

# TECHNICAL TESTS – DAR Munchen, Germany



## TEST REPORT

No. 5232EK/05 dated 12 April 2005

**Determination of frost resistance according to DIN EN 12371: 2002-01  
here: technological testing according to procedure A**

Client : Travertino Toscano, Via Stazione 31, I-53040 Serre di Rapolano (SI)  
 Date of order: 14 March 2005  
 Sampling: by client  
 Test specimens: Natural stone slabs Pietra di Rapolano, size 20x20x3 cm  
 Product standard: -  
 Receipt of test specimens: 14 March 2005  
 Specimen number: 05/62

### TEST RESULTS :

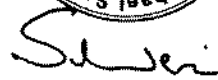
- Quantity of tested slabs: 5 pieces
- Water saturation procedure : water saturation for 48 hours under atmospheric pressure according to DIN EN 12371, section 6.5.
- Water contents before and after the frost test :

Specimen no.	1	2	3	4	5
Water content before the test in %	1.05	0.81	0.94	1.65	0.85
Water content after the test in %	1.18	0.99	1.09	1.90	0.99

- Remarks:

The tested natural stone slabs Pietra di Rapolano are free of macroscopically visible damages after the frost test. They are therefore rated frost resistant according to DIN EN 12371: 2002-01.



  
 Dr. Schwerin

## OTHER TECHNICAL TESTS



## CEL CONSULTING

A DIVISION OF CONSOLIDATED ENGINEERING

Date: June 6, 2005 – July 25, 2005

Material: Travertino Toscano Noce (Travertino Siena)

Quarrier/Fabricator: Travertino Toscano

Via Stazione, 31 – 53040 Serre Di Rapolano (SI)

Tel.: ++39 – 0577 704032

Fax: ++39 – 0577 704339

Attention: Thomas C Richardson  
AllianceStone International  
100 Lehigh Valley Place  
Danville, CA 94526

CEL Report #: 51708C

### Materials Test Report Summary for Travertino Toscano Noce Scuro (Travertino Siena)

ASTM C1527-03 Standard Specification for Travertine Dimensional Stone Lists the following Physical Requirements for Exterior Applications (Class 1)

- |  |                  |
|--|------------------|
| • Absorption by weight, max % = 2.5  | Method ASTM C97  |
| • Average Density, min. lb/ft <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> ) = 144 (2305) | Method ASTM C97  |
| • Compressive Strength, min. psi (MPa) = 7,500 (52)                          | Method ASTM C170 |
| • Modulus of Rupture, min. psi (MPa) = 1000 (6.9)                            | Method ASTM C 99 |
| • Flexural Strength, min. psi (MPa) = 1000 (6.9)                             | Method ASTM C880 |

#### Summary Results:

##### ASTM C97-96, Absorption of Dimension Stone

- Number Samples Tested = 10
- Average Absorption, by weight % = 0.77
- Standard Deviation = 0.56
- Coefficient of Variation = 55.59%
- Minimum Test Value, by weight % = 0.12
- Maximum Test Value, by weight % = 1.60

**ASTM C97-96, Bulk Specific Gravity of Dimension Stone**

- Number Samples Tested = 10
- Average Density, lb/ft<sup>3</sup> (kg/m<sup>3</sup>) = 155.11 (2484.6)
- Standard Deviation = 5.51
- Coefficient of Variation = 3.55 %
- Minimum Test Value Density, lb/ft<sup>3</sup> (kg/m<sup>3</sup>) = 144.30 (2311.5)
- Maximum Test Value Density, lb/ft<sup>3</sup> (kg/m<sup>3</sup>) = 163.04 (2611.6)

**ASTM C170-90, Compressive Strength of Dimension Stone  
Parallel to Bedding Plane, Wet**

- Number Samples Tested = 10
- Average Compressive Strength, psi (MPa) = 11,450 (79)
- Standard Deviation = 3,183.0 (22)
- Coefficient of Variation = 27.8%
- Minimum Compressive Strength Test Value, psi (MPa) = 6,600 (45)
- Maximum Compressive Strength Test Value, psi (MPa) = 16,600 (114)

**Parallel to Bedding Plane, Dry**

- Number Samples Tested = 5
- Average Compressive Strength, psi (MPa) = 9,360 (64)
- Standard Deviation = 4,844.4 (33)
- Coefficient of Variation = 51.8%
- Minimum Compressive Strength Test Value, psi (MPa) = 2,700 (18.6)
- Maximum Compressive Strength Test Value, psi (MPa) = 15,700 (108)

**Perpendicular to Bedding Plane, Wet**

- Number Samples Tested = 10
- Average Compressive Strength, psi (MPa) = 12,240.0 (84.4)
- Standard Deviation = 2,976.7 (20)
- Coefficient of Variation = 24.3%
- Minimum Compressive Strength Test Value, psi (MPa) = 7,300 (50.3)
- Maximum Compressive Strength Test Value, psi (MPa) = 17,000 (117.2)

**Perpendicular to Bedding Plane, Dry**

- Number Samples Tested = 5
- Average Compressive Strength, psi (MPa) = 10,800 (74.5)
- Standard Deviation = 2,155.23 (15)
- Coefficient of Variation = 20.0%
- Minimum Compressive Strength Test Value, psi (MPa) = 8,300 (57.2)
- Maximum Compressive Strength Test Value, psi (MPa) = 13,000 (89.6)

**C E L CONSULTING**

**ASTM C99-87, Modulus of Rupture of Dimension Stone  
Parallel to Bedding Plane, Wet**

- Number Samples Tested = 5
- Average Modulus of Rupture, psi (MPa) = 1,721.45 (11.9)
- Standard Deviation = 116.5 (0.80)
- Coefficient of Variation = 6.8%
- Minimum Modulus of Rupture, psi (MPa) = 1,650.7 (11.4)
- Maximum Modulus of Rupture, psi (MPa) = 1,927.0 (13.3)

**Perpendicular to Bedding Plane, Wet**

- Number Samples Tested = 5
- Average Modulus of Rupture, psi (MPa) = 1,739.0 (12)
- Standard Deviation = 263.5 (1.8)
- Coefficient of Variation = 15.2%
- Minimum Modulus of Rupture, psi (MPa) = 1,347.6 (9.3)
- Maximum Modulus of Rupture, psi (MPa) = 2,003.5 (13.8)

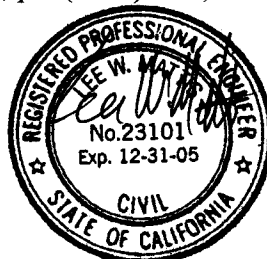
**ASTM C880-96, Flexural Strength of Dimension Stone  
Perpendicular to Bedding Plane, Wet**

- Number Samples Tested = 5
- Average Flexural Strength, psi (MPa) = 1,370.28 (9.4)
- Standard Deviation = 125.4 (0.86)
- Coefficient of Variation = 19.2%
- Minimum Flexural Strength, psi (MPa) = 1203.8 (8.3)
- Maximum Flexural Strength, psi (MPa) = 1,515.8 (10.4)

**Perpendicular to Bedding Plane, Dry**

- Number Samples Tested = 5
- Average Modulus of Rupture, psi (MPa) = 1,100.8 (7.6)
- Standard Deviation = 61.3 (0.42)
- Coefficient of Variation = 5.6%
- Minimum Flexural Strength, psi (MPa) = 1025.0 (7.1)
- Maximum Flexural Strength, psi (MPa) = 1,173.7 (8.1)

Respectfully Submitted:  
**CEL CONSULTING**



**CEL CONSULTING**

Reviewed By:  
Lee Mattis, P.E.

