

### L'area di Rapolano Terme

I travertini di quest'area [12] si sono depositati dopo gli eventi tettonici che hanno strutturalmente deformato le unità sottostanti (la serie Toscana, del Macigno e flyshoide). Sono di origine continentale e sono strettamente collegati alla presenza di una faglia ad andamento nord nord ovest-sud sud est e ad una serie di faglie ad essa vicarianti e con andamento obliquo. Lungo tali aree tettoniche si ha la presenza di numerose sorgenti termominerali ed infiltrazione di masse d'acqua che in profondità possono mineralizzarsi, generando in superficie depositi di travertino a litologia e giacitura assai differenziata, che spaziano da sottili veli non ancora diagenizzati, a potenti e più o meno estese placche afferenti alle sorgenti termominerali. Il loro spessore è di qualche decina di metri.

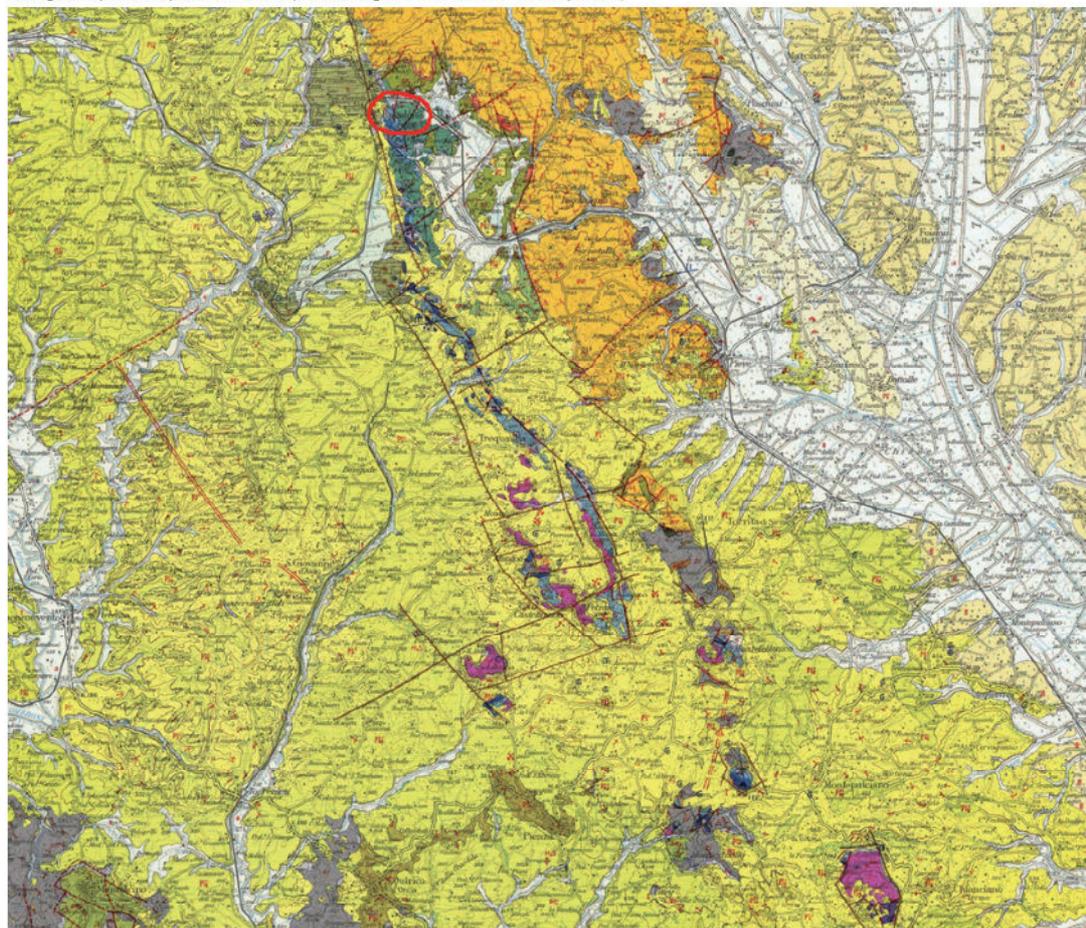
Gli studi geologici hanno portato alla identificazione di quattro placche, di cui una è ubicata in vicinanza dell'abitato di Rapolano Terme, mentre le rimanenti tre sono posizionate a sud di Serre di Rapolano (Oliviera, Noceto Capanni, Filicheto). L'omogeneità dell'aspetto del materiale e delle sue caratteristiche litologiche, mostra nel tempo uniformità genetiche e costanza areale di deposizione, con la presenza di un litotipo chiaro regolarmente sedimentato al di sopra di uno più scuro.

### The area of Rapolano Terme

Travertine deposition in this area [12] was subsequent to tectonic events that structurally deformed the underlying units (the Tuscan, Macigno and flyschoid series). The travertine is of continental origin and closely linked to the presence of a NNW-SSE trending fault and to a series of faults directed obliquely with respect to the former. Along these tectonic areas there are numerous thermomineral springs and waters seeping deep down can be mineralized, generating surface travertine deposits with extremely variable lithology and position. These range from thin veils that have not yet undergone diagenesis to imposing sheets, some tens of meters thick and of variable extension, linked to the presence of thermomineral sources.

Geological studies have identified four sheets, of which one lies near the village of Rapolano Terme, whereas the others are located south of Serre di Rapolano (Oliviera, Noceto Capanni and Filicheto). The material has an homogeneous appearance and lithological characteristics; its formation mechanism and area of deposition have remained constant over time, with the presence of a light coloured rock regularly deposited above a darker one.

Carta geologica dell'area di Rapolano Terme (Carta Geologica d'Italia, foglio 121 - Montepulciano).  
Geological map of the Rapolano Terme area (Carta Geologica d'Italia, sheet 121 - Montepulciano).





Aspetto del Travertino Silver e delle varietà Silver Dorato e Silver Ocean Blu.

