

# L'ANALISI STRATIGRAFICA DELLO STRUMENTO ANTICO: UN APPROCCIO MICROTOMOGRAFICO

di Tommaso Rovetta, Giacomo Fiocco, Michela Albano, Claudia Invernizzi,  
Gabriele Natale Lanzafame, Alessandro Re



Fig. 1 - I sei frammenti di Gasparo da Salò (1,2), Giovanni Paolo Maggini (3), Jacob Stainer (4), Andrea Guarneri (5) e Lorenzo Guadagnini (6), oggetto d'indagine (a); i frammenti inseriti in una teca esposta nella "sala delle vernici" della bottega di Gaetano Sgarabotto (b); setup strumentale della beamline SYRMEP presso Elettra Sincrotrone Trieste (c).

La luce di sincrotrone è stata utilizzata per indagini microtomografiche non distruttive finalizzate allo studio della stratigrafia di alcuni frammenti provenienti da importanti strumenti musicali antichi ad arco.

Le analisi sono state condotte alla beamline SYRMEP presso Elettra Sincrotrone Trieste.

**N**egli ultimi 300 anni, uno dei temi più discussi nel settore della liuteria - ossia l'ambito dell'artigianato artistico dedicato alla costruzione degli strumenti musicali - è legato alla composizione e alle proprietà estetiche delle vernici utilizzate dai grandi maestri liutai. Come è noto, la scelta dei materiali e i loro metodi di applicazione sono stati tramandati oralmente per secoli e la trattatistica storica dedicata all'argomento è assai ridotta. Ciò ha inevitabilmente portato alla perdita di gran parte di queste conoscenze. Oggi, però, è possibile riscoprire alcune di queste antiche pratiche costruttive grazie alle innovazioni offerte dai metodi scientifici, avvalendosi di tecniche analitiche non invasive e microdistruttive. Il Laboratorio Arvedi di Diagnostica non Invasiva dell'Università di Pavia, ospitato all'interno del palazzo dove ha sede il Museo del Violino di Cremona, sta compiendo da anni notevoli progressi in questa direzione.

Recentemente, infatti, è stato possibile ricostruire il processo di finitura adottato da alcuni autori del passato attraverso lo studio della stratigrafia di alcune porzioni di grandi frammenti di strumenti ad arco storici (Fiocco 2018, Fiocco 2019). I frammenti in esame provengono da strumenti di Gasparo da Salò (1542-1609), Giovanni Paolo Maggini (c.1580-c.1630), Jacob Stainer (1619-1683), Andrea Guarneri (1626-98) e Lorenzo Guadagnini (1685-1746)

(Figura 1a). Essi appartengono alla cosiddetta "Collezione Sgarabotto", un piccolo tesoro composto da reperti originali e attribuiti, ai quali i ricercatori del laboratorio hanno accesso per finalità di studio e ricerca dal 2017. La collezione giunge da un lascito di Pietro Sgarabotto (1903-90), il quale donò questo gran numero di cimeli alla Scuola Internazionale di Liuteria di Cremona nel 1983. Essi derivano dai numerosi restauri compiuti da lui stesso e dal padre Gaetano (1878-1959) durante la prima metà del XX secolo. Si tratta per la maggior parte di porzioni di strumenti ad arco che, gravemente danneggiate, furono sostituite in fase di restauro e gelosamente custodite come modello estetico di riferimento (Figura 1b) (Zanrè 2019).

Identificare i materiali e comprenderne le modalità di stesura è stato possibile grazie all'impiego di analisi non invasive e micro-distruttive. L'eccezionale possibilità di effettuare microcampionamenti ha permesso di osservare, in una prima fase, la stratigrafia in sezione lucida tramite microscopia ottica ed elettronica e di caratterizzare alcuni dei materiali inorganici dispersi tramite microanalisi EDX. I risultati ottenuti in modo invasivo sono stati di supporto ad un'innovativa sperimentazione microtomografica condotta presso la beamline SYRMEP di Elettra Sincrotrone Trieste. Le tecniche di microtomografia computerizzata (micro-CT) sono infatti tra i metodi più promettenti di analisi

non invasiva di piccoli volumi di materiale, anche se ad oggi il loro utilizzo è ancora assai limitato. Applicazione, inoltre, ancora più rara se consideriamo il circoscritto ambito degli strumenti musicali. Presso la beamline SYRMEP è possibile sfruttare la luce di sincrotrone, ottenendo raggi X a diverse lunghezze d'onda che è possibile selezionare in funzione del materiale in esame. La coerenza del fascio consente di discriminare materiali organici, quali vernici e colle, normalmente trasparenti ai raggi X, sfruttando l'imaging a contrasto di fase (Cloetens et al., 1996). Inoltre, il setup strumentale consente di raccogliere immagini 3D ad alta risoluzione spaziale (voxel di  $1 \mu\text{m}^3$ ), fino ad un volume massimo di circa  $8 \text{ mm}^3$  di materiale (Figura 1c).

