmente ospita il *Museo Nazionale del Risorgimento Italiano*.

Il **Palazzo Carignano** (**sito 9**) è uno dei più importanti esempi di architettura in Torino. Si rivolge sulla piccola piazza Carignano con la sua facciata barocca (**9a**). Osserviamo ora il portone di accesso al Palazzo Carignano (**9b**) ed in particolare in basso sul suo lato destro. In poco spazio troviamo tre materiali diversi ed in particolare:

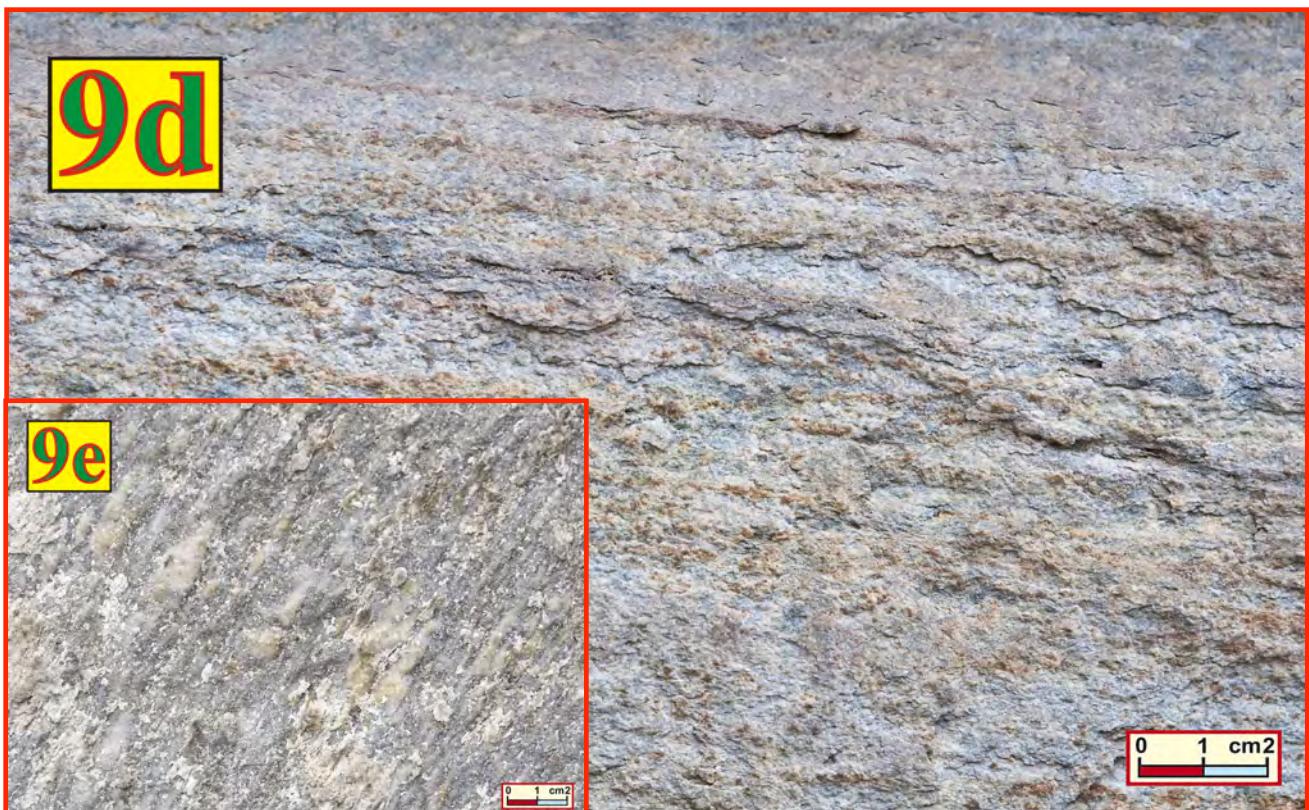
Le colonne chiare sono costituite dal **calcare di gassino** (**9c**) già osservati sulla facciata della chiesa di S. Cristina (**4e**).

Sopra lo zoccolo (**9d**) osserviamo un piccolo livello di **prasinite**, dalle caratteristiche tonalità verdi. Si tratta di una roccia che si è formata per metamorfismo di rocce femiche come, per esempio, rocce magmatiche intrusive come i gabbri o effusive come i basalti, con composizione chimica caratterizzata degli elementi silicio e ossigeno, ma con buona abbondanza anche di atomi metallici. Per tale ragione, le prasiniti, sono costituite da

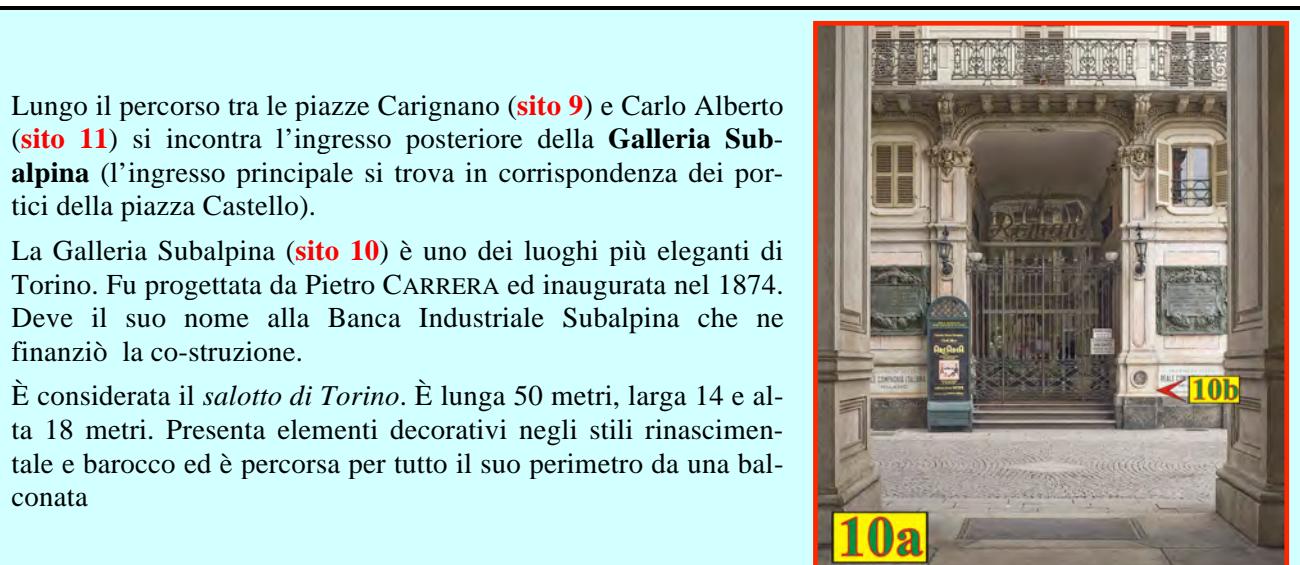


da minerali silicatici di piccole dimensioni come l'albite (feldspato) e la clorite (fillosilicato) ed altri prevalentemente femici, come gli anfiboli (inosilicati) e l'epidoto (sorosilicato). Tali minerali, soprattutto quelli allungati (inosiliati) e quelli piatti (fillosilicati) sono più o meno orientati nello stesso modo, conferendo la classica struttura scistosa tipica delle rocce metamorfiche.