Silver Travertine and the varieties Golden Silver and Silver Ocean Blue.



### Travertino Silver Cava San Giovanni

#### Descrizione macroscopica

Litotipo sedimentario laminato di colore di insieme grigio-verde. Le lamine hanno spessori variabili da sub millimetrici, nel qual caso possono presentare anche andamento convoluto, a centimetrici dove tendono ad essere sub parallele. Sono presenti pori di dimensioni variabili – da sub millimetrici a centimetrici – con sviluppo isoorientato e generalmente concentrato all'interno di alcune lamine. Localmente il materiale si presentano in fase di ricristallizzazione.

La roccia è sana e priva di colorazioni anomale che possano far pensare ad una fase incipiente di alterazione. Reagisce in presenza di acido cloridrico lasciando ipotizzare una composizione calcitica, e si riga con una lama metallica lasciando presupporre una durezza dei suoi costituenti pari a 3-4 della scala di Mohs.

#### Descrizione microscopica

Litotipo sedimentario di origine chimico-concrezionale, a composizione calcarea. Esso è costituito da micro strutture calcitiche particolarmente omogenee anche se localmente più o meno addensate. Il materiale è

composto da chiazze di micrite [13] con sviluppo dimensionale minore di 40 micron, attorniate da cristalli di micro sparite limpida con dimensioni minori di 30 micron. Le strutture micritiche sono differentemente compattate ed ispessite tanto da generare micrometriche laminazioni micritiche o, per loro diradamento, aree prevalentemente costituite da sparite [14] e porose. Rara la micrite addensata secondo strutture filiformi. Localmente le strutture laminari sono fratturate e caoticamente riorganizzate. La calcite, microspartita, diventa isopaca nel rivestimento dei pori.

Le porosità sono di varie tipologie: intergranulari, fenestrali, da frattura e da riparo e più raramente da impronta. Esse sono generalmente rivestite da calcite cristallina isopaca. Sono presenti rari bioclasti micritizzati – probabili frammenti di steli – mentre le caratteristiche strutturali della roccia lasciano ipotizzare la presenza originaria di cianobatteri ed alghe. Il materiale è di origine autoctona.

*Definizione petrografica (secondo EN12670) TRAVERTINO (Biolite)*

*Denominazioni commerciali*  
Silver; Dorato; Ocean Blue

[13] Con il termine "micrite" si intende calcite a grana fine con diametro minore di 0,5 micron.

[14] Con il termine "sparite" si intende calcite a grana medio grossolana con diametro maggiore di 5 micron. Microspartite comprende individui con dimensioni tra 5 e 35 micron, mentre la macrosparite ha dimensioni maggiori di 35 micron.

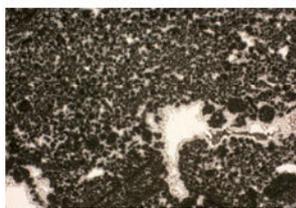
[15] Soluzione A: (500±10) ml di acido solforoso (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) (soluzione con il 5-8% di SO<sub>2</sub>) in (150 ±10) ml di acqua deionizzata o demineralizzata. Soluzione B: (150 ±10) ml di acido solforoso (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) (soluzione con il 5-6% di SO<sub>2</sub>) in (500±10) ml di acqua deionizzata o demineralizzata.

Caratteristiche fisico-meccaniche - Physical-mechanical properties

NORMA STANDARD	INDAGINE TEST	RISULTATO RESULTS
UNI EN 12407:2001	Esame petrografico <i>Petrographic examination</i>	Travertino (calcareo concrezionale) <i>Travertine (concretionary limestone)</i>
UNI EN 12372:2001	Resistenza a flessione sotto carico concentrato <i>Flexural strength under concentrated load</i>	Valore medio $R_{f1} = 11,6$ MPa <i>Mean value <math>R_{f1} = 11,6</math> MPa</i> Deviazione standard $s = 2,1$ MPa <i>Standard deviation <math>s = 2,1</math> MPa</i>
UNI EN 1926:2000	Resistenza alla compressione <i>Compressive strength</i>	Valore medio $R_{m1} = 78$ MPa <i>Mean value <math>R_{m1} = 78</math> MPa</i> Deviazione standard $s = 13$ MPa <i>Standard deviation <math>s = 13</math> MPa</i> Coefficiente di variazione $v = 0,2$ <i>Coefficient of variation <math>v = 0,2</math></i>
UNI EN 13755:2002	Assorbimento d'acqua a pressione atmosferica <i>Water absorption at atmospheric pressure</i>	Valore medio = 0,8% <i>Mean value = 0,8 %</i>
UNI EN 1936:2001	Massa volumica apparente e porosità aperta <i>Apparent density and open porosity</i>	Massa volumica apparente, valore medio $\rho_b = 2510$ kg/m <sup>3</sup> <i>Apparent density, mean value <math>\rho_b = 2510</math> kg/m<sup>3</sup></i> Porosità aperta media $p_0 = 4,81\%$ <i>Open porosity, mean value <math>p_0 = 4,81</math> %</i>
UNI EN 12371:2003	Resistenza al gelo con sollecitazione a flessione dopo 48 cicli di gelo disgelo <i>Determination of frost resistance: flexural strength under concentrated load after 48 freeze/thaw cycles</i>	Valore medio $R_{f2} = 9,8$ MPa <i>Mean value <math>R_{f2} = 9,8</math> MPa</i> Deviazione standard $s = 1,8$ MPa <i>Standard deviation <math>s = 1,8</math> MPa</i> La resistenza a flessione diminuisce del 16% rispetto la flessione semplice <i>There is a 16% decrease in flexural strength with respect to simple flexure</i>
UNI EN 1925:2001	Coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità <i>Water absorption coefficient by capillarity</i>	Valore medio $C_2 = 1,193$ g/m <sup>2</sup> .s <sup>0,5</sup> parallelo ai piani di anisotropia <i>Mean value <math>C_2 = 1,193</math> g/m<sup>2</sup>.s<sup>0,5</sup> parallel to the anisotropy plane</i>
UNI EN 13919:2004 [15]	Resistenza all'invecchiamento dovuto a SO <sub>2</sub> in presenza di umidità <i>Resistance to ageing by SO<sub>2</sub> action in the presence of humidity</i>	Variazione di massa, valore medio <i>Variation in mass, mean value</i> (soluzione A) $\Delta m = - 0,10\%$ <i>(solution A) <math>\Delta m = - 0,10\%</math></i> (soluzione B) $\Delta m = - 0,01\%$ <i>(solution B) <math>\Delta m = - 0,01\%</math></i>
UNI EN 14066:2004	Resistenza all'invecchiamento accelerato tramite shock termici (20 cicli) <i>Resistance to ageing by thermal shock (20 cycles)</i>	Variazione di massa, valore medio $\Delta m = - 0,04\%$ <i>Variation in mass, mean value <math>\Delta m = - 0,04\%</math></i>
UNI EN 14231:2004	Resistenza allo scivolamento tramite apparecchiatura a pendolo sulle superfici. Valori medi delle varie finiture <i>Determination of the slip resistance by means of the pendulum tester. Mean values for different finishes</i>	Levigata provino asciutto SRV = 76 <i>Smoothed dry specimen SRV = 76</i> provino bagnato SRV = 58 <i>wet specimen SRV = 58</i> Lucida provino asciutto SRV = 63 <i>Polished dry specimen SRV = 63</i> provino bagnato SRV = 25 <i>wet specimen SRV = 25</i> Piano sega Cut surface Bocciardata Bush-hammered Sabbata Sandblasted provino bagnato SRV = 79 <i>wet specimen SRV = 79</i> provino bagnato SRV = 78 <i>wet specimen SRV = 78</i> provino bagnato SRV = 76 <i>wet specimen SRV = 76</i>
UNI EN 14157:2005	Resistenza all'abrasione <i>Abrasion resistance</i>	Valore medio = 20,2 mm <i>Mean value = 20,2 mm</i>