Le ricostruzioni tomografiche, unite ai risultati delle indagini micro-invasive, hanno permesso di descrivere l'intero sistema stratigrafico dei frammenti, restituendo inoltre una nuova possibilità di lettura della morfologia delle cellule del legno. In particolare è stato osservato lo stato di deformazione delle tracheidi (le cellule deputate al trasporto delle sostanze organiche nel legno vivo) di alcuni reperti, come per esempio nel frammento di contrabbasso di Lorenzo Guadagnini. Questa caratteristica morfologica, osservata in precedenza in microscopia ottica ed elettronica (SEM-EDX), è stata ipoteticamente attribuita ad un processo meccanico di compressione o ad un trattamento chimico durante la costruzione dello strumento (Fiocco 2017).

Prima di procedere all'analisi dei campioni storici, il setup della beamline è stato configurato utilizzando come test alcuni provini di riferimento noti, realizzati simulando il processo di finitura dello strumento musicale. Questa attività preliminare è risultata di fondamentale importanza nella fase di discriminazione degli "artefatti" prodotti in fase di acquisizione. Al termine dello sviluppo del processo di trattamento del dato grezzo, le immagini micro-CT sono state confrontate ed integrate con i risultati ottenuti in precedenza dalle altre tecniche analitiche, permettendoci di creare immagini 3D ad alta risoluzione descrittive dell'intera stratigrafia.

## RISULTATI

I primi frammenti analizzati provengono dal fondo di due viole da gamba di Gasparo da Salò. Gasparo Bertolotti (detto "da Salò", città in cui nacque) fu uno dei più importanti esponenti della cosiddetta "scuola bresciana" della fine del 1500 (Dasseno 1990). Nel primo reperto sono stati identificati tramite l'indagine microdistruttiva almeno cinque strati contenenti particolato organico e inorganico (Figura 2a). Una sottile preparazione proteica, contenente inclusi organici di colore nero e pigmenti contenenti ferro, sembra essere stata applicata direttamente sull'acero come turapori colorato. Al di sopra di essa è stato messo in evidenza uno strato spesso circa  $10 \mu\text{m}$ , contenente pigmenti a base ferro e alcuni grani di gesso di maggiori dimensioni ( $5-10 \mu\text{m}$ ). È visibile inoltre un ulteriore strato di circa  $5 \mu\text{m}$ .

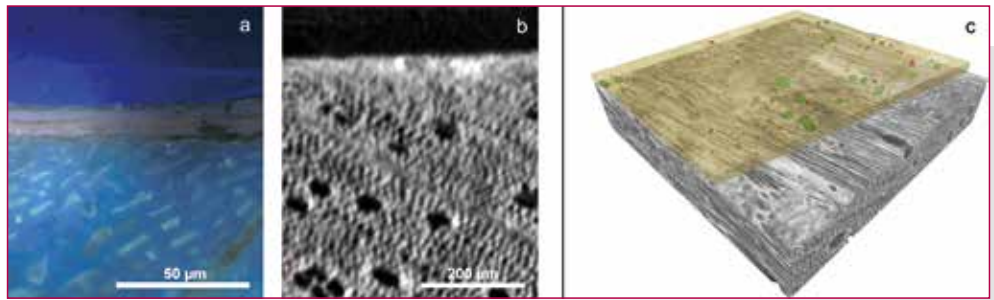


Fig. 2 - Immagine della fluorescenza indotta da luce UV della sezione lucida relativa al primo campione di Gasparo da Salò (a) e sezione tomografica trasversale dello stesso frammento (b); ricostruzione tomografica 3D della stratigrafia corrispondente al secondo frammento di Gasparo da Salò (le particelle verdi e rosse rappresentano il particolato disperso all'interno degli strati) (c).