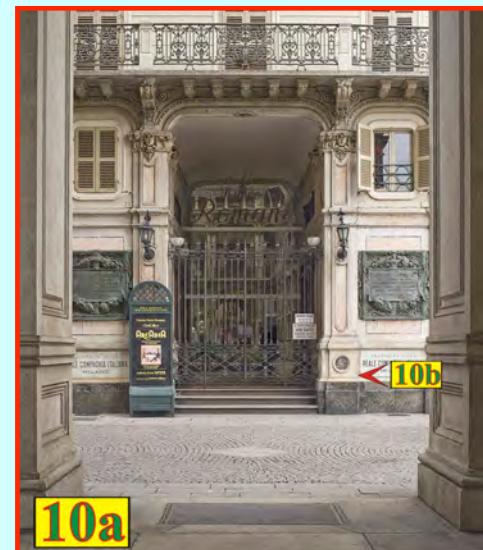
Lo zoccolo (**9e**) è uno **gneiss**, con molto scistosità molto evidente, simile a quelli osservati nei siti precedenti.



Lungo il tratto di percorso (via C. Battisti) tra le due facciate del Palazzo Carignano si incontra anche uno dei due ingressi della **Galleria Subalpina** (10a), meritevole di una sosta di osservazione (**sito 10**). In particolare le lastre di base laterali sono costituite dall'**oficalce del Monginevro** che abbiamo già osservato nella Galleria San Federico (5c) presso il **sito 5**.



La facciata opposta del Palazzo Carignano (11a) si rivolge alla piazza Carlo Alberto (**sito 11**) dove, di fronte, ha sede la Biblioteca Nazionale. Interessanti sono le colonne, che ci mostrano che il termine **granito** non si riferisce ad un tipo di roccia con caratteri uniformi ovunque essa affiori.



L'ingresso posteriore della Galleria Subalpina è meritevole di una breve sosta di osservazione (**sito 10**). In particolare le lastre di base laterali sono costituite dall'**oficalce del Monginevro** che abbiamo già osservato nella Galleria San Federico (5c) presso il **sito 5**.

Tra il 1864 e il 1871 fu costruita la **facciata posteriore del Palazzo Carignano** (**sito 11**), in stile eclettico, con pietra bianca e stucco rosa e fastose lesene e colonne, porticato al piano terra e sormontata da una balaustra sulla sommità rialzata al centro. Essa era la facciata interna del palazzo all'epoca in cui fu residenza sabauda.

Varrebbe infatti lo slogan “*si fa presto a dire granito*”. Se osserviamo la parte inferiore delle colonne del palazzo, troviamo il **granito di Baveno** (**11b**) che già abbiamo visto alla base del monumento a Lagrange (**1b**), alla base della fiancata della chiesa di S. Carlo (**4b**) e in alcune colonne di via Roma (**6b**) dalle caratteristiche sfumature rosa dovute al prevalere dei feldspati di quel colore (ortoclasio) su quelli bianchi (plagioclasio).



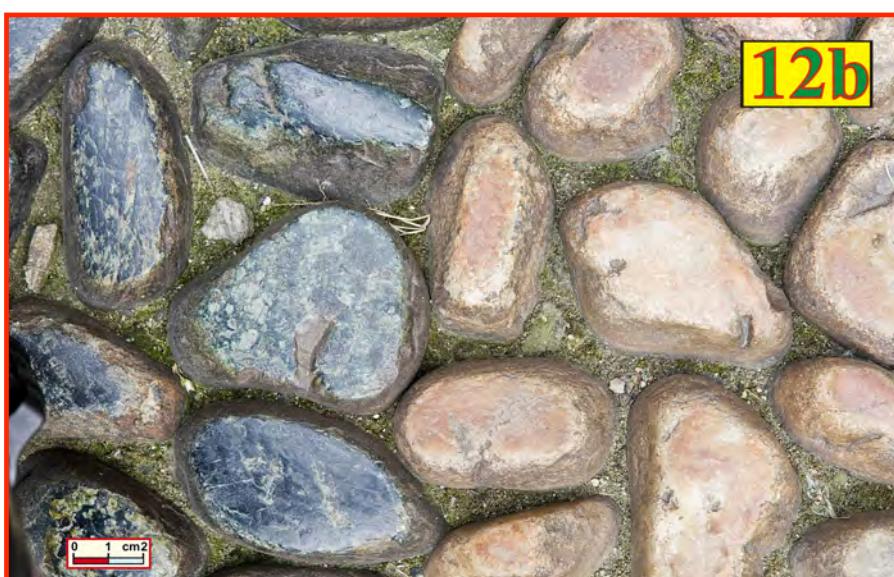
Le colonne sono pure costituite dallo stesso tipo di roccia, ma si tratta del **granito di Montorfano** (11c) che viene cavato in una località vicina a Baveno. È una pietra nella quale il felspato ortoclasio è bianco anziché rosa. Ma sempre nella stessa regione e precisamente a Mergozzo è presente anche un altro granito, questa volta caratterizzato da sfumature verdi, dovute alla presenza di clorite (appartenente alla famiglia dei fillosilicati, insieme alle miche muscovite bianca e biotite nera). In sintesi, nella stessa area geografica, la bassa val Toce (Verbano-Cusio-Ossola), si trovano tre tipi diversi della stessa roccia: *granito rosa di Baveno*, *granito bianco di Montorfano* e *granito verde di Mergozzo*, tutte pietre da costruzione e ornamentali con caratteri fisici praticamente identici, ma con diverse sfumature di colori, a confermare il fatto che la natura geologica delle Alpi ci permette di scegliere tipi e varietà a seconda delle esigenze estetiche nell'ambito dell'architettura.

Dalla piazza Carlo Alberto si prosegue lungo via Carlo Alberto per percorrere un solo isolato e giungere quindi all'incrocio con la via Maria Vittoria. A destra si trova la chiesa di **San Filippo Neri** (sito 12), l'edificio di culto più grande di Torino (12a), ultima tappa dell'escursione geocittà (A).



San Filippo Neri fu commissionata, nel 1675, dalla *Congregazione dei Padri dell'Oratorio di San Filippo Neri*, su mandato del re Carlo Emanuele II, all'architetto Antonio BETTINO, ma un rovinoso crollo durante l'assedio francese del 1706, danneggiò l'intero cantiere. Il progetto fu ripreso e affidato, tra il 1715 e il 1730, a Filippo JUVARRA. L'ultimo rimaneggiamento del 1823 ha interessato la facciata, di evidente ispirazione neoclassica, ad opera dell'architetto Giuseppe Maria TALUCCHI.

In origine la chiesa avrebbe dovuto avere un aspetto più maestoso, ma il crollo del 1706 fermò il cantiere. Filippo JUVARRA ideò la lunga navata di circa 70 metri di lunghezza con caratteristica volta a botte. Il corpo centrale è largo circa 37 metri e il voltone è scandito da sette finestrini semicircolari a forma di conchiglia, tipico motivo ornamentale juvarriano, che si ripete in tutte le decorazioni e le suppellettili della chiesa.



Di fronte all'ingresso della chiesa la pavimentazione è un acciottolato bicolore, in quanto realizzato con ciottoli fluviali (dai caratteristici spigoli arrotondati) costituiti da due materiali (12b): quello chiaro è **quarzite**, quello scuro è **serpentinite**. La **quarzite**, come illustrato precedentemente (2f), è una roccia metamorfica ricca di quarzo; per tale ragione è, quasi sempre, un materiale dalla colorazione chiara o molto chiara o addirittura bianca.