# VARIOUS TECHNICAL CONSIDERATION

# Travertino Toscano S. p. A.

Travertini - Marmi - Pietre

53040 SERRE DI RAPOLANO / SIENA / ITALIA / ☎ 0577-704043 / ☎ 571485 TOSTRV I / TELEFAX 0577-704339

Ufficio zona: 10138 Torino / Via Claldini, 19 / Tel. (011) 442364

## PHYSICAL-MECHANICAL TESTS FOR THE TRAVERTINE STONE

### **COMPRESSION BREAKING LOAD**

Tests were conducted on four small cube-shaped samples, having 7.1 cm. sides, when dry (dried at 30°C to constant weight). The result is expressed in kg/cm<sup>2</sup> and is the average of the four tests.

### **COMPRESSION BREAKING LOAD AFTER FREEZING**

The test was conducted on four small cube-shaped samples with 7.1cm sides. The cubes were exposed to 20 alternate cycles, each cycle consisting of an immersion in distilled water with a temperature of 35° C for three hours, then placed in a refrigerator at - 15°C, also for three hours. The result is expressed in kg/cm<sup>2</sup> as the average of the four tests. The material is considered frost-proof if its average compression strength after freezing is not more than 25% lower than the average value determined on the samples when dry.

### **IMBIBITION COEFFICIENT**

The test was made using five samples weighing at least 200g each. The result is expressed as the relationship between the increase in weight resulting from immersion in water and the weight when dry. It represents the average value of the five tests. For most of the ornamental rocks, the imbibition coefficient is very low, so the result is expressed as a percentage of the initial weight.

### **ULTIMATE TENSILE STRENGTH**

Tensile strength wa assessed using four slabs, 22x10x5cm, supported by two round-bladed knives. The slabs were loaded in the center by means of another round-bladed knife. The result is expressed in kg/cm<sup>2</sup> as the average value of the four tests.

# Travertino Toscano S. p. A.

Travertini - Marmi - Pietre

53040 SERRE DI RAPOLANO / SIENA / ITALIA / ☎ 0577-704043 / ☎ 571485 TOSTRV // TELEFAX 0577-704339

Ufficio zona: 10138 Torino / Via Claidini, 19 / Tel. (011) 442364

which characterize the material, and specific properties important in individual applications. The following three characteristics belong to the first category: weight per unit of volume, imbibition coefficient and compression breaking load; these take on approximately the same importance, whatever the destination of the stone.

The weight per unit of volume can give an idea of the compactness of the material, besides providing indispensable data for the determination of the dead weights of the stones used in construction.

The imbibition coefficient constitutes an element for the preliminary evaluation of compactness, resistance and durability of the material. It is also a decisive factor in the choice of the materials destined for uses involving prolonged contact with meteoric water or soil moisture. Finally, the compression breaking load result provides data on the resistance of the material to mechanical stress; these days less important than in the past, as rocks are now only rarely employed as load-bearing elements.

The category of technical properties for specific uses includes all the other data carried in the technical sheets. In particular, the resistance to freezing is a decisive factor for all external uses in cold and humid climate. A knowledge of the thermal linear expansion coefficient and the elasticity modulus can be applied in exterior facing operations to facilitate expansion in places where temperatures vary to a great extent; the hardness and resistance to impact and abrasion are considerations of great importance when the material is to be used for paving and steps, while the bending strength is a most significant factor in overhanging stairs.

The following table expresses figuratively the relative importance of the individual technical characteristics of the ornamental rocks in relation to their uses in the field of residential building.

**CONCLUSION:** The travertine "Toscano Chiaro Classico" is particularly suitable to be placed in the exterior wall cladding jobs where the temperature is often 20 degrees below zero, as the physical-Mechanical tests report shows.

The dimension recommended are cms 80 length (abt)  
 cms 40 wide (abt)  
 cms 4 thick (minimum)

# Travertino Toscano S. p. A.

Travertini - Marmi - Pietre

53040 SERRE DI RAPOLANO / SIENA / ITALIA / ☎ 0577-704043 / ☒ 571485 TOSTRV I / TELEFAX 0577-704339

Ufficio zona: 10138 Torino / Via Ciaidini, 19 / Tel. (011) 442364

## IMPACT TEST

This test was carried out on four slabs, 20x20x3cm, placed on a bed of sand having a depth of 10cm.

The result is expressed by the minimum fall (in cm.) of a 1kg steel ball capable of breaking the slabs by hitting them in the middle. Again, the result is the average of the four tests.

## THERMAL LINEAR EXPANSION COEFFICIENT

The coefficient was determined using two samples, each 50x7.1x2.5cm, placed in a climatic chamber and subjected to temperatures varying from 0° to 40°.

Variations in length were assessed by means of a Mil. gauge. The result is expressed in mm/m°C, as the average value of the two tests.

## FRICITIONAL WEAR TEST

The tests were applied to two samples of 7.1x7.1x2.5cm using an Amaler Tribometer. The samples were held at a unit load of 0.3kg/cm<sup>2</sup> against a rotating strip covered with carborundum grit. The grit particles were of sizes smaller than 0.15mm and were humidified with fluid mineral oil. For most of the sheets the result is expressed as the absolute abrasion coefficient (abraded layer in mm after a 1,000m run of the rotating strip). The result is the average value of the two tests.

## WEIGHT PER UNIT OF VOLUME

This was assessed on two samples with 7.1x7.1cm dimension and represents the relationship between the weight of the sample dried at 110° to constant weight and its volume. The result is expressed in kg/m<sup>3</sup>, and is the average value of the two assessments.

## ELASTICITY MODULUS

This test was performed on two 20x5x5cm samples subjected to normal compression on the smaller faces while the deformation was measured by means of electrical extensometers. The result is expressed in kg/cm<sup>2</sup>, and is the average value of the two tests. This test has not been carried out for all the materials.

