

Research & Experimentation

design

RESTONED DALLA POLVERE DI SCARTO ALLA PIETRA SOSTENIBILE

RESTONED FROM WASTE MATERIAL TO SUSTAINABLE STONE

Annalisa Di Roma^a, Alessandra Scarcelli^b, Vincenzo Minenna^c

ABSTRACT

La ricerca ReSTONED indaga il tema della sostenibilità ambientale connessa al ciclo di produzione, a partire dal reimpiego di materiale di sfrido lapideo, da trasformare in nuovo materiale per prodotti indoor e outdoor. La ricerca si colloca nell'ambito d'indagine dell'innovazione di prodotto, con particolare riferimento a materiale da fonti naturali e oggetti d'arredo. In un'ottica di potenziamento dell'economia circolare regionale, l'ipotesi della ricerca è che lo scarto di produzione, definito 'fangio di lavorazione', possa essere ri-processato al fine di ottenere nuovo materiale con caratteristiche rinnovate sia dal punto di vista tecnico sia dal punto di vista estetico.

The ReSTONED research investigates the theme of environmental sustainability related to the production cycle, starting with the reuse of the stone waste material, to be transformed into new material for indoor and outdoor products. The research is based in the product innovation field, with particular reference to materials from nature sources and furniture. With a view to strengthening the regional circular economy, the research hypothesis is that the production waste, defined as 'processing mud', can be re-processed in order to obtain new material with renewed characteristics both from a technical and an aesthetic point of view.

KEYWORDS

design sostenibile, innovazione di prodotto, design lapideo, economia circolare, manifattura digitale

sustainable design, product innovation, stone design, circular economy, digital manufacturing

Il paper propone gli esiti della ricerca ReSTONED, svolta dagli autori sul tema della sostenibilità ambientale connessa al ciclo di produzione verso una ecologia industriale (Almeida, Branco and Santos, 2007; Forlani, 2010; Andrews, 2015), nell'ottica del potenziamento dell'economia circolare regionale, a partire dal reimpiego di materiale di sfrido lapideo da trasformare in nuovo materiale, per prodotti indoor e outdoor. Tale ricerca parte da alcune premesse di metodo derivanti dagli attuali orientamenti promulgati dalla Comunità Europea (2014, 2015), in particolare dal Rapporto dal titolo Verso un'Economia Circolare: Programma per un'Europa a Zero Rifiuti: in esso vengono illustrate le linee di indirizzo da seguire per accrescere il riciclo e usare in modo più efficiente le risorse, limitare la dipendenza dalle fonti di approvvigionamento incerte, ridurre i rifiuti e prevenire la perdita di materiali pregiati, con la finalità di indurre un minor impatto ambientale e creare nuovi posti di lavoro. La serie di misure conseguenti al Rapporto della Comunità Europea è stata recepita dalla Regione Puglia, sottoscrittrice della Charter of the Italian Way for Circular Economy (ICESP, 2018).

In particolare, la ricerca si colloca nell'ambito d'indagine dell'innovazione di prodotto, con particolare riferimento a materiale di origine naturale, 'non rinnovabile' naturalmente, per il quale è necessario mettere a punto strategie per il re-impiego finalizzate all'applicazione per il prodotto. Lo studio è stato condotto in partnership con alcune aziende del territorio pugliese degli ambiti lapideo e chimico-industriale. L'ipotesi della ricerca è che lo scarto di produzione, in particolare il cosiddetto 'fangio di lavorazione', possa essere ri-processato al fine di ottenere nuovo materiale con caratteristiche rinnovate sia dal punto di vista tecnico sia dal punto di vista estetico. La ricerca prevede una seconda fase, a cui si accennerà nelle conclusioni, che sostituirà la matrice utilizzata (resina epossidica) con resine di origine bio, al fine di raggiungere gli obiettivi di sostenibilità sino al fine vita del materiale e del prodotto.

Le ipotesi di studio sono sostenute mediante due fasi della ricerca: Desk, volta alla definizione dello stato dell'arte inerente al design dei manufatti lapidei e del materiale lapideo ri-composto, e alle implicazioni sul piano socio-culturale della produzione di manufatti riferiti al territorio di provenienza (Follesa, 2013); Field, mediante alcune sperimentazioni che riguardano il design del materiale con riferimento alla caratterizzazione estetica e tecnico prestazionale (Pappalettere, Casavola and Pappalettera, 2014).