La **serpentinite** è facilmente rinvenibile sulle montagne in provincia di Torino (val Susa e valli di Lanzo) ed è una roccia metamorfica ultrafemica. Essa deriva dal metamorfismo di rocce originarie

magmatiche ultrafemiche (peridotiti) costituite da minerali (olivina, pirosseni, anfiboli,...) appartenenti alle famiglie di silicati caratterizzati da una maggiore frequenza di atomi metallici di elementi femici. Il metamorfismo comporta l'idratazione dell'olivina, con conseguente formazione prevalente di serpentino, termine che indica un gruppo di minerali appartenente alla famiglia dei fillosilicati. Una delle caratteristiche più evidenti di questa roccia è la colorazione verde, più o meno intenso, talora relativamente chiaro, più spesso scuro. Come pietra da costruzione viene quindi denominata, anche a seconda della località di estrazione: *verde di Varallo* (provincia di Vercelli), *verde di Susa* (provincia di Torino), *verde di Polcevera* (provincia di Genova),...

Gli scalini di ingresso alla chiesa di San Filippo Neri sono in granito rosa di Baveno, pietra da costruzione molto utilizzata e che abbiamo già visto nel basamento del monumento a Lagrange (**1d**), alla base della fiancata della chiesa di San Carlo (**4b**), in alcune colonne di via Roma (**6b**) ed alla base delle colonne della facciata posteriore del Palazzo Carignano (**11b**). Il pavimento oltre la grata è una varietà dorata e verde della quarzite di Barge, che già abbiamo descritto in occasione dell'osservazione del tratto iniziale dei portici di via Roma (**2f**).

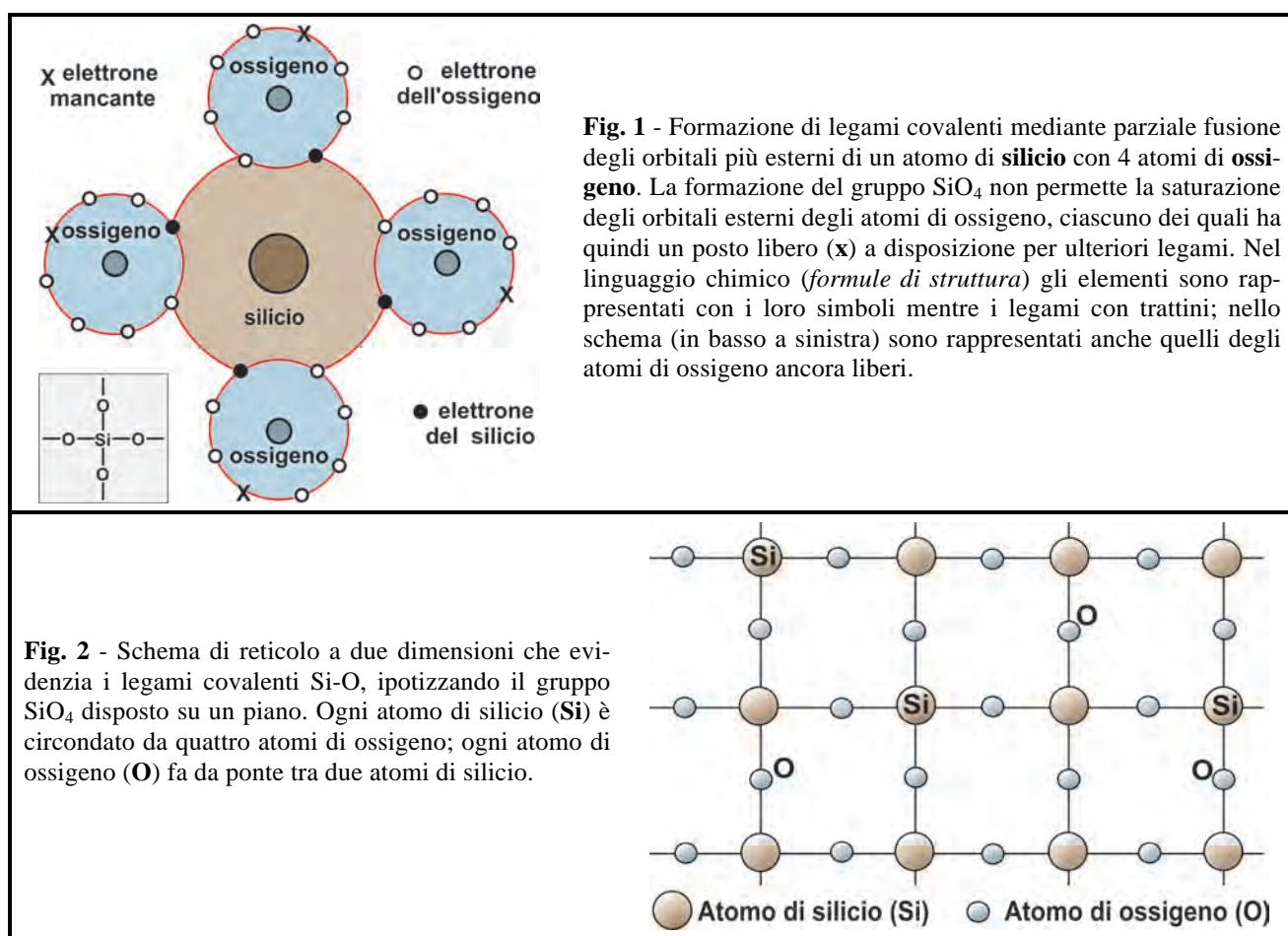
Più interessante è l'esame delle colonne della facciata della chiesa che sono costituite dal **marmo di Brossasco** (**12c**) cavato in val Varaita, in provincia di Cuneo che, come tutti i marmi e come abbiamo già visto, è una roccia metamorfica derivante da materiali carbonatici, ma in questo caso comprendenti anche minerali silicatici come il quarzo. Questo marmo deriva da un processo metamorfico, avvenuto in condizioni di fortissime pressioni, quelle che si manifestano anche fino a 100 km di profondità e con temperature intorno ai 700 gradi; lo dimostra la presenza di *coesite*, un minerale del biossido di silicio (SiO_2) che si forma appunto dal quarzo quando sottoposto a simili condizioni estreme di pressione e di temperatura. Si tratta quindi di un marmo impuro per la presenza di tali materiali silicatici, tra i quali, per esempio un grosso cristallo di *granato* (nesosilicato), ben visibile sulla superficie della colonna a sinistra dell'ingresso alla chiesa (**12d**).



