LE BLEU ÉGYPTIEN DE PUTEOLI

Nicola Kapetanidis

Salonique

www.vesuvioweb.com

Una ricerca interessante e nuova. Un'indagine scientifica sui contenuti artistici e sulle basi chimiche del colore.

Nella ricerca di **Nicola Kapetanidis,** c'è lo spirito del detective, dello studioso e del grande conoscitore di quella branca della storia dell'arte che si affaccia in maniera forte nella Terra del Vesuvio.

SUMMARY

The ancient city of Puteoli, today Pozzuoli, was an important port of the bay of Naples. But it is also reported as place of production of blue pigments, in the famous book of Vitruvius "The ten books of Architecture" written in Augustus age. Many samples of this pigment are found in Pompeii's excavations.

This blue pigment is first made in ancient Egypt about 2000 BC as a product of the Bronze Age. It is the blue colorant of many potteries, statues and frescos seen in all museums. It is passed early in Europe and we see it in Knossos, Tiryns and Thira. But it is also the main blue pigment of all classic ages and of the early Middle Age. It is suddenly disappeared after 8th century.

The analysis of the pigment, (first found by French during the Napoleon's campaign in Egypt), approved very difficult, keeping the scientists interest for about two centuries. The recent studies, of the last thirty years, shown up not only the molecular composition and crystal structure but also the way of its production.

After the presentation of these data and the Vitruvius text, a full description of the production of Egyptian blue in Puteoli's laboratories is attempted.

Thousand of people admiring every day the Pompeian frescos, they normally don't know the technical details of these paintings. They may don't know that the most of the pigments they are seeing are natural mineral products, with the exception of blue, which is not only technical, but a product of difficult and complex synthesis.

This paper wants not only to describe this synthesis but also to show that the place of production is very close to Pompeii, in the other sight of the bay. Of coarse this vicinity is a coincidence because the "puteolian" blue was used not only in Pompeii but in all around Mediterranean Sea.

The description of production it seems not interesting for the majority of the readers, but I think it is, because it is related to Antiquity and not to our modern technological times.

INTRODUCTION

Si nous voulons rapprocher les villes antiques de la baie de Napoli, il semble que Puteoli était la zone industrielle de Campanie, comme Pompéi était la zone domestique de lux. C'est une conclusion facile des chercheurs quand on trouve des éléments archéologiques ou littéraires qui supportent cette pensée. Les plusieurs des ces chercheurs sont accord que Puteoli est le port le plus important de la baie et, par conséquence, est un endroit de commerce et d'industrie, quand il y a aussi des autres éléments qui supportent ce supposition.

Un de ces éléments parmi les plus importants est la production du Bleu Egyptien. C'est un pigment des peintures, de verrerie et de mosaic. C'est le plus important pigment bleu de toute l'antiquité jusqu au moyen age. C'est un produit synthétique et le fabriquant faut connaître une technologie complexe et difficile de minéralogie et de chimie. Nous avons aussi l'information que le produit de Puteoli était la meilleure qualité de la période Romaine.

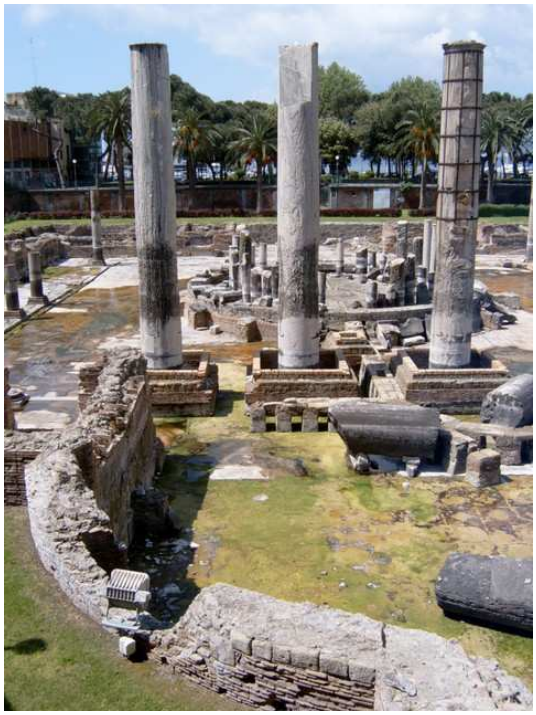
1. Puteoli. Section ouest.