Le basi razionali della ricerca evidenziano una delle esigenze di innovazione che accomuna le aziende del settore lapideo pugliese: riciclare i numerosi scarti/sfridi di lavorazione anche al fine di ottenere nuovi prodotti in pietra ricomposta, caratterizzati da prestazioni estetiche e tecniche innovative. Ad ora i fanghi di lavorazione, infatti, sono definiti 'rifiuti speciali' da conferire a discarica, con gli oneri connessi e le ricadute di impatto ambientale che ne conseguono (Morgante, 2013): essi sono fanghi di segazione originati durante l'asportazione di materiale dai blocchi in pietra, un processo di lavorazione che avviene in umido per questioni tecniche e di sicurezza. La principale implicazione culturale che si sostiene è che lo sviluppo di materiali da fonti naturali 'non rinnovabili' come la pietra, mediante il re-impiego del fango di lavorazione, oltre a obbedire alle sempre più stringenti esigenze di sostenibilità ambientale (Vezzoli, 2016), introdurrebbe nel settore del design di prodotto e dell'arredo la novità di un materiale riferibile al territorio di provenienza, in grado di attivare il riconoscimento e auto-riconoscimento dell'utente a fronte di una cultura materiale riferibile al settore lapideo.

Obiettivo generale dello studio effettuato è stato lo sviluppo di un materiale agglomerato utilizzando almeno il 50% di sfridi lapidei, e la definizione delle caratteristiche di una nuova classe di prodotti. L'innovazione di prodotto è intesa nella versatilità d'impiego in differenti processi produttivi, sia di tipo additivo sia di tipo sottrattivo (a stampo / per lastre / per blocchi lavorabili). Il riuso di scarto da lavorazione comporterà minor consumo di pietra e quindi minore attività di estrazione, inducendo processi virtuosi in una filiera produttiva ad oggi inquinante, per il consumo di energia grigia, per i trasferimenti in discarica degli scarti, ecc. Al fine di dimostrare le ipotesi della ricerca dal punto di vista del design del prodotto, il contributo descrive una serie di dimostratori, tra i quali lastre ed alcuni prodotti per l'illuminazione, progettati dagli autori. Tra le principali innovazioni estetiche introdotte si fa riferimento alle qualità di trasparenza del materiale ricomposto, capaci di svelare maggiore o minore opacità quando attraversato da fasci di luce, e di ricostituire l'omogeneità naturale della



Fig. 1 - Stone quarry, Apricena (credit: V. Minenna, 2017).



Fig. 2 - Slab processing waste, Dalia Stone Design, Ostuni (credit: P. Boscarino, 2017).

pietra opaca al cessare dell'esposizione luminosa. Il progetto delle lampade sostiene attivamente questo aspetto, attraverso la definizione di variazioni programmate nella composizione del materiale.

In conclusione si discutono i risultati di tale ricerca e le relative possibili ricadute per i settori industriali pertinenti; i possibili esiti a lungo termine prevedono che: le tecnologie in ambito digitale consentiranno di rendere il processo produttivo più eco-sostenibile; la ricerca nell'ambito del design del materiale lapideo ricomposto darà luogo alla nascita di una classe di artefatti sempre più connessi ai territori di riferimento, sia dal punto di vista estetico sia per quel che riguarda le implicazioni socio-culturali.

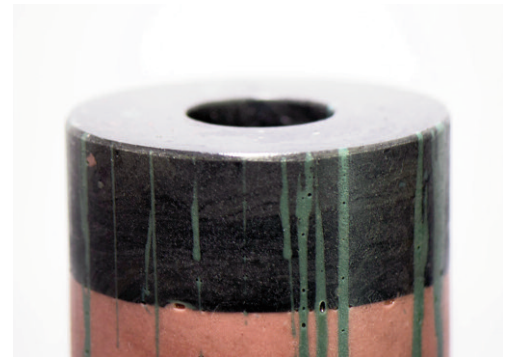
Inquadramento della ricerca e stato dell'arte – La sperimentazione illustrata nel presente paper è stata avviata all'interno del progetto di ricerca MAIND¹ (MATERIALI eco-innovativi e tecnologie avanzate per l'INDustria Manifatturiera e delle costruzioni) svolto tra il 2013 e il 2018, nel quale il Politecnico di Bari ha avuto un ruolo rilevante rispetto alla caratterizzazione di nuovi materiali e prodotti. Nello specifico, l'obiettivo realizzativo a cui si fa riferimento ha riguardato la definizione delle specifiche estetiche e percettivo-sensoriali di materiali polimerici e compositi da fonti rinnovabili, con riferimento al settore d'impiego dell'arredo. I risultati ottenuti in questa prima fase hanno posto le premesse per il prosieguo della ricerca, formalizzandosi nel progetto ReSTONED², che inquadra il focus dell'indagine relativamente allo sviluppo di nuovi materiali compositi a base naturale, sul reimpiego di polveri lapidee. La fase sperimentale è stata supportata da aziende del territorio pugliese, in particolare dalla Pimar, per quanto attiene materiali e competenze dell'ambito lapideo, e dalla Marmoplast, per il

settore chimico-industriale relativo alle resine.