Struttura del Travertino Silver ingrandita allo stereomicroscopio e al microscopio a luce polarizzata.

Structure of Silver Travertine under the stereomicroscope and the polarized light microscope.



Travertino Silver - the San Giovanni Quarry

Macroscopic description

A laminated sedimentary rock with an overall green-grey colour. Laminations have a variable thickness ranging from submillimetric, in which case they may be convoluted, to centimetric, in which case they tend to be subparallel. Pores are submillimetric to centimetric; they are iso-oriented, generally concentrated within certain laminations and are locally undergoing recrystallization.

The rock is intact and has no colour anomalies suggestive of incipient alteration. It reacts with hydrochloric acid, suggesting a calcitic composition, and can be scratched with a metal blade, indicating a hardness of 3-4 on the Mohs scale.

Microscopic description

Calcareous sedimentary stone of chemical-concretionary origin. It consists of particularly homogeneous calcitic microfabrics that may be locally aggregated. The material consists of micrite patches [13] less than 40 microns in size surrounded by clear microspar crystals less than 30 microns long. The micritic fabrics have variable density and

thickness, giving rise to micrometric micritic laminations or, when less compact, porous areas mainly consisting of spar [14]. Dense micrite in filamentous structures is rare. Laminar structures are locally fractured and chaotically reorganized. The calcite (microspar) lining pores is isopachous.

Porosity is intergranular, fenestral, fissure, shelter and occasionally mouldic. Pores are generally lined with crystalline isopachous calcite. There are rare micriticized bioclots - probably stem fragments - whereas the structural characteristics of the rock suggest the original presence of cyanobacteria and algae. The stone is autochthonous.

Petrographic definition (according to EN12670)

TRAVERTINE (Biolithite)

Commercial names

Silver; Dorato; Ocean Blue



Aspetto del Travertino Rapolano Chiaro e struttura dello stesso materiale ingrandita allo stereomicroscopio e al microscopio a luce polarizzata.

Light Rapolano Travertine and magnified view of its structure under the stereomicroscope and the polarized light microscope.

### Travertino Rapolano Chiaro

#### Descrizione macroscopica

È un materiale di origine sedimentaria, disomogeneo nel colore e nella struttura in quanto da localmente laminato passa a strutture ad andamento convoluto. Ha colore di insieme beige e presenta tonalità cromatiche che variano dal color avorio, al beige al bruno - grigio. Le lamine che ne costituiscono la struttura hanno spessori variabili da pochi micron a millimetrici fino a centimetrici. La roccia è caratterizzata da pori di dimensioni che variano da micrometrici a centimetrici, di forma allungata e disposti sub parallelamente rispetto le lamine che hanno uno sviluppo relativamente lineare. È una roccia sana e priva di tracce di alterazione. Reagisce in presenza di acido cloridrico, lasciando ipotizzare una composizione calcitica, e si riga con una lama metallica lasciando presupporre una durezza dei suoi costituenti pari a 3=4 della scala di Mohs.

#### Descrizione microscopica

Litotipo sedimentario di origine chimico - concrezionale, a composizione calcarea con aspetto disomogeneo

per la presenza di microstrutture calcitiche di forme variabili.

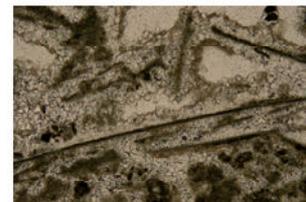
In alcune parti della sezione si osservano strutture dendritiche di dimensioni massime pari a 7 mm, localmente laminate e circondate da calcite spatica a mosaico limpido, talora intorbidito da minute granulazioni di opachi, mentre in altre aree tali biostrutture evolvono in calcite a cespugli (dimensioni minori 1 mm), fino ad avere zone costituite da cristalli sparitici con microgranulazioni di origine batterica addensati nel loro nucleo, sulla cui superficie, si possono osservare cristalli rombici di calcite di origine secondaria. Tali strutture, tra loro differenti e più o meno addensate, conferiscono una rilevante variabilità all'aspetto strutturale del materiale.