Tout ça veut dire que Puteoli est un endroit de production, pas seulement d'un produit de haute et secrète technologie, mais aussi de la meilleure qualité de ce produit au dernier moitie de l'antiquité. Alors je crois que nous pouvons être certains que Puteoli est, au moins, une zone industrielle importante de Campanie, parmis des autres.
Aux photos de ces pages, je suppose que nous voyons le quartier central de la ville, au bord de la mer, et pas les quartiers périphériques où le plus souvent se trouvent les « industries » polluants.

(Je suppose, parce que je n'ai jamais visité Puteoli).

C'est vrai que cette règle contemporaine n'existait pas souvent à l'antiquité. Nous avons l'exemple du laboratoire de la marchée à Kos, qui produisait aussi du bleu égyptien, pas loin du platane d'Ippocrates. Par conséquence, est très propable que un des laboratoires de Puteoli se trouvait ici, au centre de la ville, entre les ruines que nous voyons à ces photos.

L'épreuve spéciale pour ces données archéologiques est les globules de pigment qui se trouvent aux escavations. A Kos, il est certain qu il s'agit pour un laboratoire parce que plusieurs globules bleu sont trouvées là. Parler pour globules veut dire que c'est la forme à laquelle le produit est préparé et vendu. Nous les verrons à la suite pendant la description de la fabrication.



2. Puteoli. Section central.

La marchée antique de Kos est un bâtiment de 300x80 mètres divisée à plusieurs propriétés, dépôts et laboratoires, comme un centre commercial. L'endroit spécial que nous parlons se trouve au coin sud-est. Il était laboratoire metalourgique aux temps Grecs et laboratoire des pigments aux temps Romains. Les archéologues ont trouvé ici 90 globules de 2-4 cm diamètre. Les 32 sont brunes, 20 verts et 38 bleus. Les globules verts sont des produits demi-reussis et les brunes sont des produits mal-reussis (échec complet de la production).

Exactement la même analogie des globules était trouvée aux escavation de Pompéi. Les archéologues de Puteoli est sûre qu ils conaissent bien si ils avaient trouvé des globules autour de Puteoli ou si les seuls globules de la région sont ceux du pigmentarium de Pompéi. Une réponse de leur part, directement à vesuvioweb, sera bien acceptée et utile.

Mais je crois que c'est le temps de faire la connaissance de ce produit d' « Appellation d'Origine de Qualité Supérieur » de Puteoli.

3. Kos. Le" centre comercial."

4. Kos. La marché Romaine.

L'HISTOIRE DU PIGMENT

Pendant toute la large période de l'histoire égyptien (de 4000 aC jusque à Cleopatra) nous observons deux couleurs qui dominent sur tous les objets d'Art. Le vert et le bleu. Actuellement ils sont les deux nouveaux couleurs qui sont ajouté à la palette des temps Historiques et n'existaient pas aux temps Préhistoriques.

La raison est l'entrée de l' Umanite à l'age du cuivre. Les métallurgistes égyptiens trouvent la manière de produire le métal par ses minéraux, malachite et azurite, qui se trouvent près de la surface terrain au sud de l'Egypte. Les marins Crétois transportent la méthode à l'autre cotée de la mer et l'exploitation des mines de Chypre et de l'Attica commence. Ainsi Europe entre aussi à l'age du cuivre et du bronze à Knossos, Mycènes, Thira, Tirynthe, Argos etc.

Un minéral vert (malachite) et un autre bleu (azurite) à cotée, donnent, tout de suite, l'idée de les utiliser comme pigments, à la même manière que les hommes des caves utilisaient, depuis longtemps, leurs minéraux ocre et hématite. Ainsi nous voyons que tandis que Préhistoire utilise quatre couleurs (blanc, noir, jaune, rouge) les Temps Historiques possèdent six par le début.

Les Egyptiens aimaient les cérémonies et les symbolismes. La couleur bleue est reliée avec plusieurs dieux, états du Nil, états des âmes etc. Le vert aussi à des autres. Ces symbolismes passent aux objets de l'Art et pas seulement à la peinture. Exemples des papyrus, des frescos et de petite sculpture nous voyons à ces pages.

Ces deux pigments entrent ensemble, avec le cuivre, à la vie égyptienne parce que les deux minéraux se trouvent, presque toujours, ensemble à toutes les mines.