La vocazione del territorio pugliese nei processi di estrazione e lavorazione della pietra da taglio ha determinato lo sviluppo di un fiorente distretto nell'ambito lapideo, contando numerose piccole e medie aziende, e quindi con rilevanza nell'economia regionale³ ma anche nazionale: con un'estrazione di circa un milione e mezzo di tonnellate di materiale di grezzo la Puglia risulta la seconda regione italiana, preceduta solo dalla Toscana (Fig. 1). L'attività estrattiva produce materiale indirizzato prevalentemente al settore edile, della ricomposizione ambientale, chimico e dell'arredamento (Regione Puglia, 2009). La problematica ambientale non ha lasciato illeso questo settore produttivo: oggi le fasi di estrazione, taglio e lavorazione della pietra naturale comportano una sostanziosa produzione di scarti e sfridi di produzione, dalla caratterizzazione geometrica e morfologica molto differenziata, dovuta alle singolari peculiarità delle varie fasi di lavorazione (Fig. 2). Per rispondere alle incombenti esigenze di ecosostenibilità, rese più stringenti dalla natura del sistema ambientale legato alle cave di estrazione, non rinnovabile in tempi quantificabili, il Piano regionale delle attività ha favorito lo sviluppo e l'ammodernamento dei sistemi e dei processi del comparto lapideo, finalizzandolo al recupero degli scarti provenienti da cava e da lavorazione.

Lo scarto lapideo caratterizza da diverso tempo lo scenario contemporaneo del design, in sperimentazioni che mirano alla valorizzazione delle qualità formali ed estetiche dei residui di pietra, in particolare lastre e piccoli blocchi (Pavan, 2007), che assumono nuove configurazioni dopo lavorazioni di taglio o fresatura, trasformandosi in prodotti e complementi d'arredo (Badalucco and Casarotto, 2018). Comunemente, invece, questi residui vengono sottoposti a frantumazione e ridotti in inerti, graniglie e polveri, che costituiscono il pietrisco nella composizione del cemento e del laterizio, oppure possono essere riaggregati insieme, attraverso leganti, per realizzare nuovo materiale, la cosiddetta pietra ricomposta. La natura dei leganti determina le variabili prestazionali del composto, in termini di resistenza e durabilità: inorganica, come il Portland, oppure organica sintetica, come la resina poliesteri, la matrice ricompone i frammenti lapidei in una massa da colata, che necessita di uno stampo per tradurre la materia in materiale.

L'ambito applicativo della pietra ricomposta risulta essere, in particolare, il mondo dei rivestimenti, delle pavimentazioni e dei piani da lavoro. Resine e polveri vengono compattate per restituire la monoliticità della pietra, in un tentativo di mimesi, e trasformate in lastre o blocchi (Dal Buono, 2011). Okite, Marmoresina, Biopietra, Ecostone, Bretonstone Quartz, Swanston, sono solo alcuni dei nomi commerciali di specifici compositi con base in graniglia di pietra. Nell'ambito della pubblicistica relativa alla pietra ricomposta da riferire al design di prodotto si evidenzia l'esiguità dei contributi significativi. È più recente, invece, una maturata attenzione verso l'uso degli agglomerati lapidei nell'ambito del design, in forme e principi innovativi. Un esempio di questo approccio è dato da Mi Zhang, uno studente della Central Saint Martins College of Art and Design, che nel 2016 ha realizzato una serie di vasi partendo dalle polveri di pietra derivanti dall'estrazione mineraria nella Quyang Town, in Cina. Mescolando la pol-



Figg. 3, 4 - Mi Zhang: vases in stone powder and pine resin (credit: www.dezeen.com/2016/06/23/mi-zhang-central-saint-martins-graduate-dust-stone-quarries-colourful-vases).

vere di marmo con la resina di pino locale e con pigmenti naturali, Mi Zhang ha progettato un materiale resistente e completamente biodegradabile, contribuendo così all'economia circolare del suo Paese (Figg. 3, 4).