Lo strato finale di vernice ha infine uno spessore uniforme di circa  $10 \mu\text{m}$  nel quale non sono visibili particelle. A causa degli esigui spessori di alcuni di questi strati, l'indagine microtomografica consente di metterne in luce soltanto due principali (Figura 2b).

Le indagini condotte sul secondo frammento di Gasparo da Salò (Figura 2c) mettono in luce un sistema stratigrafico molto più semplice. La preparazione è composta da un legante proteico nel quale è presente del solfato di calcio, presumibilmente gesso. Gli strati di vernice identificati, in questo caso, sono soltanto due: nel primo si riscontra la presenza di pigmenti contenenti ferro ( $2-3 \mu\text{m}$  di diametro) attribuibili a ocre rosse, mentre nel secondo si ritrovano particelle contenenti piombo ( $15-20 \mu\text{m}$  di diametro), presumibilmente riconducibili a ossidi di piombo (litargirio o minio). In entrambi gli strati è stata inoltre identificata una fine dispersione organica di colore nero, probabilmente correlabile a residui carboniosi prodotti nelle fasi di preparazione e cottura della vernice. Pur non essendo un campione sufficientemente rappresentativo, è interessante notare come all'interno della stessa bottega le procedure di finitura dello strumento musicale potevano cambiare anche notevolmente, testimonianza di una continua ricerca sperimentale da parte del liutaio.

Ancora più interessante è ciò che emerge dall'analisi del frammento di violoncello di Giovanni Paolo Maggini. Egli fu il discepolo prediletto di Gasparo da Salò, e consolidò le tecniche costruttive della "scuola bresciana" fino al 1630, anno in cui probabilmente morì a causa della peste (Dasseno 1990). Lo studio del reperto mette in evidenza

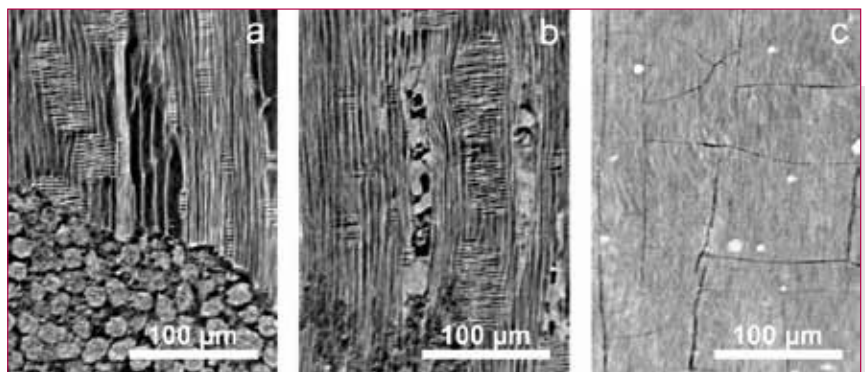


Fig. 3 - Sezioni tomografiche radiali corrispondenti ai tre strati osservati nel frammento attribuito a Giovanni Paolo Maggini: legno (a), strato di preparazione (b) e vernice esterna (c).