# Travertino Toscano S.p.A.

Travertini - Marmi - Pietre

53040 SERRE DI RAPOLANO / SIENA / ITALIA / ☎ 0577-704043 / ☎ 571485 TOSTRV I / TELEFAX 0577-704339

Ufficio zona: 10138 Torino / Via Daldini, 19 / Tel. (011) 442364

## KNOOP MICROHARDNESS

This test was made on a polished slab, by carrying out 20 individual measurements at points 1mm apart along the same line. The Knoop microhardness represents the relationship between the load acting on the diamond penetrator and the area of the impression achieved. The result, expressed in kg/mm<sup>2</sup> is the average of the 20 individual measurements. The hardness test using the diamond penetrator, which has been in use for some time for artificial materials, has only recently been conducted on rocks; it allows the quantitative assessment of a property which, for natural stones, has until now been expressed only by means of qualitative, empirical scales (the well-known Mohs scale).

Recent research has revealed a good correlation between Knoop microhardness and resistance to abrasion; such an assessment has therefore been carried out on all the materials tested at the Politecnico di Torino. We believe that it should be included in the technical description of all the natural stones, eventually even taking the place of the abrasion coefficient assessed by tribometer, the values of which are, as already seen in point 3.2.7, not completely reliable, especially when they involve absolute coefficients obtained at different times and/or different testing laboratories.

## COMMENTS ON THE RESULTS OF THE PHYSICAL-MECHANICAL TESTS.

The set of results of the physical-mechanical tests related in the description sheets presents a sufficiently clear picture of the technical characteristics of the individual ornamental rocks, characteristics which the user must bear in mind when choosing the material, taking care not to base the choice solely on the requirements of color and decorativeness.

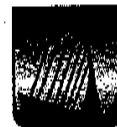
The importance of the various technical properties in relation to a particular use has already been outlined in the chapter dedicated to application in the first volume, in order to guide the user in the choice of the various materials. In summary, however, and with particular reference to the use of rocks in residential buildings, a brief comment is included here on the body of ten technical characteristics listed in the sheets. They can be generally divided into two categories: properties

# RADIATION TEST



# ARPAV

AGENZIA REGIONALE PER LA PREVENZIONE E LA PROTEZIONE AMBIENTALE DEL VENETO  
 DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI VERONA  
 CRR - CENTRO REGIONALE PER LE RADIAZIONI IONIZZANTI



## RAPPORTO DI PROVA PER MISURA DELLA CONTAMINAZIONE DA RADIONUCLIDI GAMMA EMITTENTI

Rapporto di prova: 25/2003/CRR - C0300039 - 594 del 16/01/04  
*procedimento campione protocollo data*

Richiedente: TRAVERTINO TOSCANO  
 Via della Stazione, 31  
 53040 SERRE DI RAPOLANO (SI)

Prelevatore: La ditta stessa

Verbale: prot.n. 1086 del 25/11/03

Dati relativi al campione: TRAVERTINO SAT

Data del ricevimento: 4/12/03

Data di esecuzione della prova: 09/01/2004

### RISULTATI DELLA PROVA (tecnica di analisi: spettrometria gamma HPGe)

Isotopo	Attività (Bq/kg)	Incertezza <sup>(1)</sup> (Bq/kg)	Minima Attività Rilevabile (Bq/kg)
Ra - 226			< 0.5
Th - 232			< 0.4
K - 40			< 4.2

<sup>(1)</sup> L'incertezza è espressa al livello di confidenza del 95%.

Il rapporto di prova è riferito esclusivamente al campione in esame.

Il presente rapporto di prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del CRR.

Il Responsabile del Laboratorio

Dr. Flavio Trotti



# ARPAV

AGENZIA REGIONALE PER LA PREVENZIONE E LA PROTEZIONE AMBIENTALE DEL VENETO  
 DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI VERONA  
 CRR - CENTRO REGIONALE PER LE RADIAZIONI IONIZZANTI



## RAPPORTO DI PROVA PER MISURA DELLA CONTAMINAZIONE DA RADIONUCLIDI GAMMA EMITTENTI

Rapporto di prova: **25/2003/CRR** - **C0300038** - **594** del **16/01/04**  
*procedimento campione protocollo Data*

Richiedente: **TRAVERTINO TOSCANO**  
 Via della Stazione, 31  
 53040 SERRE DI RAPOLANO (SI)

Prelevatore: La ditta stessa

Verbale: prot.n. 1085 del 25/11/03

Dati relativi al campione: **TRAVERTINO BECAGLI S. SEVERO**

Data del ricevimento: 4/12/03

Data di esecuzione della prova: 05/01/2004

### RISULTATI DELLA PROVA (tecnica di analisi: spettrometria gamma HPGe)

Isotopo	Attività (Bq/kg)	Incertezza <sup>(1)</sup> (Bq/kg)	Minima Attività Rilevabile (Bq/kg)
Ra - 226	1.3	0.4	/
Th - 232			< 0.5
K - 40	3.7	3.2	/

<sup>(1)</sup> L'incertezza è espressa al livello di confidenza del 95%.

Il rapporto di prova è riferito esclusivamente al campione in esame.

Il presente rapporto di prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del CRR.

Il Responsabile del Laboratorio

Dr. Flavio Trotti

<b>ARPAV</b> REGIONAL AGENCY FOR PREVENTION AND PROTECTION OF ENVIRONMENT OF VENETO REGION CRR – REGIONAL CENTER FOR IONIZING RADIATION	
--	--

**TEST REPORT TO MEASURE THE CONTAMINATION FROM GAMMA  
EMITTING RADIO NUCLIDES**

	Method	Sample	File	Date
	25/2003/CRR	C0300039	594	16/01/04

Applicant	TRAVERTINO TOSCANO Via della Stazione 31 53040 SERRE DI RAPOLANO (SI)
Folder n.	Prot. N. 1086 dated nov 25/03
Sample description:	LIGHT TRAVERTINE
Sample received the:	December 4th, 2003

Text done the	January 1st, 2004
---------------	-------------------

**TEXT OUT COME**  
(text type: GAMMA SPECTROMETRY HPGe)

ISOTOPE	ATTIVITY	UNCERTAINTY	MINIMUM ACTIVITY DETECTED
RA - 226			< 0,5
Th – 232			< 0,4
K – 40			< 4,2

<b>ARPAV</b> REGIONAL AGENCY FOR PREVENTION AND PROTECTION OF ENVIRONMENT OF VENETO REGION CRR – REGIONAL CENTER FOR IONIZING RADIATION
--

**TEST REPORT TO MEASURE THE CONTAMINATION FROM GAMMA  
EMITTING RADIO NUCLIDES**

	Method	Sample	File	Date
	25/2003/CRR	C0300038	594	16/01/04

Applicant	TRAVERTINO TOSCANO Via della Stazione 31 53040 SERRE DI RAPOLANO (SI)
Folder n.	Prot. N. 1086 dated nov 25/03
Sample description:	DARK TRAVERTINE
Sample received the:	December 4th, 2003