Fasi della ricerca – Le attività di ricerca sono state svolte secondo le seguenti fasi: Desk 1, analisi dello stato dell'arte riferito al prodotto e al materiale lapideo di natura ricomposta con i relativi settori d'impiego per il tac e l'arredo; Desk 2, definizione delle qualità formali del materiale in relazione alla interazione con fonti di illuminazione di tipo naturale e artificiale; Desk 3, sviluppo di concept; Field 4, definizione di alternative (sperimentazioni pratiche); Field 5, valutazione e selezione anche mediante prove tecniche oggettive (con particolare riferimento alla traslucenza e alla resistenza meccanica); Field 6, sintesi finale, classificazione dei concept e dei prototipi fisici prodotti (dimostratori).

In riferimento alle sperimentazioni (Field 4-6) la ricerca fa riferimento ad alcune istanze dell'User Centre Design Methods (Norman and Draper, 1986), come di seguito si descriverà puntualmente, che attengono a: coinvolgimento esperienziale ed emozionale dell'utente e definizione di artefatti emozionali (Norman, 2004); iteratività degli esperimenti descritti in modo da consentire la ripetibilità e la scalabilità degli esiti; multidisciplinarietà del team di ricerca che include le componenti del design, della chimica e della ingegneria meccanica. L'approccio multidisciplinare della ricerca ReSTONED si caratterizza, così, per la coesistenza di due ambiti prevalenti che illustrano da una parte la concezione di nuovo prodotto, a partire dalle caratteristiche tecnico prestazionali e formali del materiale lapideo ricomposto, dall'altra l'ambito della caratterizzazione tecnica del materiale con le op-

portune prove strumentali di verifica, a partire da una serie di parametri che pervengono dal concept di prodotto (responsività passiva del materiale alla illuminazione e possibilità di produrre forme complesse per collaggio a stampo). La ricerca, in questo modo, punta a sviluppare artefatti e sistemi luminosi che consolidino un nuovo 'senso' (Mangano, 2010) del materiale lapideo in relazione a un nuovo e imprevisto comportamento alla luce, valorizzando l'approccio all'innovazione di significato degli artefatti (Verganti, 2011).

Descrizione della sperimentazione – In questo paragrafo si sintetizzano gli esiti della parte originale della ricerca, che ha portato allo sviluppo di campioni fisici. In particolare si fa riferimento alle fasi Field 4 e 5, descrivendo il processo che ha condotto alla produzione di 35 campioni di materiale, e le relative prove tecniche di traslucenza e sforzo meccanico. Le polveri utilizzate per le sperimentazioni sono provenienti da diversi bacini estrattivi pugliesi, quali Apricena, Trani e Lecce (Fig. 5). Questo aspetto incide prevalentemente sulle variazioni formali, basate sul rilevamento del colore naturale della pietra distinguibile nei diversi campioni prodotti.

La resina utilizzata è di tipo epossidico, in due differenti composizioni⁴. Le caratteristiche fisiche, il colore, il calibro delle polveri, provenienti dai diversi bacini estrattivi, incidono significativamente sulla natura dei campioni prodotti. Le variazioni introdotte sperimentalmente riguardano: 1) la percentuale delle polveri utilizzate; 2) l'aggiunta di pigmenti naturali e/o acrilici; 3) gli spessori di layerizzazione della resina; 4) la tipologia di stampo utilizzato. La fase di caratterizzazione fisica dei materiali compositi sperimentati (Field 5), è stata condotta presso il Laboratorio di prove meccaniche del Dipartimento DMMM del Politecnico di Bari. Si è proceduto a svolgere le prove di seguito descritte.

1) Verifica per trazione del materiale portato a rottura. La strumentazione usata è consistita in un telaio di carico elettromeccanico compatto, tipo MTS, per prove monotoniche, dotato di comandi digitali MTS ad alta risoluzione per l'acquisizione dei dati. I provini realizzati per questo test si sono attenuti alle dimensioni e ai profili standard per la tipologia di analisi, in una misura compresa tra 8x2 cm per 4-8 mm di spessore. Un primo test ha valutato le performance di provini realizzati a partire da polveri di marmo di Apricena, con percentuali variabili di carica: i risultati ottenuti dimostrano che non esiste una correlazione fra concentrazione di polvere utilizzata e proprietà meccaniche. Il provino con tensione a rottura maggiore è quello ottenuto con 60% polveri, mentre quello con tensione a rottura minore è ottenuto con il 70% (Fig. 6). Questa assenza di correlazione è stata riscontrata anche in altri studi, sebbene le concentrazioni in gioco fossero più basse rispetto a quelle presentate.