La sparite è presente sia a mosaico, limpida, di dimensioni ridotte, prevalentemente presente attorno e all'interno delle strutture dendriformi, ed in coincidenza dei pori dove, prevalentemente come materiale di rivestimento o di riempimento, essa si presenta con forme differenti, isopaca, a palizzata, ad arco gotico, e più raramente fibrosa con inclusi di opachi.

I pori sono intergranulari o fenestrali, nel qual caso raggiungono dimensioni sub centimetriche con sviluppo allungato lungo un asse preferenziale parallelo alle lamine di sedimentazione. In netto subordine sono quelli di impronta. Nella maggior parte dei casi i pori sono rivestiti da calcite, talora anche in maniera asimmetrica (dripstone). Rare le tracce di bioclasti costituiti da frammenti di molluschi, da alghe o essenze vegetali e arbustive micritizzate o come porosità da impronta, non determinabili. Le strutture micritiche del materiale sono tipiche di un agglomeramento calcitico imputabile alla presenza di cianobatteri. Il materiale è di origine autoctona.

*Definizione petrografica (secondo EN12670) TRAVERTINO (Biolite)*

*Denominazioni commerciali*  
Oniciato Bianco; Oniciato Gold; Oniciato Venato; Becagli Chiaro; Etrusco Capanni



**Caratteristiche fisico-meccaniche - Physical-mechanical properties**

NORMA STANDARD	INDAGINE TEST	RISULTATO RESULTS
<b>UNI EN 12407:2001</b>	Esame petrografico <i>Petrographic examination</i>	Travertino (calcareo concrezionale) <i>Travertine (concretionary limestone)</i>
<b>UNI EN 12372:2001</b>	Resistenza a flessione sotto carico concentrato <i>Flexural strength under concentrated load</i>	Valore medio $R_f = 10,4$ MPa <i>Mean value <math>R_{ff} = 10,4</math> MPa</i> Deviazione standard $s = 2,3$ MPa <i>Standard deviation <math>s = 2,3</math> MPa</i>
<b>UNI EN 1926:2000</b>	Resistenza alla compressione <i>Compressive strength</i>	Valore medio $R_m = 62$ MPa <i>Mean value <math>R_m = 62</math> MPa</i> Deviazione standard $s = 16$ MPa <i>Standard deviation <math>s = 16</math> MPa</i> Coefficiente di variazione $v = 0,3$ <i>Coefficient of variation <math>v = 0,3</math></i>
<b>UNI EN 13755:2002</b>	Assorbimento d'acqua a pressione atmosferica <i>Water absorption at atmospheric pressure</i>	Valore medio = 0,7% <i>Mean value = 0,7 %</i>
<b>UNI EN 1936:2001</b>	Massa volumica apparente e porosità aperta <i>Apparent density and open porosity</i>	Massa volumica apparente, valore medio $\rho_a = 2458$ kg/m <sup>3</sup> <i>Apparent density, mean value <math>\rho_a = 2458</math> kg/m<sup>3</sup></i> Porosità aperta media $p_o = 5,30\%$ <i>Open porosity, mean value <math>p_o = 5,30\%</math></i>
<b>UNI EN 12371:2003</b>	Resistenza al gelo con sollecitazione a flessione dopo 48 cicli di gelo disgelo <i>Determination of frost resistance: flexural strength under concentrated load after 48 freeze/thaw cycles</i>	Valore medio $R_{ff} = 9,7$ MPa <i>Mean value <math>R_{ff} = 9,7</math> MPa</i> Deviazione standard $s = 1,3$ MPa <i>Standard deviation <math>s = 1,3</math> MPa</i> La resistenza a flessione diminuisce del 7% rispetto la flessione semplice <i>There is a 16% decrease in flexural strength with respect to simple flexure</i>
<b>UNI EN 1925:2001</b>	Coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità <i>Water absorption coefficient by capillarity</i>	Valore medio $C_2 = 1,327$ g/m <sup>2</sup> ·s <sup>0,5</sup> parallelo ai piani di anisotropia <i>Mean value <math>C_2 = 1,327</math> g/m<sup>2</sup>·s<sup>0,5</sup> parallel to the anisotropy plane</i>
<b>UNI EN 13364:2003</b>	Carico di rottura in corrispondenza dei fori di fissaggio <i>Breaking load at dowel hole</i>	Valore medio distanza foro-faccia nel punto di rottura $d_1 = 8$ mm <i>Mean distance from the hole to the face in the direction of the force <math>d_1 = 8</math> mm</i> Valore medio distanza massima centro foro-bordo frattura $b_A = 36$ mm <i>Mean maximum distance from the centre of the hole to the edge of the fracture <math>b_A = 36</math> mm</i> Valore medio del carico di rottura $F = 1200$ N <i>Mean breaking load <math>F = 1200</math> N</i>
<b>UNI EN 13919:2004 [15]</b>	Resistenza all'invecchiamento dovuto a SO <sub>2</sub> in presenza di umidità <i>Resistance to ageing by SO<sub>2</sub> action in the presence of humidity</i>	Variazione di massa, valore medio <i>Variation in mass, mean value</i> (soluzione A) $\Delta m = -0,19\%$ <i>(solution A) <math>\Delta m = -0,19\%</math></i> (soluzione B) $\Delta m = -0,33\%$ <i>(solution B) <math>\Delta m = -0,33\%</math></i>
<b>UNI EN 14066:2004</b>	Resistenza all'invecchiamento accelerato tramite shock termici (20 cicli) <i>Resistance to ageing by thermal shock (20 cycles)</i>	Variazione di massa, valore medio $\Delta m = -0,34\%$ <i>Variation in mass, mean value <math>\Delta m = -0,34\%</math></i>
<b>UNI EN 14231:2004</b>	Resistenza allo scivolamento tramite apparecchiatura a pendolo sulle superfici. Valori medi delle varie finiture <i>Determination of the slip resistance by means of the pendulum tester. Mean values for different finishes</i>	<b>Levigata</b> provino asciutto SRV = 69 <i>Smoothed dry specimen SRV = 69</i> provino bagnato SRV = 50 <i>wet specimen SRV = 50</i> <b>Lucida</b> provino asciutto SRV = 62 <i>Polished dry specimen SRV = 62</i> provino bagnato SRV = 33 <i>wet specimen SRV = 33</i> <b>Piano sega</b> <i>Cut surface</i> provino bagnato SRV = 57 <b>Bocciardata</b> <i>Bush-hammered</i> provino bagnato SRV = 70 <b>Sabbata</b> <i>Sandblasted</i> provino bagnato SRV = 76
<b>UNI EN 14157:2005</b>	Resistenza all'abrasione <i>Abrasion resistance</i>	Valore medio = 20,1 mm <i>Mean value = 20,2 mm</i>