APPENDICE 1 - Silicati

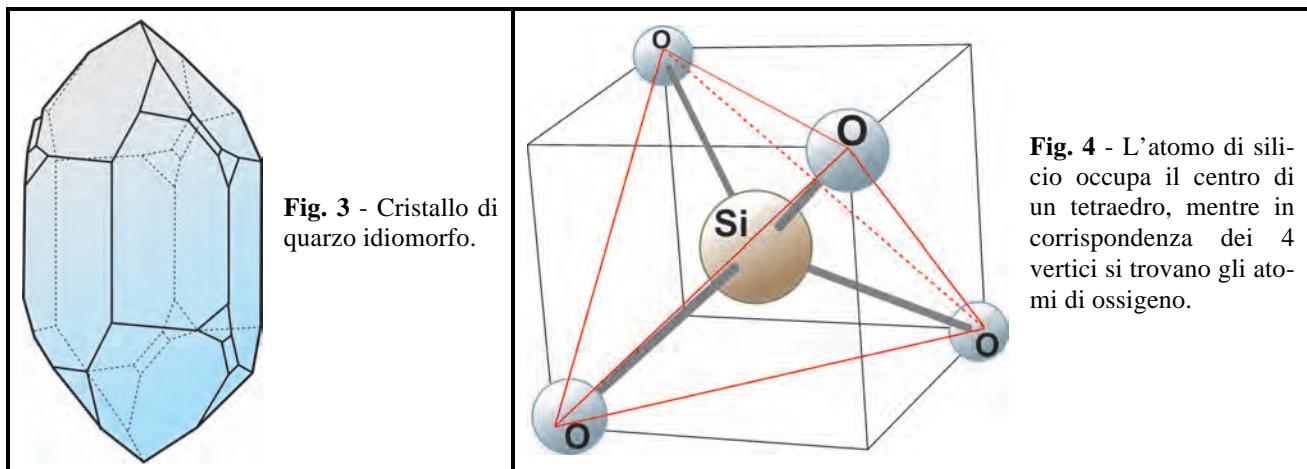
Il **silicio** e l'**ossigeno** costituiscono insieme il 74 % della massa e quasi il 95 % del volume della litosfera. Pertanto le sostanze più abbondanti del regno minerale sono i composti formati dai due elementi. Essi costituiscono i **silicati**, cioè i minerali di gran lunga più rappresentati nelle rocce e nelle pietre da costruzione osservabili nel giro geoturistico di Torino o di qualunque città storica. Vediamo allora che cosa sono i silicati.

Il silicio ha numero atomico 14: nel nucleo sono presenti 14 protoni (ed altrettanti neutroni) e 14 elettroni esterni distribuiti su tre livelli energetici, dei quali il più interno è saturo con 2 elettroni e quello intermedio con 8; anche il guscio più esterno potrebbe essere saturato con 8 elettroni, ma in esso ve ne sono solo 4. Rimangono quindi 4 spazi disponibili. Di conseguenza il comportamento chimico dell'atomo di silicio è condizionato dalla tendenza ad assumere altri 4 elettroni per saturare il guscio esterno. L'atomo di ossigeno ha numero atomico 8; due elettroni saturano il guscio interno, mentre gli altri 6 occupano quello esterno, che può essere saturato con altri due. La **fig. 1** illustra i legami covalenti Si-O. I gusci elettronici esterni del silicio e di 4 atomi di ossigeno si fondono parzialmente. In questo modo il silicio avrà soddisfatta l'esigenza di possedere, in quel guscio, un ottetto elettronico completo. Gli atomi di ossigeno invece non raggiungono ancora il miglior equilibrio, dato che nel loro guscio esterno sono presenti 7 elettroni; ne manca ancora uno per la saturazione. L'unione di un atomo di silicio con quattro di ossigeno può essere rappresentata mediante l'espressione chimica "**SiO₄**".

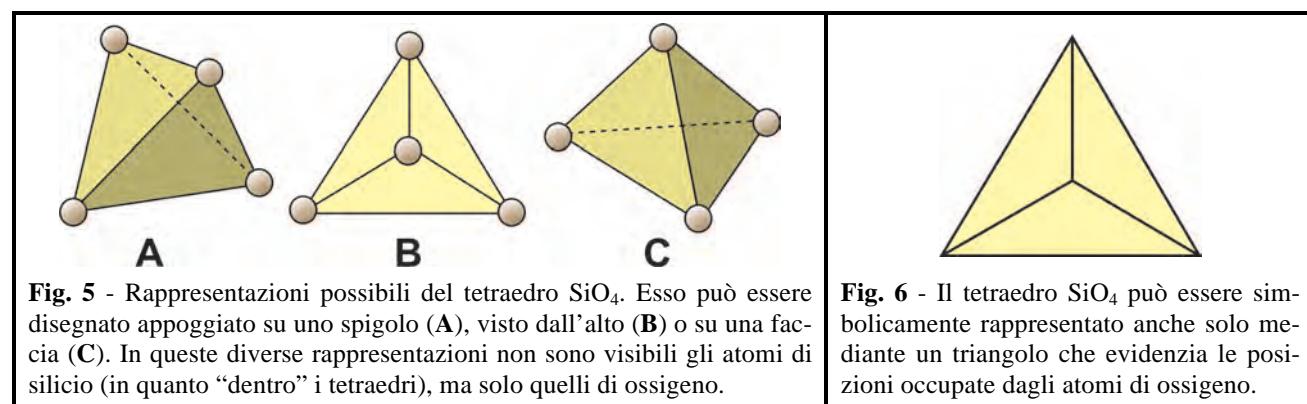


Ogni atomo di ossigeno del gruppo SiO_4 , per acquisire il miglior equilibrio chimico, si lega ancora con un altro atomo per saturare il livello energetico più esterno. Il risultato è la formazione di legami covalenti con altri atomi di silicio come indicato approssimativamente in **fig. 2**. Ogni atomo di ossigeno fa da ponte fra due atomi di silicio; il silicio è sempre circondato da 4 ossigeni. Contando il numero di atomi dei due elementi in tale struttura, si constata che l'ossigeno è in numero doppio rispetto al silicio. Questo composto ha dunque formula **SiO₂** e viene detto **biossido di silicio** o **silice**. Un esempio è il **quarzo**, minerale che (allo stato idiomorfo) si presenta con forme simili a quella indicata in **fig. 3**, rispecchiando l'ordine e la simmetria con cui gli atomi si dispongono nello spazio a formare il reticolo cristallino.

In **fig. 2** la struttura è disposta su un piano, si sviluppa su due dimensioni, manca di “spessore”. Inoltre il cristallo di quarzo ha una simmetria che ricorda quella dell’esagono, solido non compatibile con la **fig. 2**. Negli schemi riportati in **fig. 1** l’angolo di legame Si-O è pari a 90°; invece gli atomi di ossigeno tendono a sistemarsi in posizioni fra loro più distanti possibile. Per soddisfare questa condizione occorre che l’angolo di legame Si-O sia di poco superiore a 105°. In realtà l’atomo di silicio occupa il centro di un **tetraedro** i cui vertici sono occupati dai 4 ossigeni (**fig. 4**).



Nella **fig. 5** sono riportati diversi schemi utili per una migliore comprensione della simmetria del tetraedro. Se il gruppo SiO_4 non è disposto su un piano, ma costituisce una figura a tre dimensioni, l’unione di più tetraedri, che si dispongono nello spazio mettendo in comune i vertici, porta ad un reticolo cristallino ben diverso da quello rappresentato in **fig. 2** e caratterizzato dalla maggior complicazione che presuppone la terza dimensione. È importante sottolineare che la forma di tetraedro del gruppo SiO_4 è la caratteristica più importante della silice e di numerose altre sostanze composte da silicio e ossigeno. Nella maggior parte dei casi, data la complessità delle strutture cristalline, il tetraedro viene rappresentato come se fosse visto dall’alto (**B** in **fig. 5**), oppure come un semplice triangolo (**fig. 6**).