Un aspetto rilevante della prova è il valore ottenuto alla tensione a rottura, che risulta comunque inferiore rispetto a quanto atteso per la resina pura. La variabilità dei dati ottenuti lascia supporre che la metodologia di realizzazione del provino abbia effetti più marcati sulle proprietà meccaniche di quante ne abbia la composizione chimica del composito. Fra i parametri realizzativi, in particolare, si è voluto investigare se l'invecchiamento del provino abbia effetti sulle proprietà stesse. A tal fine un

secondo set di prove è stato condotto su provini realizzati nella medesima giornata. I dati ottenuti confermano, in linea generale, le deduzioni ritrovate precedentemente, ovvero l'influenza di altri parametri realizzativi maggiore rispetto alla composizione chimica. Il test esplorativo sui compositi lapidei armati con fibre di vetro sembra indicare una maggiore tensione di rottura in questo caso.

Una terza verifica ha testato polveri differenti. I campioni utilizzati per questo test sono stati otto, con una variazione percentuale delle cariche così distribuita: 10% - 20% - 50% polvere di Trani; 10% - 20% - 50% polvere di Lecce; 25% polvere di Trani + 25% polvere di Lecce (spessore 8 mm); 25% polvere di Trani + 25% polvere di Lecce (spessore 4 mm). La distribuzione delle polveri all'interno delle resine si è mantenuta pressoché costante per tutta la sezione del provino. Gli strumenti hanno rilevato l'andamento delle curve, istante per istante, fino al momento di rottura. Gli esiti portano in evidenza come l'aggiunta di polveri determini una riduzione della tensione di rottura del provino e quindi un miglioramento delle proprietà meccaniche, se confrontate alle performance della resina pura (Figg. 7, 8).

2) Test di traslucenza del materiale. I risultati sono ottenuti valutando il rapporto percentuale tra l'intensità della luce assorbita da un campione e quella che lo attraversa. Le prove sono state effettuate utilizzando appositi provini cilindrici caratterizzati dalle diverse concentrazioni di polveri e leganti. Posti davanti a un proiettore dotato di lenti colorate, i campioni sono stati attraversati da fasci luminosi di diversa qualità spettrale, luce bianca, rossa, verde e blu. Uno spettrofotometro collegato a un software di comparazione dei dati ottici, ha registrato per ogni fascio emesso le radiazioni assorbite e rilasciate dalla materia, restituendo dei grafici (Fig. 9). Per la regolazione del software sono stati utilizzati due provini, quello con la minore e con la maggiore concentrazione di polveri della quale si disponeva, in modo da stabilizzare il valore iniziale. I dati numerici che la camera riesce a registrare sono compresi tra 0 e 255; il valore iniziale ottenuto per la sperimentazione è stato 138.

Per i provini con differenze di spessore o cromatiche, si è scelto di rilevare la traslucenza in più punti, quelli ritenuti più significativi, del provino. I risultati ottenuti hanno dimostrato che, a parità di materiale, i valori di trasparenza, opacità e traslucenza variano se questo è sottoposto a radiazioni differenti. Sulla variazione nei differenti campioni testati incide oltremodo la quantità di carica, il tipo di pietra d'appartenenza e la sua grana, lo spessore della superficie generata e il tipo di resina (Fig. 10). Il provino realizzato con polveri di Apricena, ad esempio, risulta essere più traslucido degli altri, fatta eccezione per il test sotto radiazioni di luce verde, i cui valori risultano essere completamente annullati.



Fig. 5 - Stone powders from Apricena, Trani and Lecce (credit: V. Lorusso, 2017).

Dimostratori – La produzione dei campioni prodotti nella fase Field 4 e la valutazione delle performance tecniche associate alla fase Field 5 hanno consentito lo sviluppo di un dimostratore fisico che validasse la qualità ricercata del materiale in relazione al comportamento alla illuminazione artificiale: un paralume allungato che allude al tronco di cono, scandito nella superficie esterna da 16 scanalature verticali. Si è scelto di lavorare sulla valutazione del comportamento del materiale in colata in uno stampo a geometria complessa.