**Travertino Rapolano Chiaro**

*Macroscopic description*

A sedimentary rock with an inhomogeneous colour and structure, which locally changes from laminated to convoluted. Its overall colour is beige with variable shades of ivory to beige and brown - grey. Laminations have a variable thickness ranging from a few microns to millimetric or centimetric. The rock is characterized by elongated pores of micrometric to centimetric size sub-parallel to the relatively linear laminations. The stone is intact, showing no traces of alteration. It reacts with hydrochloric acid, suggesting a calcitic composition, and can be scratched with a metal blade, indicating a hardness of 3-4 on the Mohs scale.

*Microscopic description*

Calcareous sedimentary stone of chemical-concretionary origin with an inhomogeneous appearance due to the presence of calcitic microfabrics of variable shape. The thin section reveals dendritic

structures up to 7 mm in size, locally laminated and surrounded by clear mosaic calcspar that is sometimes clouded by minute opaque granulations. In some areas these biostructures evolve into shrub calcite (less than 1 mm in size) or into zones consisting of spar crystals with microgranulations of bacterial origin in their nuclei and with rhombic calcite crystals of secondary origin on their surfaces. These different, more or less thickened fabrics give the material a significantly variable structural appearance.

Spar is present as small, clear mosaic crystals mainly surrounding and within dendritic structures. Different forms (isopachous, palisade, gothic arch, or rarely fibrous with opaque inclusions) may also line or fill pores.

Pores are intergranular or fenestral, in which case they are subcentimetric and elongated in the direction of the sedimentary laminae. Mouldic pores are decidedly subordinate. In most cases the pores are lined with

calcite, sometimes even asymmetrically (dripstone). There are rare traces of bioclasts consisting of mollusc fragments, algae, micriticized vegetation and shrubs, or mouldic pores of undetermined origin. Its micritic biofabrics are typical of those formed by cyanobacteria. The material is autochthonous.

*Petrographic definition (according to EN12670)*

TRAVERTINE (Biolithite)

*Commercial names*

Oniciato Bianco; Oniciato Gold; Oniciato Venato; Becagli Chiaro; Etrusco Capanni



Aspetto del Travertino Rapolano Scuro e struttura dello stesso materiale ingrandita allo stereomicroscopio e al microscopio a luce polarizzata.

Dark Rapolano Travertine and magnified view of its structure under the stereomicroscope and the polarized light microscope.

[16] Allan Pentecost, *Travertine, Berlino*, Springer, 2005, p. 37.

[17] Secondo Pentecost.

### Travertino Rapolano Scuro

#### Descrizione macroscopica

Litotipo sedimentario di colore bruno dall'aspetto eterogeneo per la locale alternanza di lamine e di straterelli che possono raggiungere anche spessori sub centimetrici di tonalità più o meno scura. Si notano frammenti di bioclasti anche millimetrici e la presenza di pori con dimensioni variabili da sub millimetrici a centimetrici, anche se la maggior parte di essi ha valori massimi pari al millimetro. Il loro sviluppo dimensionale è tendenzialmente sub parallelo alle lamine che costituiscono il materiale. La roccia si presenta sana, priva di tracce di alterazione. Reagisce in presenza di acido cloridrico, lasciando ipotizzare una composizione calcitica, e si riga con una lama metallica lasciando presupporre una durezza dei suoi costituenti pari a 3-4 della scala di Mohs.

#### Descrizione microscopica

Litotipo sedimentario di origine chimico - concrezionale calcareo con aspetto particolarmente omogeneo. Il materiale infatti ha composizione

prevalentemente a mosaico sparitico con variabilità dimensionale dei cristalli calcitici che possono passare da microsparite (dimensioni minori di 35  $\mu\text{m}$ ) a calcite isopaca fino a calcite a palizzata, fibroso allungata. La sparite a mosaico si presenta con una tonalità cromatica vagamente ambrata, sia per la presenza di inclusi opachi probabilmente limonitici, sia per la presenza di micrite più o meno dispersa. In alcune parti della sezione si apprezza la struttura radiale della calcite cristallina in coincidenza di nuclei talora micritici e talora costituiti da pori in alcuni casi ricristallizzati, tipici delle colonie algali, dove la calcite cristallizza attorno a filamenti microbici o a steli di piante. In alcuni punti della sezione si nota il processo della sparmicritizzazione in cui strati micritici estivi con cianobatteri posizionati tra strati colonnari, abiogenici di sedimentazione invernale, continuano il processo di incisione e trasformazione in micrite della sparite sottostante [16]. In ogni caso la micrite, molto dispersa, ha un aspetto a chiazze e talora filiforme ed è presente in percentuale

minore del 5%. I bioclasti sono dati da tracce di cianobatteri, da abbondanti diatomee e da bioclasti micritizzati non identificabili.

I pori, circa il 15 % delle sezioni, hanno dimensioni arealmente ridotte da un accentuato processo di ricristallizzazione, che localmente mostra un andamento fortemente asimmetrico. Essi sono di impronta, intercrystallini e fenestrali. Nel primo caso hanno forma sferica e dimensioni ridotte a poche micron, quando invece hanno una origine intercrystallina o fenestrale, presentano dimensioni anche sub centimetriche con andamento variabile, sono solitamente assottigliati, e con locali ricristallizzazioni pari anche a 5 mm. Il materiale è di origine autotona.