Text done the	January 5th, 2004
---------------	-------------------

**TEXT OUT COME**  
(text type: GAMMA SPECTROMETRY HPGe)

ISOTOPE	ATTIVITY	UNCERTAINTY	MINIMUM ACTIVITY DETECTED
RA - 226	1.3	0.4	/
Th - 232			< 0,5
K - 40	3.7	3.2	/

# TECHNICAL TEST – university of Torino (Italy)

# POLITECNICO DI TORINO

DIPARTIMENTO GEORISORSE E TERRITORIO

3000

Prot. 626/5b

POLITECNICO DI TORINO

Torino 15 giugno 1983

Ufficio Ordinario  
Autoriz. U. 7-11/12/1981

CERTIFICATO n° 82-83/31

Travertino Toscano S.p.A.-Serre di Rapolano

DETERMINAZIONI FISICO-MECCANICHE SU UN CAMPIONE DI  
ROCCIA ORNAMENTALE DENOMINATA "TRAVERTINO TOSCANO"

Gli Operatori:

(P.Ch. Gianfranco Comazzi)

*Gianfranco Comazzi*

(Prof. Ing. Angelica Frisa Morandini)

*Angelica Frisa Morandini*

Il Coordinatore delle prove:

(Prof. Ing. Angelica Frisa Morandini)

*Angelica Frisa Morandini*

Visto:

DIPARTIMENTO GEORISORSE E TERRITORIO

IL DIRETTORE

(Bruna Astori)

*Bruna Astori*

# POLITECNICO DI TORINO

DIPARTIMENTO GEORISORSE E TERRITORIO

Prot. 626/5b

Torino, 15 giugno 1983

CERTIFICATO SERIE 08. n° 82-83/31

DETERMINAZIONI FISICO-MECCANICHE SU UN CAMPIONE DI  
ROCCIA ORNAMENTALE DENOMINATA "TRAVERTINO TOSCANO"

Committente: Travertino Toscano S.p.A. - 53040 Serre di Rapo-  
no (Siena)

Estremi della richiesta: domanda in bollo indirizzata al Diretto-  
re del Dipartimento Georisorse e Territorio in data  
25/5/83 e protocollata in arrivo in data 27/5/83 con  
il n° 574/5a

Campioni presentati: n. 32 provini, già confezionati nella forma  
e nelle dimensioni richieste per l'esecuzione delle  
prove

Determinazioni richieste: numerose, corrispondenti alle determina-  
zioni eseguite

Quadro generale delle determinazioni eseguite:

	N° dei provini o delle singole determinazioni
1 Massa volumica apparente	2
2 Coefficiente di imbibizione	2
3a Carico di rottura a compressione semplice	4
3b Carico di rottura a compressione semplice, dopo gelività	4
4 Modulo elastico	2

Gli Operatori:

*A. Fusi Morandini*

Visto:

DIPARTIMENTO GEORISORSE E TERRITORIO  
IL DIRETTORE  
(Bruno Astori)

*B. Astori*

Il Coordinatore delle prove:

*A. Fusi Morandini*

5 Carico di rottura a trazione indiretta mediante flessione	5
6 Usura per attrito radente	2
7 Prova di rottura all'urto	4
8 Coefficiente di dilatazione lineare termica	2
9 Microdurezza Knoop	20

Apparecchiature particolari utilizzate:

- 3a), 3b) e 4) per la determinazione della resistenza a compressione semplice e del modulo elastico; pressa Galdabini di tipo convenzionale con capacità di carico <sup>sino</sup> a 3000 kN utilizzata con fondo scala di 600 kN; centralina estensimetrica Peckel CA 605;
- 3b) per la prova di gelività: vasca termostatica ed armadio frigorifero;
- 5) per la determinazione della resistenza a flessione: pressa Comazzi di tipo convenzionale con capacità di carico massimo di 50 kN utilizzata con fondo scala di 12,5 kN;
- 6) per la determinazione dell'usura per attrito radente: tribometro tipo Amstler;
- 8) per la determinazione del coefficiente di dilatazione lineare termica: dilatometro in vetro di silice; comparatore con sensibilità 1  $\mu$ m;
- 9) per la microdurezza Knoop: microdurimetro Leitz Durimet equipaggiato con penetratore Knoop.

Modalità operative:

- 2) per la determinazione del coefficiente di imbibizione: di ogni provino, essiccato a 105 °C fino a massa costante, è stata determinata la massa con la sensibilità di 0,01 g; esso è stato successivamente immerso in acqua distillata e lasciato immerso finché è risultato raggiunto un aumento di massa che si mantenga costante  $\pm$  0,01 g;

Gli Operatori:

*Giuseppe Casanova*

Visto:

DIPARTIMENTO GEORISORSE E TERRITORIO  
IL DIRETTORE  
(Bruno Astori)

*B. Astori*

Il Coordinatore delle prove:

*A. Fruse Alloranducci*

- 3a)e 3b) per la determinazione del carico di rottura a compressione semplice: velocità di applicazione del carico: costante di 0,4 MPa/s;
- 3b) per la prova di gelività: si è determinato il carico di rottura a compressione semplice come sopra indicato su quattro provini preventivamente assoggettati a 20 cicli di alternanze, ciascun ciclo essendo costituito da una fase di immersione in acqua a 35 °C della durata di tre ore, seguita da una fase di permanenza in frigorifero a - 15 °C, pure della durata di tre ore, ai sensi dell'art. 8 del R.D. 16/11/39, n. 2232;
- 4) per la determinazione del modulo elastico (mediante tracciamento della curva sforzo assiale ( $\sigma_1$ ) deformazione longitudinale ( $\epsilon_1$ ): misura della deformazione effettuata con una coppia di estensimetri elettrici posti longitudinalmente in punti diametralmente opposti della superficie laterale del provino; velocità di applicazione del carico: costante di 0,4 MPa/s, pari a quella utilizzata per la determinazione del carico di rottura a compressione semplice;
- 5) per la determinazione della resistenza a flessione: appoggi del provino ed elemento di applicazione del carico costituiti da coltelli con contatto lineare sulla superficie del provino stesso; distanza tra gli appoggi 80 mm; carico applicato in mezzzeria;
- 6) per la prova di usura per attrito radente: si sono seguite le norme di cui all'art. 5 del R.D. 2234 del 16/11/1939, usando come abrasivo graniglia di carborundum (classe 0,15 - 0,20 mm). A scopo di confronto la prova è stata eseguita anche su un provino di granito di San Fedelino (ai sensi dell'art. 11 del R.D. 2232 del 16/11/1939 e successive norme CNR del 1953);