Infatti dalle prove di laboratorio preliminari, di seguito descritte, emerge quanto l'adesione della massa composita alle pareti dello stampo influisca sulla qualità formale delle superfici finali, con chiara difficoltà nei casi in cui queste non giacciono su piani orizzontali, ma verticali o curvi. L'aderenza alla superficie del materiale è in tal caso stata facilitata dall'aggiunta di gel specifici. I primi test formali sono stati quindi effettuati utilizzando dei palloncini gonfiabili, sui quali la resina è stata applicata tramite pennello (Fig. 11). I risultati ottenuti hanno incoraggiato nuovi test, sperimentando materiali alternativi per la costruzione degli stampi. La natura fluida della resina le permette di assumere forme anche complesse, per cui sono stati realizzati degli stampi in silicone della forma desiderata, adatti a colarci il composito e a sformarlo agevolmente. La gomma siliconica, liquida o in pasta, è infatti un prodotto che si presta perfettamente allo scopo descritto: è dotata di alte prestazioni di elasticità, che aiuta nello sformo di sottosquadri anche rilevanti; presenta ottime qualità di anti aderenza, evitando fenomeni di attaccamento del composito sulla parete; assicura fedeltà di riproduzione del modello.

La manifattura digitale ha supportato la fase realizzativa del dimostratore finale e del relativo stampo, attraverso la costruzione della matrice positiva in PLA, ottenuta con stampa 3D per deposizione di filamento, necessaria alla definizione dello stampo siliconico (Figg. 12, 13). Dopo alcune prove per verificare le qualità dello stampo in silicone, effettuate in piccoli provini (Figg. 14, 15), è stato concepito il prodotto finale dalla geometria complessa. Il paralume svela la proprietà del materiale ricomposto di reagire alla retroilluminazione, mostrando un gradiente luminoso associato alla diversa percentuale di polvere distribuita lungo la intera superficie. Le caratteristiche formali del materiale, in assenza di illuminazione, risultano essere omogenee sia rispetto al colore sia rispetto alla opacità. La retroilluminazione modifica completamente la percezione del materiale che appare più opaco alla base in corrispondenza della sorgente luminosa e più trasparente in corrispondenza della sommità. (Figg. 16, 17). Infine il buon comportamento della massa di colata in resina e polvere lapidea alla geometria del dimostratore rappresenta una potenzialità del materiale allo stato dell'arte

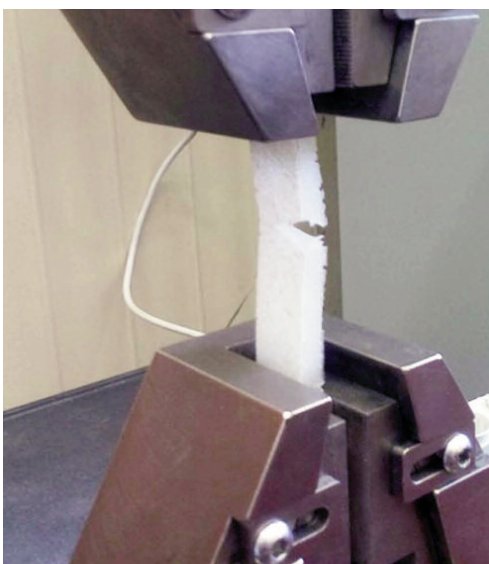
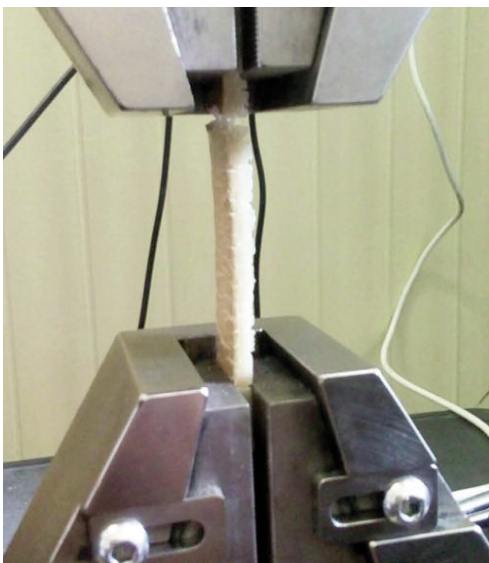
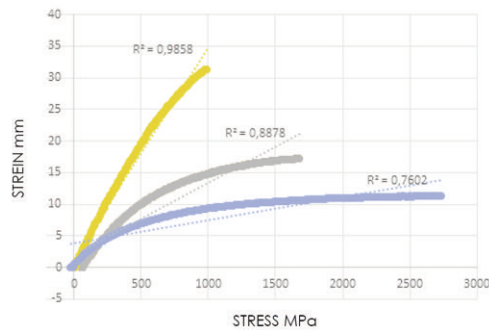


Fig. 6 - Tensile test result graphs for specimens in powdered Apricena marble with 50% (grey), 60% (orange), 70% (blue) filler (credit: V. Lorusso, 2017).