5. *Ramses II. 1170 aC .Fresco*

6. *Scarabe*

8. *Papyre 1*

7.Hippopotame de la 12eme Dynastie. Louvre

Après ces données précédentes la conclusion facile des lecteurs est que le bleu azurite est ce que nous voyons aux exemples de ces pages. Mais cette conclusion n'est pas juste.

Une grande surprise attendait les premiers chercheurs archeologues-egyptiologues du 19eme siècle à l'analyse des divers speciments bleu. Ils ont constaté qu il s'agit pas de l'azurite mais pour un autre colorant de synthèse bizarre et inconnu.

Les chimistes de l'époque sont occupés tout de suite avec intérêt aux speciments, mais ils n'ont pas réussi d'avancer une analyse complète. Ils ont trouvé seulement que c'est une composition de cuivre. Tous les autres détails sont restés inconnus et mystérieuses.

10. Papyre 2

Les nombreux admirateurs de la civilisation égyptienne du premier moitie du 19eme siècle ont eu un nouvel argument à ajouter à leurs lectures. Les égyptiens n'avaient pas seulement constatée très vite l'instabilisation de l'azurite (aujourd'hui bien connu) mais ils ont avancées à la réalisation de la première synthèse de colorant à l'histoire de la Chimie, parmi plusieurs autres faits.

On croit bien qu il est découvert par hasard, au début du troisième millénaire pendant des essais pour le remplecement du lapis lazuli qui est rare et cher. Ce dernier minéral était utilisé à la verrerie, surtout aux frites, c'est-à-dire aux emails des céramiques. Il ressemble que les artisans égyptiens s'expérimentaient sur un remplacement de la lazulite avec des sels de cuivre. A peu prés comme ça, est ressorti le presque seul bleu colorant que les archéologues ont trouver à Egypt, à Mésopotamie, à Crête, Thira, Tirynthe etc.

Mais aussi aux temps classiques la situation continue. Le bleu égyptien est identifie à toutes les peintures et les objets colorées trouvées aux ruines grecs et romains. Mais il faut noter que au début il était utilisé comme il était découvert. C'est à dire pour les émaux, les ornements, les scarabées et les petites statues. Un grand nombre des ces pièces très antiques se trouvent aux musées du monde entier.

A la page suivante nous voyons un petit nombre des pièces d'Art par la haute antiquité jusqu au Moyen Age où le bleu égyptien est la couleur principal.

16. Knossos. 2me mil.

11. Tiryns. Chasse du sanglier

14. Tiryns. Le chariot.

13. Vergina. Tombe d' Anthemia. 300aC

12. Pompei

15. Salonika. St Dimitrios. 7eme siecle pC

Aux temps hellénistiques, qui se caractérisent par le mélange des civilisations, les arts égyptiens sont diffusés par le royaume des Ptolémées aux autres pays. C'est la raison que nous trouvons des cas de production du bleu égyptien à plusieurs régions. Nous rencontrons le même phénomène aux temps romains mais à une beaucoup plus grande espace et degré.

Le pigment est identifiée à divers pièces d'Art jusqu a 700 pC, a peu prés, et après ses traces disparaissent et nous sommes pas certains pour la raison. Son utilisation s'arrête et toute l'information de sa production médiévale est perdue. Seulement à la littérature le nom du pigment est sauvé comme une fable, un mythe, jusque à sa renaissance par l'Archéologie du 19eme siècle.

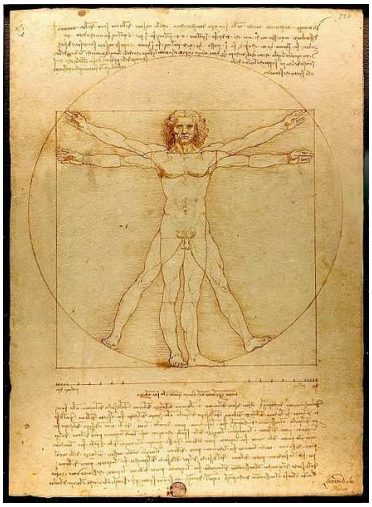
Théophraste à "Peri Lithon" (Les minéraux) mentionne trois espèces des colorants bleus. Deux naturels le lapis lazuli skythien et l'azurite cypriote et un artificiel le bleu égyptien. Plinie reconnaît déjà des qualités et des provenances. Il écrit pour trois espèces du bleu égyptien. Le « Egyptien », le « Vestorien » et le « **Puteolien** ».