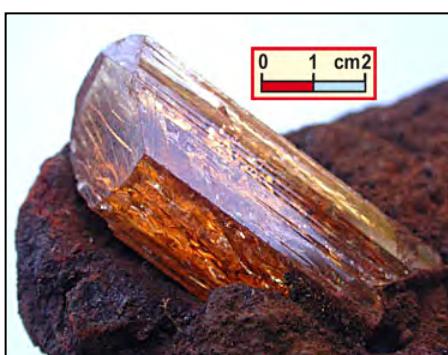
Il dominio minerale è formato da numerosi composti, con predominanza (92 %) di quelli costituiti da silicio e da ossigeno, spesso insieme ad altri elementi in diverse proporzioni; altre sostanze sono relativamente rare. Questi composti sono i **silicati**, che hanno, come carattere principale, una struttura cristallina che dipende dal modo con cui i tetraedri SiO_4 sono disposti nello spazio. Ciò porta ad una vasta serie di reticolni cristallini nei quali vi sono più o meno numerose posizioni occupate da atomi di altri elementi ed in particolare i metalli più abbondanti sulla Terra (ferro, alluminio, calcio, sodio,...).

La silice è un silicato particolare nella cui struttura cristallina non vi è praticamente spazio per elementi diversi dalla coppia silicio - ossigeno. All’opposto vi sono silicati in cui la presenza di elementi metallici è molto importante rispetto a quella dei gruppi SiO_4 . Si potrebbe allora proporre una classificazione dei silicati sulla base del rapporto **$\text{SiO}_4/\text{metalli}$** , oppure sul modo con cui i tetraedri si uniscono fra loro o sulle caratteristiche fisiche dei minerali, compreso il loro aspetto esterno, quando sono allo stato idiomorfo. La classificazione dei silicati tiene conto di un insieme di criteri; quello più importante si basa sulla struttura del

reticolo cristallino; questo assume simmetrie molto diverse a seconda di come si dispongono nello spazio i gruppi SiO_4 . I silicati si possono suddividere in grandi famiglie:

- **nesosilicati (monosilicati);**
- **sorosilicati (disilicati);**
- **tri-tetrasilicati-penta-silicati;**
- **ciclosilicati;**
- **inosilicati (polisilicati);**
- **fillosilicati;**
- **tettosilicati.**

NESOSILICATI. I gruppi SiO_4 sono isolati; gli ossigeni ai vertici dei tetraedri sono legati esclusivamente a metalli diversi dal silicio. Ogni tetraedro è collegato agli altri non direttamente, ma da atomi (prevalentemente ferro ed alluminio) che fanno da ponte fra i vertici dei tetraedri stessi. Sono esempi lo *zircone*, la *sillimanite*, il *topazio*, i *granati*, le *olivine*, ecc... Sono minerali nel cui reticolo cristallino vi è molto spazio per i metalli (**il più basso rapporto $\text{SiO}_4/\text{metalli}$**) per i quali, non essendovi atomi di ossigeno in comune fra i tetraedri, vale il rapporto numerico **$\text{Si:O} = 1:4$** .



Cristallo di topazio (nesosilicato)



Cristalli di granato (nesosilicato)



Cristalli di olivina (nesosilicato)

SOROSILICATI. I gruppi SiO_4 sono a coppie; un ossigeno costituisce un vertice comune a due tetraedri i quali formano quindi l'insieme Si_2O_7 (**fig. 7**) dove sei atomi di ossigeno si legano ad atomi metallici (alluminio, calcio, magnesio,...) che fanno da ponte con altre coppie di tetraedri. Sono esempi la *vesuviana* e i minerali del gruppo degli *epidotiti*. Nel reticolo cristallino vi è meno spazio per i metalli, ma il **rapporto $\text{SiO}_4/\text{metalli}$ è ancora basso**; il fatto che vi sia almeno un atomo di ossigeno su un vertice comune di ogni coppia di tetraedri aumenta il rapporto **$\text{Si:O} = 1:3,5$** .

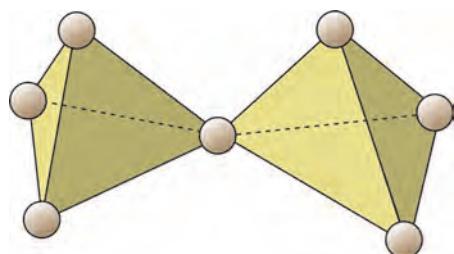


Fig. 7 - Coppia di tetraedri con un atomo di ossigeno in comune.

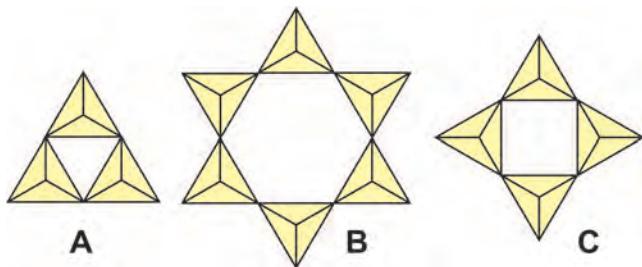


Fig. 8 - Anelli di 3 tetraedri Si_3O_9 (A), di 6 tetraedri Si_6O_{18} (B) e di 4 tetraedri Si_4O_{12} (C).

TRI-TETRA-PENTA-SILICATI. I gruppi SiO_4 sono uniti in insiemi di tre o quattro o cinque. Sono piccole catene di tetraedri; nel caso dei tetrasilicati, quattro tetraedri formano una breve successione in cui i vertici in comune sono tre (gruppi Si_4O_{13}). Costituiscono una famiglia rappresentata da pochi minerali.

CICLOSILICATI. Più di tre tetraedri (al massimo sei) sono uniti in spezzoni chiusi ad anello: due ossigeni di ciascun tetraedro formano sempre un ponte (**fig. 8**). Dei quattro ossigeni di ogni tetraedro due sono esclusivi mentre gli altri appartengono per metà a ciascuno dei due tetraedri adiacenti, tanto che vale il rapporto **$\text{Si:O} = 1:3$** , superiore a quelli dei precedenti silicati. Gli anelli costituiscono gruppi di tetraedri ciascuno con due ossigeni disponibili al legame con atomi metallici (Al, Ca, Mg, K,...) che fanno da ponte con

gli anelli vicini; **aumenta il rapporto SiO₄/metalli**. Fanno parte dei ciclosilicati i minerali *berillo*, *tormalina*, *dioptasio*,...



Cristalli di vesuviana (sorosilicato)



Cristalli di berillo (ciclosilicato)



Cristalli di dioptasio (ciclosilicato)

INOSILICATI. Costituiti da catene lineari indefinite singole di gruppi SiO₄ (**figg. 9 e 10**), dove ciascun tetraedro ha due vertici in comune con quelli adiacenti (**Si:O = 1:3**); oppure le catene possono essere doppie (come due singole adiacenti; **fig. 11**) dove i vertici in comune sono in maggior numero (**Si:O = 2,75**). Le strutture cristalline degli inosilicati sono costituite da catene allineate nella stessa direzione e unite fra loro da atomi metallici (Ca, Mg, Na, Al,...) che fanno da ponte fra le estremità libere dei tetraedri di catene adiacenti; **aumenta il rapporto SiO₄/metalli**. Fra i più comuni minerali citiamo *pirosseni* ed *anfiboli* (es. orneblenda). In particolare merita citare anche l'*amianto*.