Gli Operatori:

*Gianfranco Conson*  
*A. Fuso Morandini*

Il Coordinatore delle prove:

*A. Fuso Morandini*

Visto:

DIPARTIMENTO GEORISORSE E TERRITORIO  
IL DIRETTORE  
(Bruno Astori)

*B. Astori*

- 7) per la prova d'urto: si sono seguite le norme di cui all'art. 3 del R.D. 2234 del 16/11/1939, determinando l'altezza di caduta minima di una sfera d'acciaio della massa di 1 kg che, colpendo nel centro la lastra, appoggiata su letto di sabbia, la spezzi;
- 8) per il coefficiente di dilatazione lineare termica: il dilatometro contenente il provino è stato collocato in termostato e portato prima alla temperatura di 0 °C e poi di 50 °C; la dilatazione è stata misurata con il comparatore disponendone il tastatore a contatto con la barra (in vetro di silice) di trasmissione della dilatazione.
- (Per la compensazione si è assunto come coefficiente di dilatazione lineare termica del vetro di silice il valore  $\alpha_0 = 0,5 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ).

Gli Operatori:  
(P.Ch. Gianfranco Comazzi)  
*Gianfranco Comazzi*

(Prof. Ing. Angelica Morandini Frisa)  
*A. Frise Morandini*

Il Coordinatore delle prove:  
(Prof. Ing. Angelica Frisa Morandini)  
*A. Frise Morandini*

Visto:

DIPARTIMENTO GEORISORSE E TERRITORIO  
IL DIRETTORE  
(Bruno Aslori)

*B. Aslori*

POLITECNICO TORINO  
Ufficio Bo  
Autoriz. U.R.T.  
12/1981

POLITECNICO DI TORINO  
DIPARTIMENTO GEORISORSE E TERRITORIO  
Laboratorio Prove fisiche

Segue certificato n. 82-83/31 pag. 6  
Committente Travertino Toscano  
Protocollo n. 626/5b del 15/6/83

500

**MASSA VOLUMICA APPARENTE**

(determinato a seguito di misura geometrica e di massa  
su provini di forma geometrica regolare,  
ai sensi dell'art. 5 del RD 2232 del 16/11/1939)

CAMPIONE (I) : Travertino Toscano  
Località di provenienza: Cava La Chiusa, Serre di Rapolano  
Tipo di roccia :

POLITECNICO DI TORINO  
Ufficio Bollatura  
Autoriz. U.R.T. 12/1981

Campione (o materiale)	N. d'ordine del provino	Massa volumica apparente	
		Valori singoli (kg/m <sup>3</sup> )	Valore medio (kg/m <sup>3</sup> )
	1	2480	2482,5
	2	2485	

Gli Operatori:  
*Giuseppe Lomon*

Il Coordinatore delle prove:  
*A. Fosse Morandini*

Visto:  
DIPARTIMENTO GEORISORSE E TERRITORIO  
IL DIRETTORE  
(Bruno Astori)  
*B. Astori*

POLITECNICO DI TORINO  
 DIPARTIMENTO GEORISORSE E TERRITORIO  
 Laboratorio Prove fisiche

Segue certificato n. 82-83/31 pag. 7  
 Committente Travertino Toscano  
 Protocollo n. 626/5b del 15/6/83

500

**COEFFICIENTE DI IMBIBIZIONE**

(rapporto, espresso come percentuale, tra l'aumento di massa che subisce un provino quando è saturo d'acqua e la sua massa allo stato asciutto ai sensi dell'art. 7 del RD 2232 del 15/11/1939)

CAMPIONE (I) : Travertino Toscano  
 Località di provenienza: Cava La Chiusa, Serre di Rapolano  
 Tipo di roccia :

POLITECNICO DI TORINO  
 Ufficio Bollo Strada  
 Autoriz. U.R.T. n. 307-11/12/1981

Campione (c materiale)	N. d'ordine del provino	Massa iniziale (g)	Massa a saturazione (g)	Coefficiente di imbibizione	
				Valori singoli (%)	Valore medio (%)
	1	313,16	316,02	9,05	
	2	319,96	322,02	6,44	
	3	319,24	320,95	5,36	6,68
	4	324,02	325,95	5,96	
	5	317,18	319,27	6,59	

Gli Operatori:  
*Giuseppe Lorenzini*  
 Il Coordinatore delle prove:  
*A. Fausto Morandini*

Visto:  
 DIPARTIMENTO GEORISORSE E TERRITORIO  
 IL DIRETTORE  
 (Bruno Astori)  
*B. Astori*



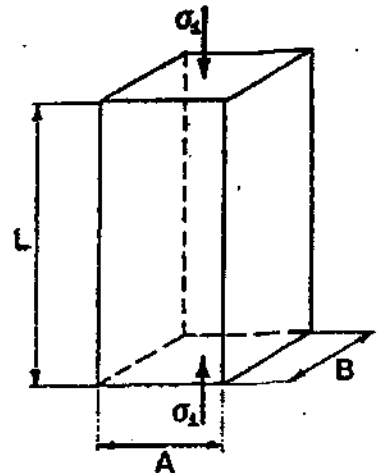


**DETERMINAZIONE DEL MODULO ELASTICO**

CAMPIONE (I) : Travertino Toscano  
 Località di provenienza: Cava La Chiusa, Serre di Rapolano  
 Tipo di roccia :

L = 250 mm  
 A = 71,5 mm  
 B = 71,0 mm

Orientazione degli eventuali piani di discontinuità o di scistosità rispetto alla direzione di carico:



POLITECNICO TORINO  
 Ufficio Ordinario  
 Autoriz. U. 11/12/1981

Carico applicato P (kN)	Tensione assiale $\sigma_1$ (MPa)*	Deformazione longitudinale $\epsilon_1$ ( $\mu\epsilon$ )	Carico applicato P (kN)	Tensione assiale $\sigma_1$ (MPa)*	Deformazione longitudinale $\epsilon_1$ ( $\mu\epsilon$ )
0	0	0	196,0	38,61	640
19,6	3,86	71	215,6	42,47	702
39,2	7,72	132	235,2	46,33	767
58,8	11,58	196	254,8	50,19	832
78,4	15,44	256	274,4	54,05	901
98,0	19,30	319	294,0	57,91	967
117,6	23,16	383	313,6	61,77	1037
137,2	27,03	448	323,4	63,70	rottura
156,8	30,89	513			
176,4	34,75	575			

Carico di rottura a compressione monoassiale:  $C_0 = 63,70$  MPa \*1 MPa=10,2 kgf/cm<sup>2</sup>