La raison de la diversité des provenances n'est pas seulement commerciale ou qualitative. Il y a aussi une différence à la nuance. Aujourd'hui est prouvée que cette différence des nuances se dépend de la provenance des matières premières et de la manière de friture.

Maintenant il est visible qu il faut passer à la description de la production du pigment et spécialement à cette de Puteoli.

MANIÈRE DE LA PRODUCTION

La première et plus importante description de la préparation du bleu égyptien se trouve dans un de plus célèbres oeuvre de la culture romaine. C'est le « De Architectura Libri Decem » du Markus Vitruvius écrit autour du 20-15 aC. C'était un fameux architecte jeun à l'époque de Jules César et mort à l'époque de Auguste Octavien. Il est plus connu au large public par le fameux dessin de Leonardo Da Vinci « L'homme Vitrouvien ». Lae description se trouve au livre septième, chapitre 11 et il est clair qu il s'agit pour la méthode réalisée a Puteoli. Le texte n'est pas long et il suit en latin et après ma traduction en français.



18. L' homme Vitruvien

17.Fourneau romaine trouvee a Bliesbruck

Caerulei temperationes Alexandriae primum sunt inventae, postea item Vestorius ***Puteolis*** *instituit faciundum. Ratio autem eius e quibus est inventa satis habet admirationis. Harena enim cum nitri flore conteritur adeo subtiliter ut efficiatur quemadmodum farina, et aes cyprium limis crassis uti scobe facta mixtae conspargitur ut conglomeretur. Deinde pilae manibus versando efficiuntur et ita conligantur ut inarescant. Aridae componuntur in urceo fictili, urcei in fornace. Simul autem aes et ea harena ab ignis vehementia confervescendo coaluerint, inter se dando et accipiendo sudores a proprietatibus discedunt suisque rebus per ignis vehement am confectis* caeruleo rediguntur colore.

La manière de la production de la couleur bleue est inventée à Alexandrie. Plus tard Vestorius a fondée un laboratoire à **Puteoli**. Sa méthode et ses éléments sont remarquables. Un mélange du sable et des fleurs de soude est fortement moulu jusqu à arriver à un état très fin comme la farine. (Le nitre du texte latin n'est pas ici un sel nitrate, comme d' habitude, mais il s'agit du « nitre égyptien » qui est carbonate de soude). Limailles de cuivre (cypriote) sont ajoutée au mélange et après un melangement à la main se forment en globules qui sont placées l'un près de l'autre jusqu à sécher. Apres le séchage, les globules sont placées à une terrine et en suite au fourneau. Ainsi le sable et les autres ingrédients, pendant la cuisson, avec la force du feu, échangeant leurs vapeurs, perdent leurs propriétés et quand la température se diminue obtiennent une couleur bleue.

Il est bien entendu que le texte était servi comme une base d'information aux essais des synthèses contemporaines et aussi il était l'objet des plusieurs discussions. Un point admirable est la manière alchimiste de pensée. Les éléments échangent leurs vapeurs et, comme résultat, perdent leurs propriétés. Principes de chimie contemporaine mais à la langue alchimiste.

Nous voyons facilement qui il est très pauvre aux détails. Il ne donne pas les proportions entre les ingrédients ni le niveau et la durée de la température. Mais il y a aussi des autres commentaires à faire.

Au début, l'information d'Alexandrie ressemble incorrecte. Le colorant se produisait en Egypte des siècles avant la fondation de Alexandrie. Mais propablement Vitruve veut dire que Alexandrie était la ville où Vestorius était apprentie avant de venir à Puteoli.

Les autres points sont technologiques. Comme nous verrons à la suite un composant très important est le chaux. C'est impressionnant que le texte dit rien du tout. C'est un faut grave de Vitruve ou il est considérée comme "secret " de la méthode? Nous ne savons pas. Mais plus tard ont trouvée que plusieurs sables contiennent beaucoup plus de calcium que d'habitude et alors l'ajoutage n'est pas toujours nécessaire. Une autre obscurité du texte est l'espèce de cuivre. Les limailles sont métalliques ou minéraux ? Nous verrons qu il est prouvée que tous les deux sont possibles.