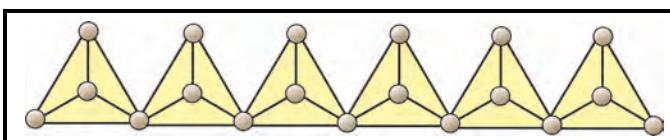


Fig. 9 - Semplice catena di tetraedri dove ogni tetraedro ha due vertici in comune con quelli adiacenti.

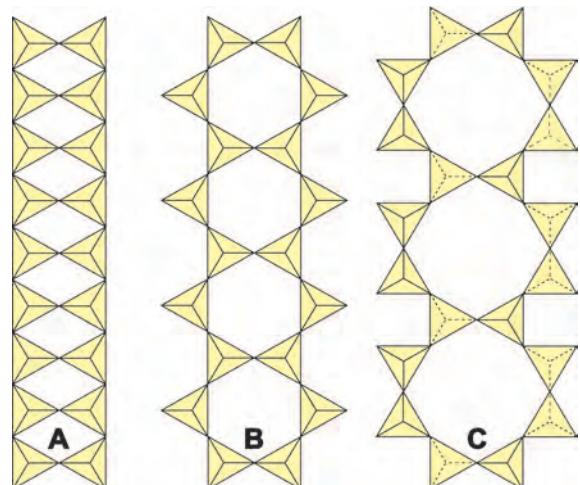
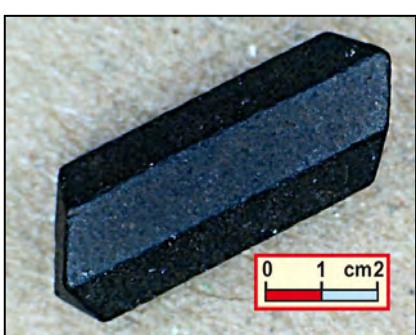


Fig. 10 - Esempi di catene semplici (inosilicati).

Fig. 11 - Catene doppie di tetraedri tipo *sillimanite* (**A**), *anfibolo* (**B**) e *xonotlite* (**C**).



Cristallo di pirosseno (inosilicato)



Cristalli di biotite (fillosilicato)



Cristalli di muscovite (fillosilicato)

FILLOSILICATI. Tutti i tetraedri mettono in comune tre vertici complanari, formando strati indefiniti (**figg. 12 e 13**). Ogni gruppo SiO₄ possiede un solo ossigeno esclusivo e tre in comune con i gruppi adiacenti. Diminuisce il rapporto **Si:O = 1:2,5**. Ogni piano possiede tanti atomi di ossigeno liberi quanti sono i tetraedri

che lo compongono; gli ossigeni liberi si legano con i metalli (prevalentemente magnesio ed alluminio) che fanno da ponte con gli strati sovrastanti e sottostanti. Lo spazio per gli atomi metallici si riduce rispetto ai silicati precedenti e rimangono confinati fra gli strati stessi. È **alto il rapporto SiO₄/metalli**. I fillosilicati più diffusi sono il *talco*, i gruppi delle *miche* (es. biotite e muscovite), dei *serpentini*, delle *cloriti* e dei *minerali delle argille*.

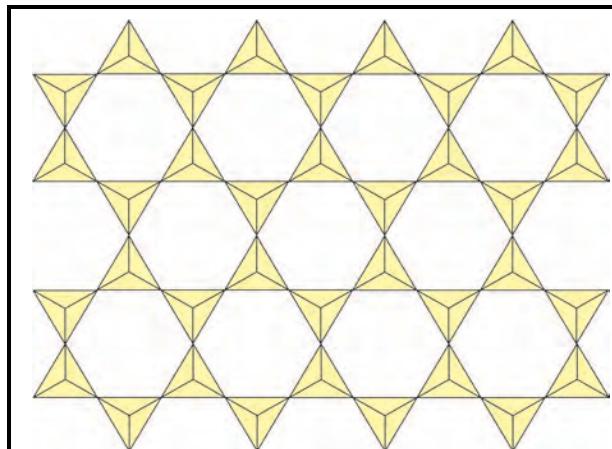


Fig. 12 - Strato di tetraedri a maglia esagonale.

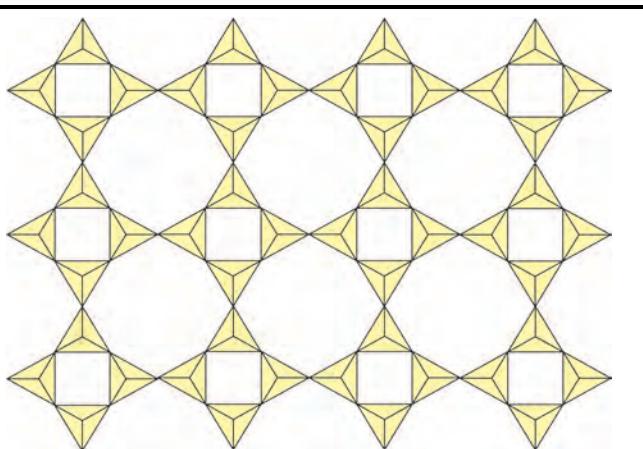


Fig. 13 - Strato di tetraedri a maglie quadrate ed esagonali.

TETTOSILICATI. Tutti i tetraedri hanno in comune i quattro vertici, dando origine ad una intelaiatura tridimensionale continua e indefinita. La formula per l'insieme è SiO₂, con rapporto **Si:O = 1:2**, il più basso fra tutti i silicati. Non vi è teoricamente spazio per atomi metallici; tuttavia alcuni atomi di silicio possono essere sostituiti da atomi di alluminio, alterando la struttura cristallina e consentendo la disponibilità di spazi, seppure limitati, per altri metalli, quali soprattutto potassio e sodio, ma anche calcio, magnesio,...: il **rapporto SiO₄/metalli è molto alto**. I minerali più frequenti sono il *quarzo* e i gruppi dei *feldspati* (es. ortoclasio che è un feldspato potassico ed il plagioclasio che può essere sodico o calcico), dei *feldspatoidi* (es. nefelina) e delle *zeoliti*.



Cristalli di quarzo (tettosilicati)



Cristalli di ortoclasio (tettosilicati)

APPENDICE 2 - Dove si trovano i silicati

Il modo con il quale i tetraedri silicatici si dispongono nello spazio comporta molti tipi di strutture cristalline che, come visto, offrono spazi molto diversi ad atomi metallici. Questo aspetto è sintetizzato dal rapporto **SiO₄/metalli**, molto basso nei minerali come i nesosilicati o i sorosilicati e molto alto nei tettosilicati. Si dice che i primi sono “silicati poveri di silice” mentre i secondi sono caratterizzati da un “alto contenuto di silice”. Inoltre i tetraedri si legano fra loro mettendo in comune i vertici. Si va dai nesosilicati, dove ogni ossigeno è

legato ad un solo atomo di silicio, ai tettosilicati, dove tutti gli ossigeni sono legati a due atomi di silicio. Pertanto il rapporto numerico **Si/O** va da un minimo di 1/4 nei primi ad un massimo di 1/2 nei secondi.