Gli Operatori:  
*G. Lombardi*

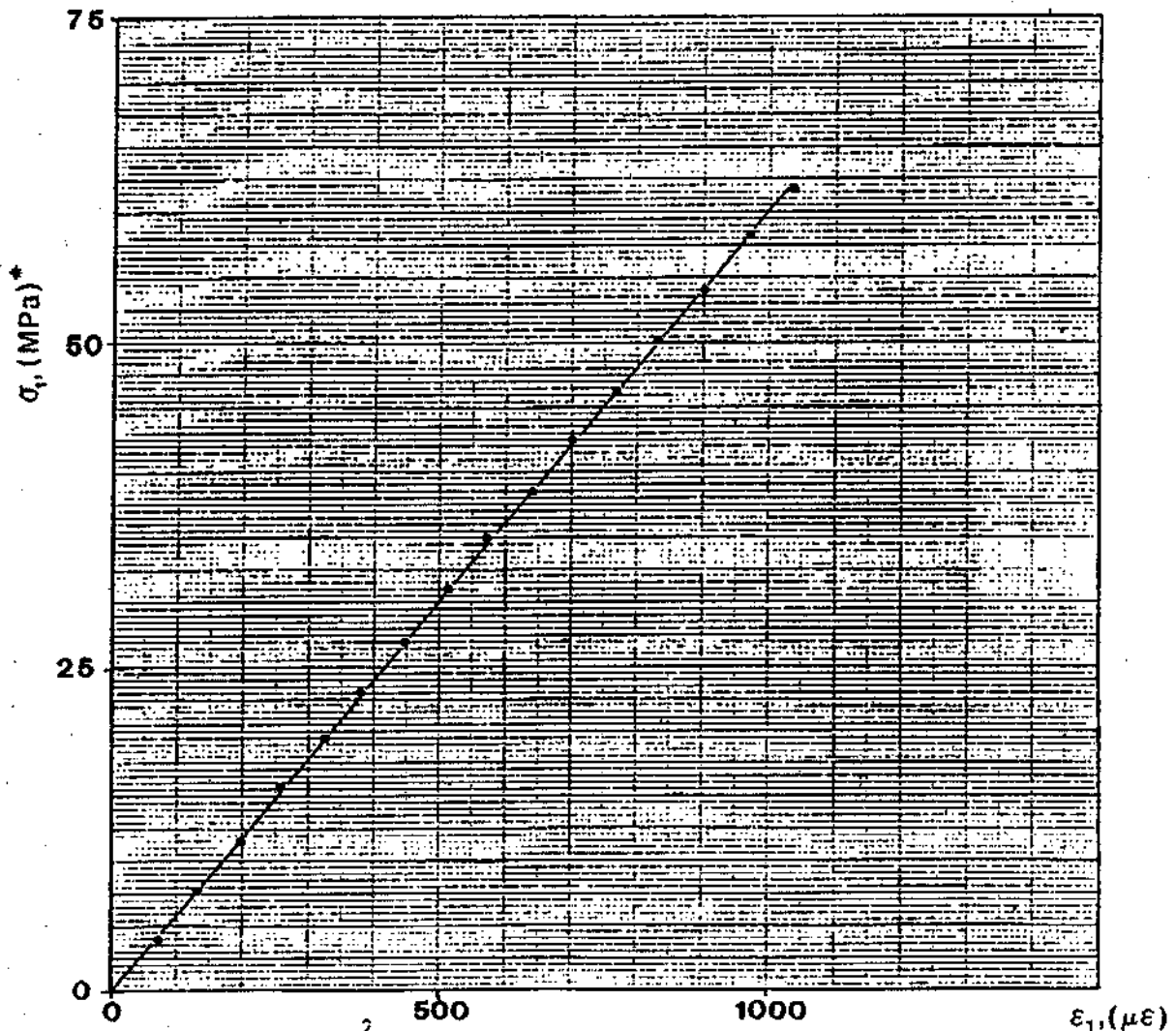
Visto: DIPARTIMENTO GEORISORSE E TERRITORIO  
 IL DIRETTORE  
 (Bruno Astori)

Il Coordinatore delle prove:  
*A. Fruse Morandini*

*B. Astori*

DETERMINAZIONE DEL MODULO ELASTICO

POLITECNICO DI TORINO  
 Ufficio Balneario  
 Autoriz. U.R.T. n. 12/1981



Modulo elastico tangente :  $E_{tg}$  = 62450 MPa

Modulo elastico secante :  $E_{sec}$  = 60090 MPa

Gli Operatori:  
*Giuseppe Casati*

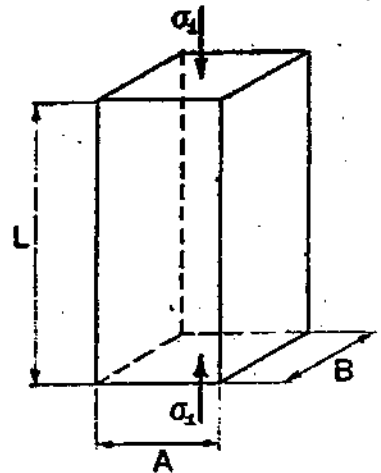
Visto:  
 DIREZIONE REGIONALE E TERRITORIALE  
 REGIONALE  
 (CANTIERI)  
*B. B. B.*

Il Coordinatore delle prove:  
*E. F. Frasciolla*

Segue certificato n. 82-83/31 pag. 12  
 Committente Travertino Toscano  
 Protocollo n. 626/5b del 15/6/83

**DETERMINAZIONE DEL MODULO ELASTICO**

CAMPIONE (I) : Travertino Toscano  
 Località di provenienza: Cava La Chiusa, Serra di Rapolano  
 Tipo di roccia :



L = 250 mm  
 A = 71,5 mm  
 B = 71,3 mm

Orientazione degli eventuali piani di discontinuità o di scistosità rispetto alla direzione di carico:

**POLITECNICO TORINO**  
 Ufficio Tecnico Ordinario  
 Autoriz. U.M.T. n. 207-11/12/1981

Carico applicato P (kN)	Tensione assiale $\sigma_1$ (MPa)*	Deformazione longitudinale $\epsilon_1$ ( $\mu\epsilon$ )	Carico applicato P (kN)	Tensione assiale $\sigma_1$ (MPa)*	Deformazione longitudinale $\epsilon_1$ ( $\mu\epsilon$ )
0	0	0	196,0	38,45	650
19,6	3,84	66	215,6	42,29	718
39,2	7,69	128	235,2	46,14	787
58,8	11,53	190	254,8	50,00	857
78,4	15,38	254	274,4	53,82	935
98,0	19,22	321	284,2	55,75	rottura
117,6	23,07	383			
137,2	26,91	450			
156,8	30,76	518			
176,4	34,60	583			

Carico di rottura a compressione monoassiale:  $C_0 = 55,75$  MPa  $\bullet 1$  MPa = 10,2 kgf/cm<sup>2</sup>