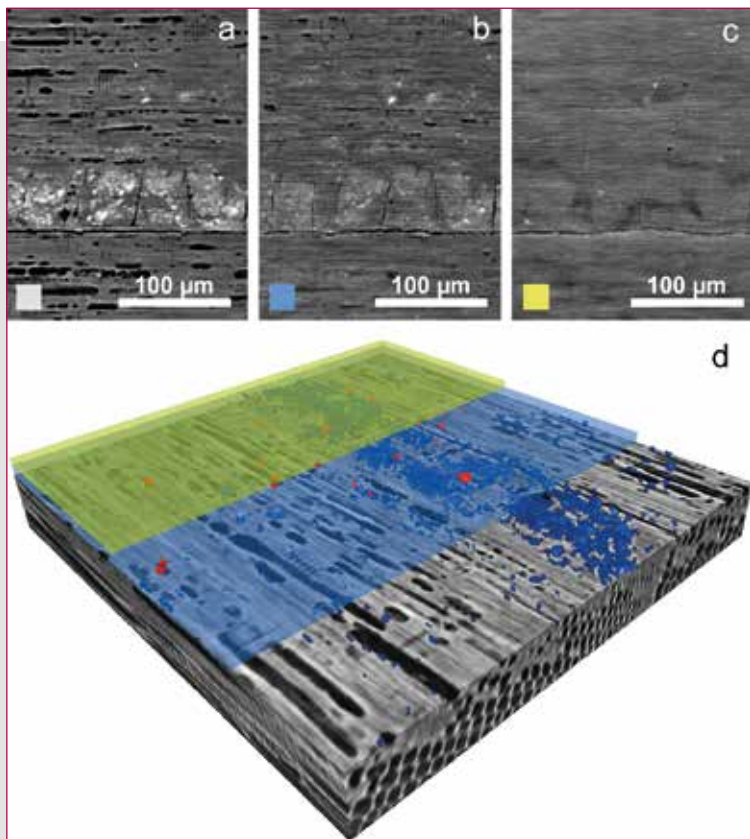


Fig. 4 - Sezioni tomografiche radiali corrispondenti ai tre strati osservati nel frammento di Guarneri: legno (a), strato di preparazione (b) e vernice esterna (c); ricostruzione tomografica 3D della stratigrafia (le particelle blu e rosse rappresentano il particolato disperso all'interno degli strati) (d).

una struttura stratigrafica molto più semplice rispetto ai due casi precedentemente descritti: il legno (Figura 3a) è infatti rivestito da un sottile strato di preparazione proteica (Figura 3b) - nel quale non sono visibili riempitivi - e da un singolo strato di vernice (25-30 µm di spessore) che incorpora rare particelle di ocre rossa (2-3 µm di diametro) (Figura 3c). Queste caratteristiche identificano non soltanto procedure di finitura più rapide, ma anche il discostamento di Maggini dagli insegnamenti del suo maestro, a favore di una rielaborazione personale di determinate procedure. La tradizione liutaria a Brescia si concluse con la morte di Maggini, ma in Lombardia la liuteria continuò a vivere e prosperare nella città di Cremona. Alla fine del 1500 era

infatti già attiva la bottega della famiglia Amati, la quale sopravvisse miracolosamente alla peste: ciò che fu nefasto per la tradizione bresciana fu invece fortunato per la tradizione liutaria cremonese. Andrea Amati, capostipite della famiglia e della tradizione che ha reso grande il nome di Cremona nel mondo, fu probabilmente in contatto con Gasparo da Salò (si ipotizza che fu suo allievo prima di spostarsi a Cremona). All'interno della sua bottega si formarono probabilmente Andrea Guarneri e Antonio Stradivari: i metodi degli Amati vennero così tramandati da maestro a discepolo, permettendo l'apertura di nuove botteghe a conduzione familiare.

Ed è proprio di Andrea Guarneri il frammento di violoncello osservato al sincrotrone. In questo caso la preparazione è penetrata profondamente nel legno per circa 200 µm (Figura 4a,b). E' rilevabile un unico strato di vernice (Figura 4c): essa contiene rare particelle di ocre rossa, difficili da identificare a causa del loro ridotto diametro (circa 2 µm). La struttura stratigrafica di questo frammento (Figura 4d) è molto simile a ciò che è stato osservato in precedenti studi su microcampioni di strumenti Amati (Fiocco 2017, Fichera 2017).

Alcune lievi differenze sono state riscontrate nella stratigrafia del frammento di violoncello di Jacobus Stainer (Figura 5a,b). Si ipotizza che egli abbia avuto contatti con la famiglia Amati, e che si perfezionò a Cremona per un breve periodo prima di tornare a esercitare la professione in Austria. Il reperto presenta uno strato di preparazione omogeneo (spesso 15 µm), realizzato con un legante proteico nel quale sono dispersi carbonati di calcio (circa 5 µm di diametro). Al di sopra, uno spesso strato di vernice (30 µm) contiene pigmenti a base di ferro (diametro 5-10 µm).