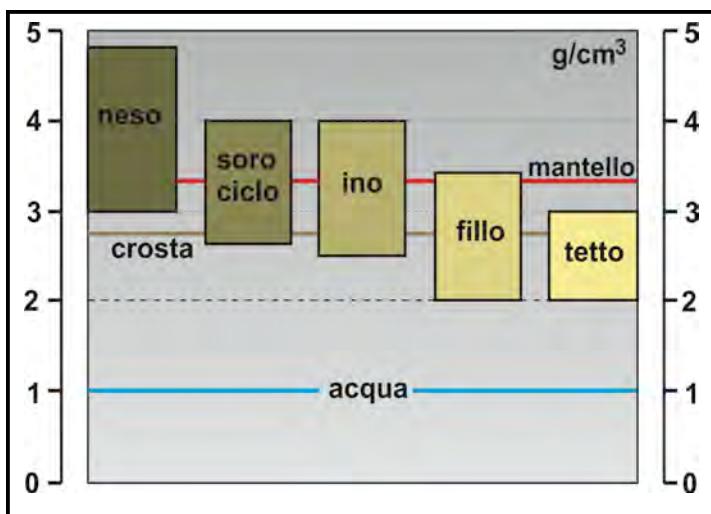


Fig. 14 - Rappresentazione degli ambiti di densità [g/cm^3] delle principali famiglie dei silicati a confronto con quelle dell'**acqua**, e medie della **crosta** e del **mantello superiore**.

È molto importante mettere bene in evidenza il concetto secondo il quale *le caratteristiche fisiche di un minerale dipendono soprattutto da quelle del reticolo cristallino che lo compone*. Di conseguenza i silicati, pur costituendo tutti un unico insieme di composti, presentano proprietà fisiche e chimiche molto diverse. Ciò non stupisce dato che abbiamo appena constatato come siano molto diverse le strutture cristalline delle famiglie di minerali che compongono i silicati stessi.

Una importante proprietà fisica è la **densità** (rapporto tra massa e volume di un determinato corpo ($\text{kg}/\text{dm}^3 = \text{g}/\text{cm}^3$)). Ogni famiglia di silicati è costituita da numerosi minerali, ciascuno con caratteristici valori di densità. Per linee molto generali, è possibile (fig. 14) esprimere alcune considerazioni:

- la densità diminuisce all'aumentare dei rapporti $\text{SiO}_4/\text{metalli}$ ed Si/O ;
- i nesosilicati più “leggieri” hanno densità paragonabile a quella dei tettosilicati più pesanti.
- i tettosilicati ed i fillosilicati più “leggieri” hanno densità almeno doppia rispetto a quella dell'acqua (cinque volte superiore quella dei nesosilicati più “pesanti”);
- i tettosilicati più “pesanti”, la media dei fillosilicati e i più leggeri fra gli altri silicati (ad esclusione dei nesosilicati) hanno densità media simile a quella della crosta terrestre;
- nessun tettosilicato ha densità paragonabile a quella del mantello superiore o a quella dei fillosilicati più “pesanti” o, ancora, dei nesosilicati più “leggieri”;
- i silicati con minore densità (come la maggior parte dei fillosilicati e dei tettosilicati, con elevato contenuto di silicio e di alluminio) si trovano più frequentemente a costituire la parte superiore della crosta; essi compongono materiali detti **rocce sialiche** (perché caratteristici del sial, cioè della litosfera); ciò non significa che tali minerali non siano presenti, anche se con minore frequenza, a maggiori profondità;
- i silicati con maggiore densità (come la maggior parte dei neso-soro-ciclo-silicati e parte degli inosilicati) si trovano più frequentemente a costituire le porzioni più profonde della crosta e del mantello superiore; essi compongono materiali detti **rocce femiche** (perché con minore contenuto di silicio e alluminio e con maggiore percentuale dei metalli più “pesanti”, fra i quali il ferro); possono anche trovarsi, ma con minore frequenza, nella porzione superficiale della crosta;
- i minerali sono sostanze composte più o meno complesse, soggette alle leggi della chimica; quindi i silicati si distinguono anche in funzione del comportamento chimico; la presenza di atomi metallici condiziona il chimismo della sostanza conferendo ad essa la tendenza a comportarsi come “base”; pertanto i minerali conferiscono alle rocce che compongono caratteristiche tali da essere suddivise in “acide” (sialiche) o “basiche” (femiche).

APPENDICE 3 - Definizione di roccia

Conviene riproporre alcune definizioni fondamentali della chimica:

- **sostanza elementare**; porzione di materia costituita da un solo elemento; le sostanze elementari sono rarissime in natura; nel dominio minerale vengono dette **elementi nativi**; sono spesso metalli che possono formare piccoli minerali con dimensioni che raramente superano pochi millimetri, ma possono essere anche altri elementi come lo zolfo e il carbonio (grafite e diamante);
- **sostanza composta**; più frequenti in natura rispetto a quelle elementari, ma allo stato puro (o quasi) sono comunque rare; sono la combinazione di due o più elementi e descritte dalle formule chimiche; i minerali che abbiamo sopra citato sono esempi di sostanze composte piuttosto complesse, ma ve ne sono altre molto più semplici; in natura è possibile rinvenire composti allo stato puro in frammenti con dimensioni molto

variabili, da frazioni di millimetro fino a qualche centimetro; un classico esempio è rappresentato dai grossi cristalli di quarzo da collezione, cioè SiO_2 allo stato puro (o quasi) che può contenere piccolissime quantità di altri elementi (impurezze) spesso responsabili delle diverse tonalità di colore; anche le gemme sono esempi di sostanze composte allo stato più o meno puro; i granelli di sale da cucina sono piccoli minerali, cioè il composto cloruro di sodio (NaCl) in stato cristallino; l'acqua pura è una sostanza composta che, allo stato solido (cristallino), può essere considerata un minerale;

- **miscuglio:** insieme di sostanze, composte o elementari o di entrambe; se in Natura i materiali costituiti unicamente da un elemento o da un composto costituiscono l'eccezione, i miscugli rappresentano la norma; nel dominio minerale (inorganico) sono quindi rarissimi gli elementi nativi o i minerali isolati; quasi sempre i materiali costituenti l'astenosfera sono insiemi di minerali e cioè dei miscugli o, in altri termini, **rocce**.

Una definizione di roccia è la seguente: **massa formata da aggregati di minerali che costituisce parte integrante della crosta o del mantello superiore.** I miscugli sono *miscele* di più sostanze che possono essere *omogenee* o *eterogenee*. Le prime sono il risultato della mescolanza di due o più sostanze non più distinguibili dalle altre nella miscela ottenuta; un esempio è la soluzione acqua - sale da cucina che è quindi un *miscuglio omogeneo*. Quando le diverse sostanze sono distinguibili le une dalle altre, si parla di *miscuglio eterogeneo* (per esempio le miscela cemento-sabbia o acqua-olio). La maggior parte delle rocce sono miscele eterogenee dato che sono aggregati di minerali diversi, ciascuno dei quali spesso distinguibile dagli altri. Un classico esempio è il granito, roccia costituita da un insieme di minerali silicatici (quarzo, feldspati e miche) che appaiono singolarmente separati e distinguibili per colore e per forma. Miscugli eterogeni come il granito vengono detti **rocce composite**. Anche miscugli omogenei possono dare origine a rocce composite, dove però le diverse sostanze (minerali) sono molto più difficilmente distinguibili o non affatto distinguibili. Le **rocce semplici** sono meno frequenti e sono costituite da un minerale (*essenziale*) che prevale nettamente sugli altri (*accessori*). I minerali accessori sono sparsi in quantità variabili da punto a punto, molto limitate e subordinate rispetto a quello principale. Esempi sono i calcari puri, rocce composite esclusivamente, o quasi, dal minerale calcite. Le rocce possono essere classificate in base alla loro origine o alla composizione chimica e mineralogica (quando i cristalli che le compongono sono evidenti). Il chimismo di una roccia consente alcune considerazioni:

- le caratteristiche fisiche e chimiche delle rocce sono la risultante di quelle dei minerali che le compongono; se in una roccia prevale il minerale calcite, essa più di altre, è distruttibile per l'azione dell'acqua che scioglie i carbonati più facilmente rispetto ad altri minerali; una massa rocciosa dove prevalgono i tettosilicati, sarà meno "pesante" di un'altra dove sono più abbondanti i nesosilicati;
- le masse in cui sono assenti i carbonati e dove prevalgono fillosilicati e tettosilicati (e qualche inosilicato fra i più "leggieri") sono *rocce sialiche* o a *chimismo acido*, o *ricche di silice*; sono relativamente "leggere" (bassa densità) e pertanto si trovano prevalentemente nelle porzioni superficiali della crosta; anche le rocce carbonatiche sono "leggere" e superficiali, ma sono caratterizzate da un chimismo basico;
- le masse in cui prevalgono silicati a più basso rapporto " $\text{SiO}_4/\text{metalli}$ " (neso-soro-ciclosilicati e i più "pesanti" degli inosilicati) sono *rocce femiche* o a *chimismo basico o povere di silice*; sono relativamente pesanti (maggiore densità) e pertanto si trovano prevalentemente nelle porzioni profonde della crosta e nel mantello superiore.

APPENDICE 4 - Non solo silicati

I silicati sono composti dominanti della litosfera. Ma in piccole quantità sono presenti altre sostanze. Nella letteratura mineralogica esistono attualmente circa 2.000 tipi di minerali e altri se ne aggiungono alla media di una decina all'anno. Un numero così alto di specie rende inevitabile la necessità di una catalogazione sistematica. La classificazione cristallochimica stabilisce che la specie minerale è definita come insieme di tutti gli individui minerali caratterizzati da un identico motivo strutturale e da una composizione chimica variabile entro limiti definiti, in genere ristretti, in equilibrio termodinamico in particolari condizioni effettivamente realizzate sulla Terra o nei corpi celesti accessibili all'uomo. La principale classificazione cristallochimica è stata elaborata dal tedesco H. STRUNZ nel 1938 (aggiornata nel 1970 con la *Mineralogische Tabellen* - Lipsia) che propone nove classi che riportiamo con alcuni esempi tra i minerali più noti.

I - ELEMENTI. Si presentano spesso come elementi nativi. Abbiamo già avuto modo di citare il *diamante* e la *grafite* (a proposito del carbonio). Si possono anche ricordare il *rame* (sotto forma di cristalli cubici o

ottaedrici di colore rossastro), l'*oro* (rarissimi cristalli in granuli o pagliuzze, spesso diffusi in una matrice di quarzo), lo *zolfo* (in cristalli piramidali o come impregnazioni e/o incrostazioni da giallo a nero),....

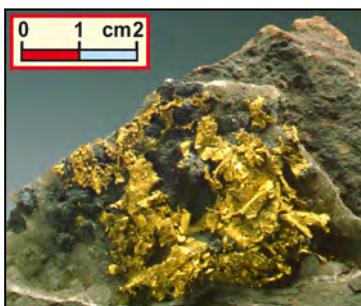
II - SOLFURI. Sono composti dello zolfo, fra i quali merita citare la *calcopirite* (CuFeS_2) da cui si estrae il rame, la *galena* (PbS) il principale minerale per l'estrazione del piombo, la *pirite* (FeS_2) utile per la produzione industriale dell'acido solforico,....

III - ALOGENIDI. Il più noto è il comune sale da cucina (salgemma, NaCl ; di cui si è ampiamente discusso nel precedente capitolo). Altri esempi sono la *fluorite* (CaF_2) utile per la produzione dell'acido fluoridrico e per l'industria ottica, la *silvite* (KCl) importante per la produzione di fertilizzanti,....

IV - OSSIDI E IDROSSIDI. Gruppo di numerosi minerali fra i quali la *cuprite* (Cu_2O) minerale industriale del rame e talvolta tagliata come gemma, la *magnetite* e l'*ematite* (Fe_3O_4) importante per l'estrazione del ferro, il *corindone* (Al_2O_3) gemma di pregio, l'*opale* ($\text{SiO}_2 \cdot \text{nH}_2\text{O}$) una delle pietre preziose di maggior valore, la *bauxite* ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{nH}_2\text{O}$) utilizzato per l'estrazione metallurgica dell'alluminio, la *limonite* ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{nH}_2\text{O}$),.... Anche il quarzo (SiO_2) è considerato un ossido, seppure meglio inseribile nella famiglia dei tettosilicati.



Rame



Oro



Zolfo



Pirite



Salgemma



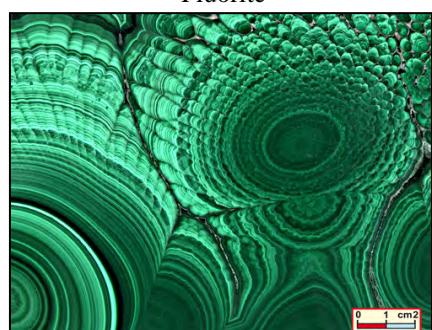
Fluorite



Magnetite



Calcite



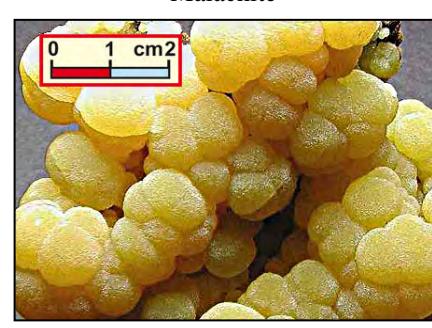
Malachite



Borace



Gesso



Mimetite

V - NITRATI, CARBONATI, BORATI. Dopo il gruppo dei silicati è il più numeroso. Fra essi citiamo la *magnesite* ($MgCO_3$) fondamentale per l'estrazione del magnesio, la *siderite* ($FeCO_3$) utile per l'estrazione del ferro, la *calcite* e l'*aragonite* ($CaCO_3$) il comune carbonato di calcio, la *dolomite* ($CaMgC_2O_6$) caratteristica delle rocce delle Alpi Dolomitiche, la *malachite*,.... a cui si possono ancora aggiungere altri esempi di borati come la *borace* e la *colemanite*.

VI - SOLFATI. Fra i più noti citiamo l'*anidrite* (produzione di acido solforico, nell'industria cartaria e come pietra ornamentale per l'architettura di interni) ed il *gesso* (materiale che si forma in ambienti evaporitici). Di questo gruppo fanno parte altri minerali più rari come cromati, molibdati e wolframati.

VII - FOSFATI, ARSENIATI, VANADATI. Sono minerali spesso considerati come gemme e/o per collezioni, fra le quali ricordiamo l'*apatite* ed il *turchese* (fosfati), la *mimetite* (arsenato), la *tirolite* (arsenato),....

VIII - SILICATI. È il gruppo più importante, suddiviso in diverse famiglie, come ampiamente sopra illustrato.

IX - SOSTANZE ORGANICHE. Nel campo mineralogico sono poco importanti, fra i quali si possono ricordare la *whewellite* e l'*ambra*.