Fig. 7, 8 - Test specimen subjected to tensile testing with 10% Trani stone dust charge; Tensile test specimen with 20% Trani stone dust charge; breaking point (credits: F. Valente, 2018).

non ancora verificata: difatti i manufatti in pietra ricomposta, attualmente, sono prevalentemente realizzati sotto forma di lastra o blocco.

Conclusioni – L'utilizzo delle resine epossidiche per lo sviluppo dei campioni realizzati rappresenta una fase d'avvio dello studio, in accordo alle esigenze del partner aziendale Marmoplast. Una seconda fase di studio porterà in valore la potenzia-

lità di incidere positivamente sul tema della sostenibilità ambientale attraverso un nuovo materiale ricomposto, che non solo recupererà lo 'sfrido' di lavorazione della pietra, ma anche utilizzerà resine a matrice bio-based. Nell'ultimo decennio, infatti, gli sforzi della ricerca accademica e di quella industriale sono stati rivolti a un approfondimento sulla produzione di materiali polimerici 'bio-based', definiti tali in quanto originati da materie prime rinnovabili e compatibili con l'ambiente.⁵

ReSTONED si inserisce quindi all'interno dello stato dell'arte relativo ai materiali sostenibili sia per quel che attiene alla dinamica della produzione sia per quel che riguarda le caratteristiche ecologiche del materiale da fonte non rinnovabile, utilizzato nella sua forma di 'rifiuto speciale', ovvero 'fango di lavorazione'. Di fatto in questo ambito molta ricerca finalizza il proprio focus sui processi e sui materiali da destinare agli ambiti di applicazioni dell'edilizia e dell'interior (Almeida, Branco and Santos, 2007; Giorgi, Lavagna and Campioli, 2017). ReSTONED punta, invece, a mettere a sistema una dinamica di valorizzazione dello scarto lapideo al fine di ottenere un impatto positivo sul complesso equilibrio dell'ecosistema che ha a che vedere con il consumo del suolo e con la valorizzazione dell'economia circolare (ISPRA, 2016). Inoltre la ricerca punta a individuare un settore di impiego per il materiale per il prodotto industriale.

Il percorso di scalabilità della ricerca agli ambiti industriali di applicazione è aperto, e in questo lo studio proposto ha i limiti di una sperimentazione condotta 'artigianalmente' in riferimento alle tecniche di incorporamento del particolato lapideo con le resine leganti utilizzate. Tuttavia, il rigore metodologico che contraddistingue tutti i passaggi, dalla sperimentazione alla verifica tecnico-prestazionale, rende possibile la scalabilità dei risultati e il passaggio a una sperimentazione in ambito propriamente industriale. Tra le ricadute attese il progetto mira a valorizzare il contesto socio culturale all'interno del quale l'estrazione e lavorazione del lapideo avviene puntando a una risignificazione degli artefatti che avranno vita dal materiale di scarto, in grado di indurre una dinamica di identità di un materiale territorialmente riferito.

ENGLISH

The paper proposes the results of the ReSTONED research, carried out by the authors about the theme of environmental sustainability related to the production cycle towards an industrial ecology (Almeida, Branco and Santos, 2007; Forlani, 2010; Andrews, 2015), with a view to strengthening the regional circular economy, starting from the reuse of waste stone material to be transformed into new material, for indoor and outdoor products. This research starts from some methodological premises deriving from the current guidelines promulgated by the European Community (2014, 2015), in particular from the Report entitled *Towards a Circular Economy: Programme for a Zero Waste Europe: this document sets out the guidelines to be followed to increase recycling and make more efficient use of resources, limit dependence on uncertain sources of supply, reduce waste and prevent the loss of valuable materials, with the aim of reducing environmental impact and creating new jobs. The series of measures resulting from the European Community Report has been implemented by the Puglia Region, a signa-*

tory to the Charter of the Italian Way for Circular Economy (ICESP, 2018).