Infine, si riporta il caso del frammento attribuito ad un contrabbasso di Lorenzo Guadagnini (Figura 5c). Non si conosce molto di questo autore: in passato si ipotizzò che fosse stato allievo di Antonio Stradivari, per poi spostarsi a Torino. Ad oggi si è portati a ritenere che Lorenzo Guadagnini, padre del celebre Giovanni Battista Guadagnini, capostipite della scuola piemontese, non svolse mai la professione di liutaio, e che gli strumenti a lui attribuiti possano essere stati realizzati dal figlio o erroneamente attribuiti in passato (Rosengard 2000). Il reperto presenta una preparazione colorata di circa 10 µm di spessore, in cui sono dispersi diversi tipi di particelle. Alcune sono riconducibili a ocre rosse, altre invece sono identificate come solfati di calcio, presumibilmente gesso. Le tracheidi superiori del substrato ligneo sembrano essere state parzialmente riempite da questo strato di preparazione. Nello spesso strato di vernice

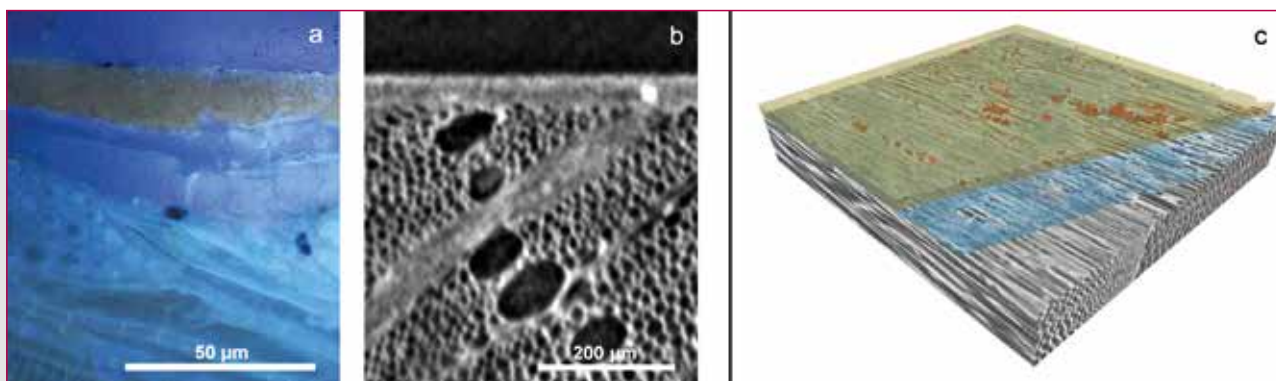


Fig. 5 - Immagine UV della sezione lucida relativa al campione di Jacobus Stainer (a) e sezione tomografica trasversale dello stesso frammento (b); ricostruzione tomografica 3D della stratigrafia corrispondente al frammento di Lorenzo Guadagnini (le particelle rosse rappresentano il particolato disperso all'interno degli strati)(c).



sopra di esso - circa 50  $\mu\text{m}$  - è stata documentata la presenza di inclusi e di bolle d'aria. A differenza di quanto ipotizzato in partenza sulla base delle indagini micro-distruttive, l'indagine micro-CT ha permesso di smentire l'ipotesi in merito alla deformazione delle tracheidi superiori per mezzo di un pre-trattamento meccanico o chimico.

Nonostante i vantaggi offerti dall'indagine micro-CT, la tecnica ha tuttavia mostrato alcune limitazioni nel discriminare strati inferiori a 10  $\mu\text{m}$  di spessore. In particolare, nel caso del primo frammento di Gasparo da Salò, l'indagine stratigrafica micro-distruttiva preliminare è stata di fondamentale importanza per una completa e corretta lettura delle sezioni tomografiche.

## CONCLUSIONI

L'aspetto più vantaggioso dell'utilizzo della microtomografia computerizzata con luce di sincrotrone per lo studio della stratigrafia inerente al processo di finitura e verniciatura degli strumenti musicali è senza dubbio quello di poter ottenere immagini tridimensionali ad alta risoluzione dei materiali in esame. Inoltre, la possibilità di operare con un fascio estremamente coerente come quello proprio della luce di sincrotrone e di applicare il metodo del contrasto di fase permette la discriminazione tra materiali organici di diversa natura, sulla base della variazione nella scala di grigi, cosa non possibile con dispositivi microtomografici convenzionali. I dati ottenuti sono preziosi ai fini della caratterizzazione dei materiali e dei metodi della tradizione, identificando la presenza - o l'assenza - di una preparazione, la posizione delle particelle in ciascuno strato e la misura della loro granulometria. Integrando questi risultati con quelli di cui disporremo prossimamente, ottenuti con tecniche non invasive innovative per lo studio del tipo di proteine utilizzate nelle preparazioni del legno e della natura delle sostanze organiche presenti nelle vernici, saremo presto in grado di fornire informazioni complete riguardo alle antiche tecniche di costruzione e finitura dei grandi liutai del passato.