*Definizione petrografica (secondo EN12670) TRAVERTINO (biosparite) (sinter calcareo [17])*

*Denominazioni commerciali*  
Moka; Noce; Etrusco Noce Scuro



**Caratteristiche fisico-meccaniche - Physical-mechanical properties**

NORMA STANDARD	INDAGINE TEST	RISULTATO RESULTS
UNI EN 12407:2001	Esame petrografico <i>Petrographic examination</i>	Travertino (calcareo concrezionale) <i>Travertine (concretionary limestone)</i>
UNI EN 12372:2001	Resistenza a flessione sotto carico concentrato <i>Flexural strength under concentrated load</i>	Valore medio $R_f = 13,4$ MPa <i>Mean value <math>R_f = 13,4</math> MPa</i> Deviazione standard $s = 1,5$ MPa <i>Standard deviation <math>s = 1,5</math> MPa</i>
UNI EN 1926:2000	Resistenza alla compressione <i>Compressive strength</i>	Valore medio $R_m = 121$ MPa <i>Mean value <math>R_m = 121</math> MPa</i> Deviazione standard $s = 15$ MPa <i>Standard deviation <math>s = 15</math> MPa</i> Coefficiente di variazione $v = 0,1$ <i>Coefficient of variation <math>v = 0,1</math></i>
UNI EN 13755:2002	Assorbimento d'acqua a pressione atmosferica <i>Water absorption at atmospheric pressure</i>	Valore medio = 1,0% <i>Mean value = 1,0 %</i>
UNI EN 1936:2001	Massa volumica apparente e porosità aperta <i>Apparent density and open porosity</i>	Massa volumica apparente, valore medio $\rho_b = 2441$ kg/m <sup>3</sup> <i>Apparent density, mean value <math>\rho_b = 2510</math> kg/m<sup>3</sup></i> Porosità aperta valore medio $p_v = 6,87\%$ <i>Open porosity, mean value <math>p_v = 6,87\%</math></i>
UNI EN 12371:2003	Resistenza al gelo con sollecitazione a flessione dopo 48 cicli di gelo disgelo <i>Determination of frost resistance: flexural strength under concentrated load after 48 freeze/thaw cycles</i>	Valore medio $R_f = 11,8$ MPa <i>Mean value <math>R_f = 11,8</math> MPa</i> Deviazione standard $s = 1,8$ MPa <i>Standard deviation <math>s = 1,8</math> MPa</i> La resistenza a flessione diminuisce del 11% rispetto la flessione semplice <i>There is an 11% decrease in flexural strength with respect to simple flexure</i>
UNI EN 1925:2001	Coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità <i>Water absorption coefficient by capillarity</i>	Valore medio $C_w = 2,064$ g/m <sup>2</sup> ·s <sup>0,5</sup> parallelo ai piani di anisotropia <i>Mean value <math>C_w = 2,064</math> g/m<sup>2</sup>·s<sup>0,5</sup> isotropic material</i>
UNI EN 13364:2003	Carico di rottura in corrispondenza dei fori di fissaggio <i>Breaking load at dowel hole</i>	Valore medio distanza foro-faccia nel punto di rottura $d_f = 10$ mm <i>Mean distance from the hole to the face in the direction of the force <math>d_f = 10</math> mm</i> Valore medio distanza massima centro foro-bordo frattura $b_A = 41$ mm <i>Mean maximum distance from the centre of the hole to the edge of the fracture <math>b_A = 41</math> mm</i> Valore medio del carico di rottura $F = 1300$ N <i>Mean breaking load <math>F = 1300</math> N</i>
UNI EN 13919:2004 [15]	Resistenza all'invecchiamento dovuto a SO <sub>2</sub> in presenza di umidità <i>Resistance to ageing by SO<sub>2</sub> action in the presence of humidity</i>	Variazione di massa, valore medio <i>Variation in mass, mean value</i> (soluzione A) $\Delta m = - 0,05\%$ <i>(solution A) <math>\Delta m = - 0,05\%</math></i> (soluzione B) $\Delta m = - 0,02\%$ <i>(solution B) <math>\Delta m = - 0,02\%</math></i>
UNI EN 14066:2004	Resistenza all'invecchiamento accelerato tramite shock termici (20 cicli) <i>Resistance to ageing by thermal shock (20 cycles)</i>	Variazione di massa, valore medio $\Delta m = - 0,01\%$ <i>Variation in mass, mean value <math>\Delta m = - 0,01\%</math></i>
UNI EN 14231:2004	Resistenza allo scivolamento tramite apparecchiatura a pendolo sulle superfici. Valori medi delle varie finiture <i>Determination of the slip resistance by means of the pendulum tester. Mean values for different finishes</i>	<b>Levigata</b> campione asciutto SRV = 75 <i>Smoothed dry specimen SRV = 75</i> <b>Lucida</b> campione asciutto SRV = 63 <i>Polished dry specimen SRV = 63</i> <b>Piano sega</b> Cut surface <b>Bocciardata</b> Bush-hammered <b>Sabbiata</b> Sandblasted campione bagnato SRV = 70 <i>wet specimen SRV = 70</i> campione bagnato SRV = 34 <i>wet specimen SRV = 34</i> campione bagnato SRV = 67 <i>wet specimen SRV = 67</i> campione bagnato SRV = 74 <i>wet specimen SRV = 74</i> campione bagnato SRV = 75 <i>wet specimen SRV = 75</i>
UNI EN 14157:2005	Resistenza all'abrasione <i>Abrasion resistance</i>	Valore medio = 17,3 mm <i>Mean value = 17,3 mm</i>

**Travertino Rapolano Scuro**

*Macroscopic description*

A sedimentary rock with a heterogeneous colour due to the local alternation of brown laminae with thin, variably darker layers of up to subcentimetric thickness. Bioclast fragments may be up to millimetric. Pores are submillimetric to centimetric, although most are less than one millimetre in diameter, and tend to be subparallel to laminations. The stone is intact, with no traces of alteration. It reacts with hydrochloric acid, suggesting a calcitic composition, and can be scratched with a metal blade, indicating a hardness of 3-4 on the Mohs scale.