L'étude cristallographique du pigment a montrée que ce produit est le résultat de la réaction en état solide (solid state reaction) des quatre oxydes suivants.

CuO
CaO
Na_2O
SiO_2

Deux conditions sont nécessaires pour l'exécution de la réaction en état solide. Le mélange maximum des éléments et la formation d'un état vitreux. La quantité du support vitreux se dépend de la proportion de sodium. Pendant les essais de synthèse ont constatée que si Na2O était 3% une température de 900°C était nécessaire, tandis que a 0,3% il fallait enlever à 1000°C.

Il est trouvée aussi que la pression du mélange, avant la cuisson, est très importante. Si la formation des globules est faite pas à la main, mais au pressoir, l'intension du bleu sera plus grande.

Apres toutes ces études, on croit que deux sont les secrets technologiques du Vestorius ou mieux de Puteoli. L'utilisation du pressoir et la cuisson à deux phases.

Une haute température de 900-1000°C pour 27 heurs est d'abord nécessaire pour la formation de la vitre. Apres ils font briser la vitre chaude dans l'eau froide suivie par le pilage du produit filtrée. Ils continuent avec la formation des globules finals, qui se conduisent à un réchauffage à 850-950°C cette fois et seulement pour 1,5 heure. Le résultat est un bleu clair. Si nous restons à une seul cuisson nous obtenons un bleu obscure.

Ces difficultés et complexités avaient comme résultat un grand nombre des produits demi-reussis (verts ou bleu mal) et pas-reussis (bruns). Autres raisons pour ces produits mal étaient le sable gros et les limailles gros du cuivre. Aussi la proportion élevée de calcium ou des températures moins de 850°C.

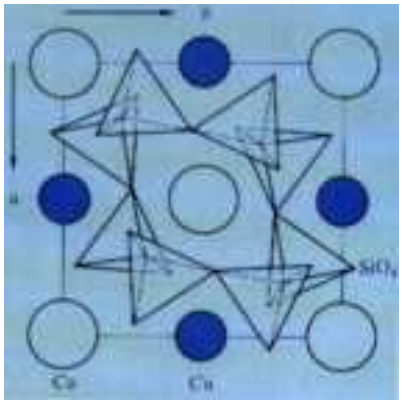
Globules justes et échoues sont trouvées ensemble à toutes les fouilles. C'est une indication sévère que l'endroit était un laboratoire antique pour peintures ou verrerie. Les globules verts étaient vendu et utilises comme un pigment vert normal.

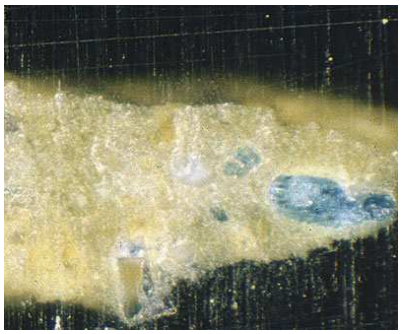
ANALYSE ET COMENTAIRES

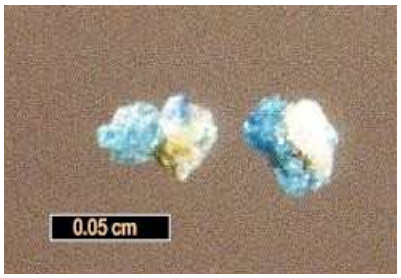
Les premiers essais d'analyse sont commencés le 1804 par Chaptal suivies par plusieurs autres efforts, qui sont duré longtemps. Enfin c'est le 1884 qu'était publiée la formule moléculaire finale et juste qui est $CaCuSi_4O_{10}$ ou mieux $CaO.CuO.4SiO_2$.

Au 20eme siècle est ajoutée l'étude sous la diffraction des rayons X (XRD) et sont exécutées plusieurs essais de synthèse pour éprouver la méthode antique de la production. La publication du 1984 des Tite, Bimson et Cowel est considérée comme la plus complète et finale. Nous voyons que les efforts pour la résolution des secrets de ce produit antique sont durés presque deux cent années.