## RINGRAZIAMENTI

L'accesso alla beamline SYRMEP di Elettra Sincrotrone Trieste è stato possibile grazie al proposal N. 20170163. Gli autori sono grati a Franco Zanini e Monica Gulmini per il supporto nell'attività di ricerca. Gli autori sono grati alla Scuola Internazionale di Liuteria di Cremona, per aver concesso l'analisi dei reperti.

## BIBLIOGRAFIA

- Cloetens, P., Barrett, R., Baruchel, J., Guigay, J.P. & Schlenker, M. (1996) Phase objects in synchrotron radiation hard X-ray imaging, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 29, 133-146. DOI:10.1088/0022-3727/29/1/023.
- Dasseno F. & Ravasio U. (1990) Gasparo da Salò e la liuteria Bresciana tra rinascimento e Barocco, Editrice Turris
- Fichera G.V., Rovetta T., Fiocco G., Alberti G., Invernizzi C., Licchelli M. & Malagodi M. (2017) Elemental analysis as statistical preliminary study of historical musical instruments, *Microchemical Journal* 137, 3, pp. 307-317. DOI:10.1016/j.microc.2017.11.004
- Fiocco G., Rovetta T., Gulmini M., Piccirillo A., Licchelli M. & Malagodi M. (2017) Spectroscopic analysis leading to characterize finishing treatments of ancient bowed string instruments, *Applied Spectroscopy*, 71(11), pp. 2477-2487. DOI:10.1177/0003702817715622
- Fiocco G., Rovetta T., Malagodi M., Licchelli M., Gulmini M., Lanzafame G., Zanini F., Lo Giudice A. & Re A. (2018) Synchrotron radiation micro-computed tomography for the investigation of finishing treatments in historical bowed string instruments: Issues and perspectives, *European Physical Journal Plus* 133: 525, DOI 10.1140/epjp/i2018-12366-5
- Fiocco G., Rovetta T., Invernizzi C., Albano M., Malagodi M., Licchelli M., Re A., Lo Giudice A., Lanzafame G.N., Zanini F., Iwanicka M., Targowski P. & Gulmini M. (2019) A Micro-Tomographic Insight into the Coating Systems of Historical Bowed String Instruments, *Coatings*, 9:2 81; DOI:10.3390/coatings9020081
- Rosengard D. (2000) Giovanni Battista Guadagnini. The life and achievement of a master maker of violins, Carteggio Media
- Zanrè A. et al. (2019) "I Segreti di Sgarabotto", Edizioni Scrollavezza & Zanrè

## ABSTRACT

*The coating system of bowed string instruments is often composed of several organic (e.g. siccative oils, resins) and inorganic (e.g. pigments, fillers) materials, variously mixed and/or overlaid. In two recent scientific studies performed by the Arvedi Laboratory of Non-Invasive Diagnostics, six large fragments removed from musical instruments during past restorations and attributed to important violin makers have been considered for an innovative non-invasive insight into their stratigraphies through Synchrotron Radiation micro-Computed Tomography.*

## PAROLE CHIAVE

MUSICAL INSTRUMENT; LUTHERIE; VARNISH; SYNCHROTRON; CT SCAN

## AUTORE

TOMMASO ROVETTA  
TOMMASO.ROVETTA@UNIPV.IT  
GIACOMO FIOCCO  
GIACOMO.FIOCCO@UNIPV.IT  
MICHELA ALBANO  
MICHELA.ALBANO@UNIPV.IT  
CLAUDIA INVERNIZZI  
CLAUDIA.INVERNIZZI@UNIPV.IT

LABORATORIO ARVEDI DI DIAGNOSTICA NON INVASIVA, CISRIC  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA, VIA BELL'ASPA 3, 26100 CREMONA, ITALY

GABRIELE NATALE LANZAFAME  
GABRIELE.LANZAFAME@UNICT.IT  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE BIOLOGICHE, GEOLOGICHE E AMBIENTALI  
UNIVERSITÀ DI CATANIA, CORSO ITALIA 57, 95129 CATANIA, ITALY

ALESSANDRO RE  
ALESSANDRO.RE@UNITO.IT  
DIPARTIMENTO DI FISICA  
UNIVERSITÀ DI TORINO AND INFN, SEZIONE DI TORINO, VIA PIETRO GIURIA 1,  
10125 TORINO, ITALY