*Microscopic description*

Calcareous sedimentary stone of chemical-concretionary origin with a particularly homogeneous appearance. It mainly consists of a mosaic spar with calcite crystals of variable size ranging from microspar (less than 35 µm in diameter) to isopachous calcite and palisade calcite, fibrous and elongated. Mosaic spar

has a somewhat amber colour due to the presence of likely limonitic opaque inclusions and dispersed micrite.

Some portions of the thin section reveal calcite crystals with a radial structure around micritic nuclei or pores, at times recrystallized, typical of algal colonies, where calcite crystallizes around microbial filaments or plant stems. There is evidence of sparmicritization, whereby summer micrite layers containing cyanobacteria positioned between the columnar abiogenic winter layers continue the process of incision and transformation of the underlying spar into micrite [16]. In any case, the widely dispersed micrite has a patchy appearance or is filamentous and represents less than 5% of the section. Bioclasts consist of traces of cyanobacteria, abundant diatoms and unidentifiable micriticized bioclasts. The pores, representing about 15% of the thin sections, are relatively small due to recrystallization, which is locally highly asymmetric. They

are mouldic, intercrystalline or fenestral. Mouldic pores are spherical and just a few microns in size, whereas intercrystalline or fenestral pores may be subcentimetric and have a variable morphology, though generally elongated and with local recrystallization of up to 5 mm. The material is autochthonous.

*Petrographic definition (according to EN12670)*

TRAVERTINE (biosparite) (calc-sinter [17])

*Commercial names*

Moka; Noce; Etrusco Noce Scuro



Aspetto del Travertino Nocciola Venato e struttura dello stesso materiale ingrandita allo stereomicroscopio e al microscopio a luce polarizzata.

Veined Hazel Travertine and magnified view of its structure under the stereomicroscope and the polarized light microscope.

### Travertino Nocciola Venato

#### Descrizione macroscopica

Litotipo sedimentario venato costituito da lamine sub parallele prevalentemente piane, sovrapposte, di colore variabile da beige chiaro a bruno-bruno nerastro, e di spessori variabili da millimetrici a pluricentimetrici. Il materiale è poroso e, come è tipico dei travertini, la distribuzione spaziale dei pori si presenta arealmente disomogenea all'interno di lamine preferenziali e con sviluppo sub parallelo nel caso presentino forma allungata. Sono anche evidenti pori di forma sub arrotondata che possono presentarsi parzialmente o completamente ricristallizzati o caratterizzati da locali concentrazioni di opachi.

La roccia è sana, priva di tracce di alterazione. Reagisce in presenza di acido cloridrico, lasciando ipotizzare una composizione calcitica, e si riga con una lama metallica lasciando presupporre una durezza dei suoi costituenti pari a 3-4 della scala di Mohs.

#### Descrizione microscopica

Litotipo sedimentario di origine chimico-concrezionale, a composizione

calcarea con svariate strutture micritiche di dimensioni variabili a partire da piccole chiazze micritiche (minori di 200 µm) nel cui interno possono trovarsi cristalli rombici di calcite di origine secondaria. Tali strutture tendono localmente a diradarsi lasciando la roccia prevalentemente sparitica e con cristalli talora a struttura fibroso radiale. In altre porzioni della roccia si passa, in maniera sinuosa, a strutture dendritiche e arborescenti con dimensioni pari anche a 8-10 mm.

Localmente si nota la presenza di calcite fibrosa radiale che si sviluppa lungo una fitostruttura a cespuglio caratterizzata da andamento sferoidale fittamente laminata per l'alternanza di laminette micritiche (minori di 200 µm) che si contrappongono ad una ampia lamina sparitica millimetrica costituita da calcite a palizzata. I bioclasti sono riferibili ai cianobatteri che hanno provocato l'agglomeramento della micrite secondo le differenti biostrutture. Rari i modelli di bioclasti micritizzati e frammenti di molluschi. La calcite cristallina è presente come mosaicale, generalmente limpida, o più allungata con sviluppo isopaco fino a palizzata.

Attorno alle strutture micritiche essa presenta un andamento fibroso aciculare radiale ed è spesso associata a microcristalli di opachi non definibili che localmente, specie attorno alle strutture a cespuglio le conferiscono un aspetto particolarmente torbido.

I pori, circa il 15 % del materiale, sono generalmente intergranulari e da riparo, e in netto subordinate di impronta. Nella maggior parte dei casi risultano essere rivestiti da calcite mosaicale. Il materiale è di origine autoctona.

*Definizione petrografica (secondo EN12670) TRAVERTINO (biolitite)*

*Denominazioni commerciali*  
Nocciola Venato di Rapolano; Moka Venato; Becagli Scuri