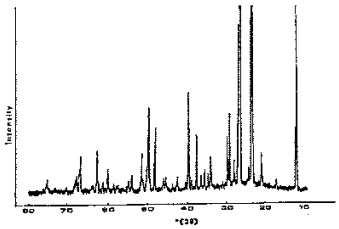
Le point décisif de l'histoire est l'utilisation des rayons X. Apres ça, la forme cristalline était découverte, qui est nécessaire pour la synthèse des produits cristallitiques en phase solide. Le diagramme des absorptions, que nous obtenons pendant l'étude d'un spécimen avec XRD, est la méthode de la détection ou d'identification du pigment même à nos jours. Pour être plus compréhensible je place à la page l'image du diagramme, un dessin de la forme cristalline et une photo du cristal par microscope.
Il faut noter ici que l'étude cristallique du bleu égyptien a montrée qu il y a une identification avec le minéral cuprorivaite.
Mais ce minéral est rare, il est découvert récemment et alors il est sure qu il était inconnu au monde antique pour être utiliser ou imiter.







19. Cuprorivaite de Vesuve



X-ray diffraction (XRD) diagram of Egyptian blue. CuK_α radiation.

A la page nous voyons une photo de cuprorivaite trouvée récemment à Vésuve. (Quelle coïncidence !)

Le matériel pour les études scientifiques était des petits fragments des globules ou de la surface des frescos. Les spécimens étaient égyptiens, mésopotamiens et romaïques. Diffraction des rayons X et Absorption Atomique sont utilisée, après une dissolution au metaborate de lithium.

L'analyse a montrée des différences entre les échantillons et des différences pareilles sont marquées à la nuance et à la forme cristalique. C'est la raison que les résultats de l'analyse sont données aux prix limites (max-min) et pas au moyenne.

CaO 7-15%
CuO 10-21%
Na2O 0,1-3,9%
SiO2 58-78%

L' Absorption Atomique a montrée aussi la présence de Potassium, Magnésium, Fer, Aluminium (Al), Plomb, Zinc, Arsenic, Etain (Sn) et Cobalt .Quelque uns à petites proportions de 0,1 - 1% et les autres comme traces.

Les proportions de l'Etain, du Plomb et de l'Arsenic nous montrent quels speciments son fabriquées par cuivre métallique et quels par cuivre minéral. A ces échantillons la proportion entre cuivre et les autres trois éléments est identique avec celle des pièces métalliques de la même région et de la même époque. Si il n'y a pas cette identification, nous concluons que du cuivre minéral est utilisé.

Il est remarquable que tous les échantillons mésopotamiens soient de cuivre minéral. Au contraire ceux de Pompéi sont par des pièces métalliques de la même région.

La distance entre les limites des proportions de la soude est aussi impressionnante. Quand l'analyse donne 0,1-0,5% nous concluons que pas de la soude est ajoutée, parce que c'est la proportion habituelle de Sodium à toutes les terres. Proportion plus grande signifie qu il y a ajoutage de soude au mélange comme Vitruve décrit.

Il est aussi intéressant à noter que la proportion du magnese nous aide à trouver la provenance de la soude.

La soude, pendant l'antiquité et le moyen age, était la cendre très blanche, après calcination parfaite, de matière animale ou végétale (bois, roseaux, herbes etc.).Par exception, en Egypte, était aussi la cendre de calcination du résidu, après l'évaporation de l'eau du Nil.

La proportion entre Na, K, Mg nous montre la provenance de la soude. Avec ce guide, il est constatée qu aux échantillons égyptiens était ajoutée surtout de la soude de Nil et quelque fois de la cendre du bois du désert (arbres des oasis). Au contraire les speciments grecs et romains contiennent de la soude de provenance fois animale, fois végétale, mais pas exotique.

Le fin.

Mais l'histoire continue.

Nicolas Kapetanidis
Chimiste- associé extérieure
Peintures- Technologie Chimique Organique
Université Aristotelien Thessalonique
pou www.vesuvioweb.com

info@vesuvioweb.com

Norme di consultazione.
La Direzione del sito ricorda che tutti i lavori contenuti nel sito appartengono all'autore che gentilmente e a titolo gratuito, concede per la lettura in rete. L'utilizzo del testo e delle immagini da parte di terzi deve essere autorizzato dall'autore stesso e dalla Direzione. Qualsiasi violazione di questa elementare nota di chiarimento può indurre la parte lesa (Autore e\o Sito) ad adire per vie legali, al fine di rivendicare la paternità dell'idea, del testo e delle immagini