Gli Operatori:  
*Giuseppe Lomon*

Il Coordinatore delle prove:  
*A. Enzo Morandini*

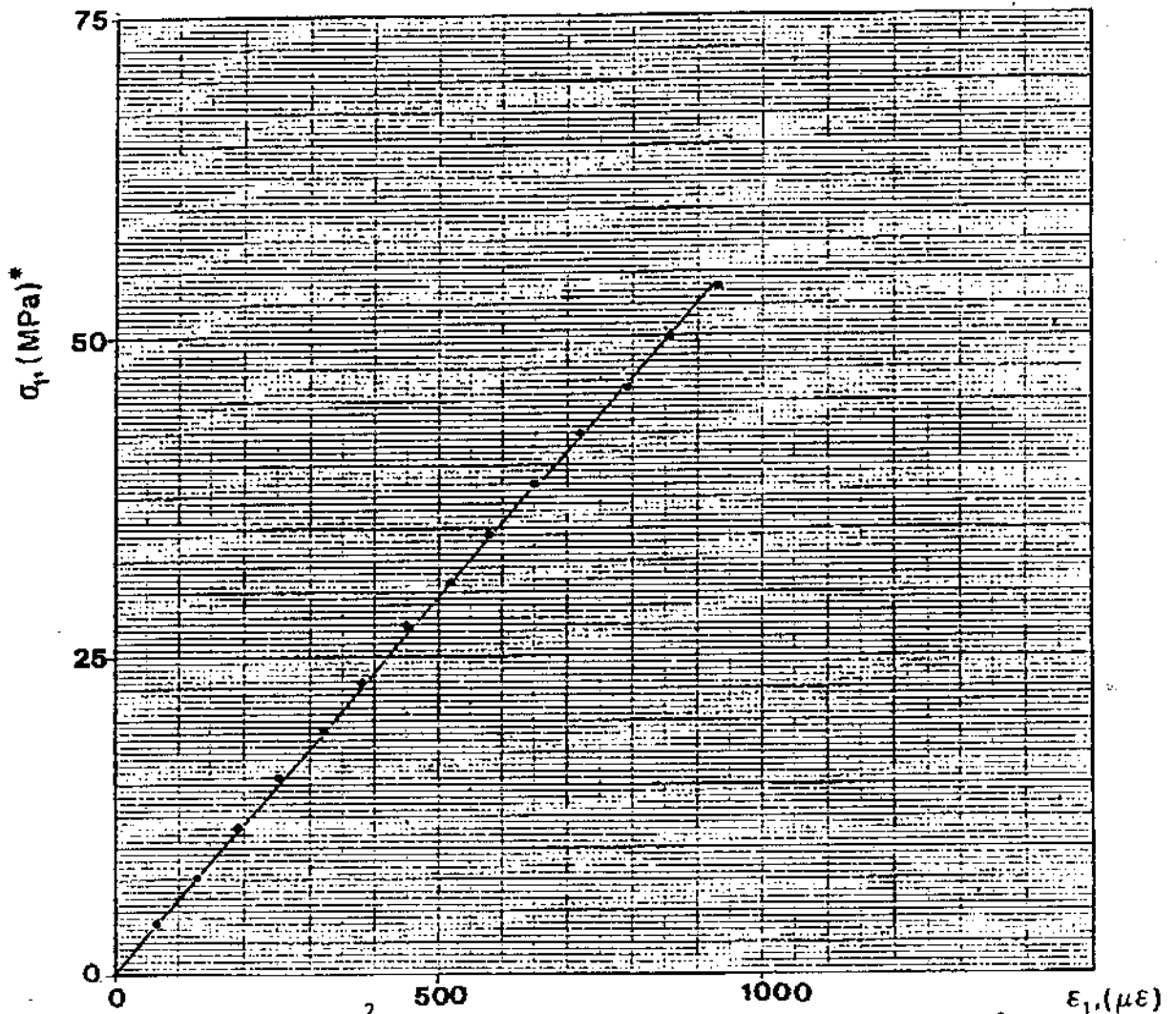
Visto:

DIPARTIMENTO GEODISORSE E TERRITORIO  
 IL DIRETTORE  
 (Bruno Astori)

*B. Astori*

DETERMINAZIONE DEL MODULO ELASTICO

POLITECNICO DI TORINO  
 Ufficio  Torino  
 Autoriz. U.E.T. n. 307-11/12/1981



Modulo elastico tangente :  $E_{tg}$  = 56890 MPa

Modulo elastico secante :  $E_{sec}$  = 59310 MPa

Gli Operatori:  
*Giambattista Lorenzini*

Visto:  
 DIPARTIMENTO GEOLOGICO E TERRITORIO  
 (E. ...)  
*B. ...*

Il Coordinatore delle prove:  
*A. Fuso Morandini*



Segue certificato n. 82-83/3 pag. 15  
 Committente Travertino Toscano  
 Protocollo n. 626/5b del 15/6/83

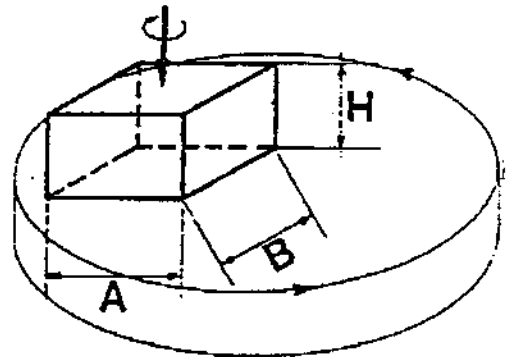
**DETERMINAZIONE DELL'USURA PER ATTRITO RADENTE**

(mediante tribometro tipo AMSLER  
 ai sensi dell'art. 5 del RD 2234 del 15/11/1939)

CAMPIONE (2) : Travertino Toscano  
 Località di provenienza: Cava La Chiusa, Serre di Rapolano  
 Tipo di roccia :



Orientazione degli eventuali piani  
 di discontinuità o di scistosità  
 rispetto alla direzione del  
 carico:  
 Carico unitario sul provino: 0.03 MPa



Campione (o materiale)	N. d'ordine del provino	Dimensioni			Coefficiente di abrasione (altezza dello strato abraso per un percorso del disco di 1000 m)	
		H (mm)	A (mm)	B (mm)	Valori singoli (mm)	Valore medio (mm)
Travertino Toscano	1	15,9	71,5	71,5	8,6	8,35
	2	19,9	71,5	71,5	8,1	
Granito S. Fedelino		15,1	71,5	70,5	3,4	
COEFFICIENTE RELATIVO DI ABRASIONE (rapporto tra le altezze degli strati abraso nel granito di San Fedelino e nel campione in esame):					0,41	

Gli Operatori:

*Giuseppe Lorenzini*

Il Coordinatore delle prove:

*A. Fuso Morandini*

Visto:

DIPARTIMENTO GEORISORSE E TERRITORIO  
 IL DIRETTORE  
 (Bruno Astori)

*B. Astori*

PROVA DI ROTTURA ALL'URTO

(ai sensi dell'articolo 3 del R.D. 2234 del 16/11/39)

CAMPIONE: TRAVERTINO TOSCANO

N° ordine provino	Dimensioni del provino			Altezza minima di caduta di una sfera della massa di 1 kg che spezza la lastra	
	lunghezza (mm)	larghezza (mm)	spessore (mm)	valori singoli (cm)	valore medio (cm)
1	200	200	30	35	
2	200	200	30	30	35
3	200	200	30	40	
4	200	200	30	35	

COEFFICIENTE DI DILATAZIONE LINEARE TERMICA

(determinato su provini cilindrici Ø 32 mm.  
L 200 mm)

CAMPIONE: Travertino Toscano

N° ordine provino	Coefficiente di dilatazione lineare termica ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )
1	3,4
2	4,8

Gli Operatori:

*Giuseppe Benoni*

Visto:

DIPARTIMENTO CEDRISORSE E TERRITORIO  
IL DIRETTORE  
(Bruno Astori)

*B. Astori*

Il Coordinatore delle prove:

*Angelo Fuso Morandini*

POLITECNICO TORINO  
Ufficio Boll. ario  
Autoriz. U.R.T.  2/1981

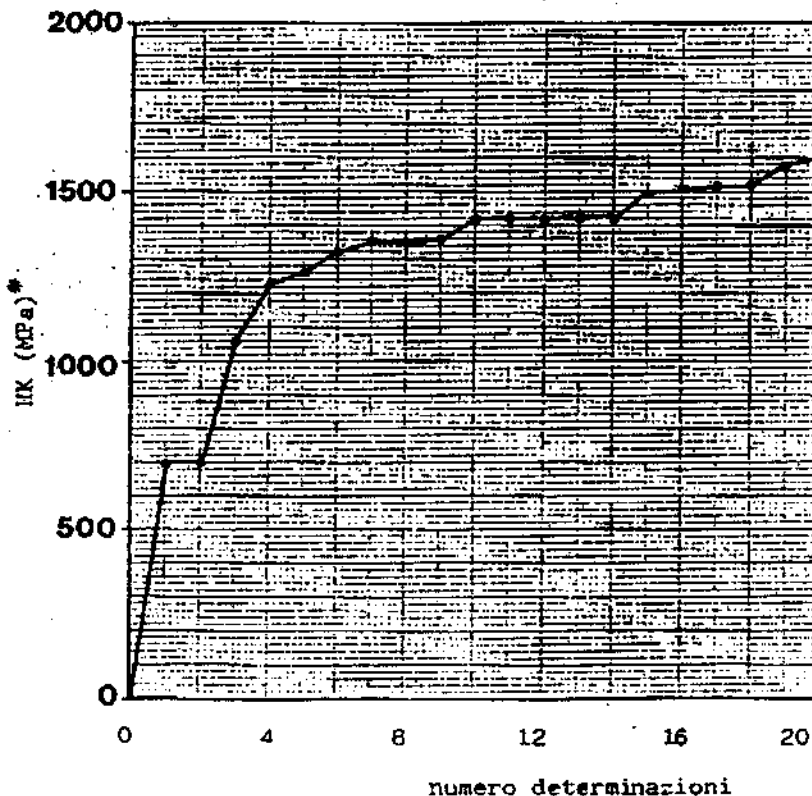
MICRODUREZZA KNOOP

(espressa dalla formula:  $HK = \frac{14,23 \cdot 10^6 \cdot P}{l^2}$  (MPa)\*

in cui P = carico sul penetratore espresso in N  
l = lunghezza della diagonale maggiore dell'impronta espressa in  $\mu\text{m}$ ;  
determinata sulla base di 20 misure singole su punti distanti 1 mm l'uno dall'altro lungo lo stesso allineamento)

CAMPIONE (I) : Travertino Toscano  
Località di provenienza: Cava La Chiusa, Serre di Rapolano  
Tipo di roccia :  
Carico sul penetratore : 1,96 N

Distribuzione della microdurezza



\*1 MPa = 0,102 kgf/mm<sup>2</sup>

l'operatore:  
*A. Fusco Morandini*

Il Coordinatore delle prove:  
*Angelica Fusco Morandini*

Visto:  
DIPARTIMENTO GEODISORSE E TERRITORIO  
IL DIRETTORE  
(Bruno Astori)

*B. Astori*

segue MICRODUREZZA KNOOP

Valori caratteristici

Campione (o materiale)	Microdurezza KNOOP			
	Valore medio (MPa)*	Valore massimo (MPa)*	Valore minimo (MPa)*	Deviaz. standard (%)
Travertino Toscano	1332	1601	698	18,8%

\* 1 MPa = 0,102 kgf/mm<sup>2</sup>

POLITECNICO DI TORINO  
 Ufficio straordinario  
 Autoriz. 07-11/12/1981

l'operatore:  
*Angelo Friso Morandini*  
 Il Coordinatore delle prove:  
*Angelo Friso Morandini*

Visto:  
 DIPARTIMENTO RISORSE E TERRITORIO  
 IL DIRETTORE  
 (Ernesto Astori)  
*B. Astori*

A conclusione del complesso delle prove eseguite, nella tabella seguente sono riportati i valori medi delle caratteristiche determinate sul campione:

TRAVERTINO TOSCANO

<u>Caratteristica</u>	<u>Valore medio</u>
Massa volumica apparente	2482,5 kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente di imbibizione	6,68 ‰
Carico di rottura a compressione semplice	53,1 MPa
Carico di rottura a compressione semplice dopo gelività	48,2 MPa
Modulo elastico tangente	59670 MPa
Modulo elastico secante	59700 MPa
Carico di rottura a trazione indiretta mediante flessione	12,4 MPa
Usura per attrito radente: coefficiente di abrasione al tribometro	8,35 mm
Usura per attrito radente: coefficiente relativo di abrasione al tribometro (riferito al granito di San Fedelino)	0,41
Prova di rottura all'urto: altezza minima di caduta	35 cm
Coefficiente di dilatazione lineare termica	$4,1 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Microdurezza Knoop	1332 MPa

Gli Operatori:

*Giuseppe Lorenzini*  
*Angelo Fuso Morandini*

Visto:

DIPARTIMENTO GEOSISORSE E TERRITORIO  
IL DIRETTORE  
(Bruno Astori)

*B. Astori*

Il Coordinatore delle prove:

*Angelo Fuso Morandini*

POLITECNICO TORINO  
Ufficio Ordinaria  
11/12/1981