**Caratteristiche fisico-meccaniche - Physical-mechanical properties**

NORMA STANDARD	INDAGINE TEST	RISULTATO RESULTS
UNI EN 12407:2001	Esame petrografico <i>Petrographic examination</i>	Travertino (calcareo concrezionale) <i>Travertine (concretionary limestone)</i>
UNI EN 12372:2001	Resistenza a flessione sotto carico concentrato <i>Flexural strength under concentrated load</i>	Valore medio $R_f = 8,6$ MPa <i>Mean value <math>R_f = 8,6</math> MPa</i> Deviazione standard $s = 2,4$ MPa <i>Standard deviation <math>s = 2,4</math> MPa</i>
UNI EN 1926:2000	Resistenza alla compressione <i>Compressive strength</i>	Valore medio $R_m = 41$ MPa <i>Mean value <math>R_m = 41</math> MPa</i> Deviazione standard $s = 14$ MPa <i>Standard deviation <math>s = 14</math> MPa</i> Coefficiente di variazione $v = 0,3$ <i>Coefficient of variation <math>v = 0,3</math></i>
UNI EN 13755:2002	Assorbimento d'acqua a pressione atmosferica <i>Water absorption at atmospheric pressure</i>	Valore medio = 2,7% <i>Mean value = 2,7 %</i>
UNI EN 1936:2001	Massa volumica apparente e porosità aperta <i>Apparent density and open porosity</i>	Massa volumica apparente, valore medio $\rho_a = 2340$ kg/m <sup>3</sup> <i>Apparent density, mean value <math>\rho_a = 2340</math> kg/m<sup>3</sup></i> Porosità aperta valore medio $p_o = 11,07\%$ <i>Open porosity, mean value <math>p_o = 11,07\%</math></i>
UNI EN 12371:2003	Resistenza al gelo con sollecitazione a flessione dopo 48 cicli di gelo disgelo <i>Determination of frost resistance: flexural strength under concentrated load after 48 freeze/thaw cycles</i>	Valore medio $R_f = 8,2$ MPa <i>Mean value <math>R_f = 8,2</math> MPa</i> Deviazione standard $s = 2,0$ MPa <i>Standard deviation <math>s = 2,0</math> MPa</i> La resistenza a flessione diminuisce del 0% rispetto la flessione semplice <i>There is an 0% decrease in flexural strength with respect to simple flexure</i>
UNI EN 1925:2001	Coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità <i>Water absorption coefficient by capillarity</i>	Valore medio $C_w = 1,431$ g/m <sup>2</sup> ·s <sup>0,5</sup> parallelo ai piani di anisotropia <i>Mean value <math>C_w = 1,431</math> g/m<sup>2</sup>·s<sup>0,5</sup> isotropic material</i>
UNI EN 13919:2004 [15]	Resistenza all'invecchiamento dovuto a SO <sub>2</sub> in presenza di umidità <i>Resistance to ageing by SO<sub>2</sub> action in the presence of humidity</i>	Variazione di massa, valore medio <i>Variation in mass, mean value</i>  (soluzione A) $\Delta m = - 0,15\%$ <i>(solution A) <math>\Delta m = - 0,15\%</math></i>  (soluzione B) $\Delta m = - 0,06\%$ <i>(solution B) <math>\Delta m = - 0,06\%</math></i>
UNI EN 14066:2004	Resistenza all'invecchiamento accelerato tramite shock termici (20 cicli) <i>Resistance to ageing by thermal shock (20 cycles)</i>	Variazione di massa, valore medio $\Delta m = - 0,01\%$ <i>Variation in mass, mean value <math>\Delta m = - 0,01\%</math></i>
UNI EN 14231:2004	Resistenza allo scivolamento tramite apparecchiatura a pendolo sulle superfici. Valori medi delle varie finiture <i>Determination of the slip resistance by means of the pendulum tester. Mean values for different finishes</i>	<b>Levigata</b> campione asciutto SRV = 62 <i>Smoothed dry specimen SRV = 62</i> <b>Lucida</b> campione asciutto SRV = 45 <i>Polished dry specimen SRV = 45</i> <b>Piano sega</b> <i>Cut surface</i> <b>Bocciardata</b> <i>Bush-hammered</i> <b>Sabbbiata</b> <i>Sandblasted</i> campione bagnato SRV = 58 <i>wet specimen SRV = 58</i> campione bagnato SRV = 31 <i>wet specimen SRV = 31</i> campione bagnato SRV = 75 <i>wet specimen SRV = 75</i> campione bagnato SRV = 76 <i>wet specimen SRV = 76</i> campione bagnato SRV = 83 <i>wet specimen SRV = 83</i>
UNI EN 14157:2005	Resistenza all'abrasione <i>Abrasion resistance</i>	Valore medio = 20,5 mm <i>Mean value = 20,5 mm</i>

**Travertino Nocciola Venato**

*Macroscopic description*

A veined sedimentary rock consisting of superimposed subparallel, mostly planar light beige to brown – blackish brown laminations of millimetric to pluricentimetric thickness. The spatial distribution of pores is inhomogeneous, concentrating in certain laminations. Elongated pores are subparallel to the laminations, whereas subrounded ones may be partially or totally recrystallized or characterized by local concentrations of opaque crystals. The stone is intact and devoid of traces of alteration. It reacts with hydrochloric acid, suggesting a calcitic composition, and can be scratched with a metal blade, indicating a hardness of 3-4 on the Mohs scale.

*Microscopic description*

Calcareous sedimentary rock of chemical-concretionary origin with numerous micritic fabrics of variable size. Small micrite patches (less than 200 µm) sometimes containing

rhombic crystals of secondary calcite tend to locally thin out, leaving a stone mainly consisting of sparite and sometimes containing crystals with a radial fibrous structure. Other portions of the rock gradually give way to dendritic and arborescent structures up to 8-10 mm in size. Radial fibrous calcite develops locally along a shrub phytostructure characterized by colloform banding crystal aggregates with closely-spaced small micritic laminae (less than 200 µm) which contrasts with a millimetric spar lamination consisting of palisade calcite. Bioclasts may be ascribed to cyanobacteria responsible for the aggregation of micrite in different biostructures. Micriticized bioclasts and mollusc fragments are rare. Calcite is present as generally clear mosaic crystals, or as elongated, isopachous to palisade crystals. The needles of fibrous calcite radially surrounding the micritic structures are often associated with indistinguishable opaque microcrystals which locally, especially around the shrub

structures, give a particularly cloudy appearance.

Pores make up about 15% of the rock mass. The porosity is generally intergranular and shelter, subordinatedly mouldic. In most cases pores are lined with mosaic calcite. The material is autochthonous.

*Petrographic definition (according to EN12670)*

TRAVERTINE (biolithite)

*Commercial names*

Nocciola Venato di Rapolano; Moka Venato; Becagli Scuro