In particular, the research is based on the product innovation field, with particular reference to material of natural origin, 'non-renewable' by nature, for which it is necessary to develop strategies for reuse aimed at the application for the product. The study was conducted in partnership with some companies based in the Apulian Regional in the sectors of the stone product and production and in the chemical industry. The hypothesis of the research is that the production waste, in particular the so-called 'working mud', can be re-processed in order to obtain new material with renewed characteristics both from a technical and an aesthetic point of view. The research foresees a second phase, which will be mentioned in the conclusions, which will replace the matrix used (epoxy resin) with resins of organic origin, in order to achieve the objectives of sustainability until the end of life of the material and the product.

The study hypotheses are supported by two phases of research: Desk, aimed at defining the state of the art inherent in the design of stone artefacts and re-composed stone material, and the socio-cultural implications of the production of artefacts referring to the territory of origin (Follesa, 2013); Field, through some experiments concerning the design of the material with reference to the aesthetic and technical performance characterization (Pappalettere, Casavola and Pappalettera, 2014).

The rational basis of the research highlights one of the needs of innovation that unites companies in the stone industry of Puglia: recycle the many waste/scrap processing in order to obtain new products in recomposed stone, characterized by aesthetic performance and innovative techniques. At present, processing sludge is defined as 'special waste' to be sent to landfill, with the associated costs and the resulting environmental impact (Morgante, 2013): they are sawdust sludge originated during the removal of material from stone blocks, a process that takes place wet for technical and safety reasons. The main cultural implication that is claimed is that the development of materials from 'non-renewable' natural sources such as stone, through the re-use of mud processing, in addition to obeying the increasingly stringent requirements of environmental sustainability (Vezzoli, 2016), would introduce in the field of product design and furniture the novelty of a material referable to the territory of origin, able to activate the recognition and self-recognition of the user in the face of a material culture related to the stone industry.

The general objective of the study was the development of an agglomerated material using at least 50% stone waste, and the definition of the characteristics of a new class of products. Product innovation is understood in the versatility of use in different production processes, both additive and subtractive (moulded / for slabs / for workable blocks). The reuse of waste from processing will result in lower consumption of stone and therefore less extraction activity, inducing virtuous processes in a production chain that is currently polluting, for the consumption of grey energy, for the transfer of waste to landfill, etc.. In order to demonstrate the research hypotheses from the point of view of product design, the contribution describes a series

of demonstrators, including slabs and some lighting products, designed by the authors. Among the main aesthetic innovations introduced, reference is made to the qualities of transparency of the recomposed material, capable of revealing greater or lesser opacity when crossed by beams of light, and of reconstituting the natural homogeneity of opaque stone when the light exposure ceases. The lighting devices design supports this aspect by defining programmed variations in the composition of the material.

In conclusion, the results of this research and its possible effects on the relevant industrial sectors are discussed; the possible long-term outcomes are that: technologies in the digital environment will make the production process more eco-sustainable; research in the field of design of recomposed stone material will give rise to the emergence of a class of artifacts increasingly related to the territories of reference, both from an aesthetic point of view and with regard to the socio-cultural implications.

Research framework and state of the art – The experimentation illustrated in this paper was initiated as part of the MAIND¹ research project (Eco-innovative materials and advanced technologies for the manufacturing and construction industries) carried out between 2013 and 2018, in which the Politecnico di Bari played a significant role in the characterization of new materials and products. Specifically, the implementation objective to which reference is made concerned the definition of aesthetic and perceptual-sensory specifications of polymeric and composite materials from renewable sources, with reference to the field of use of the furniture. The results obtained in this first phase have laid the foundations for the continuation of the research, formalizing in the project RESTONED², which frames the focus of the investigation on the development of new composite materials based on nature, on the reuse of stone dust. The experimental phase was supported by companies from the Apulian territory, in particular by Pimar, as regards materials and expertise in the stone sector, and by Marmoplast, for the chemical-industrial sector relating to resins.

The vocation of the Apulian territory in the processes of extraction and processing of stone for cutting has determined the development of a flourishing district in the stone industry, counting many small and medium-sized companies, and therefore with relevance in the regional economy³ but also nationally: with an extraction of about one and a half million tons of raw material Puglia is the second Italian region, preceded only by Tuscany (Fig. 1). The mining activity produces material mainly addressed to the construction sector; environmental recomposition, chemical and furniture (Puglia Region, 2009). The environmental problem has not left this production sector unharmed: today the phases of extraction, cutting and processing of natural stone involve a substantial production of waste and scrap production, with a very different geometric and morphological characterization, due to the unique peculiarities of the various processing phases (Fig. 2). In order to meet the impending need for eco-sustainability, made more stringent by the nature of the environmental system linked to quarries, which is not renewable in quantifiable time, the Regional Busi-

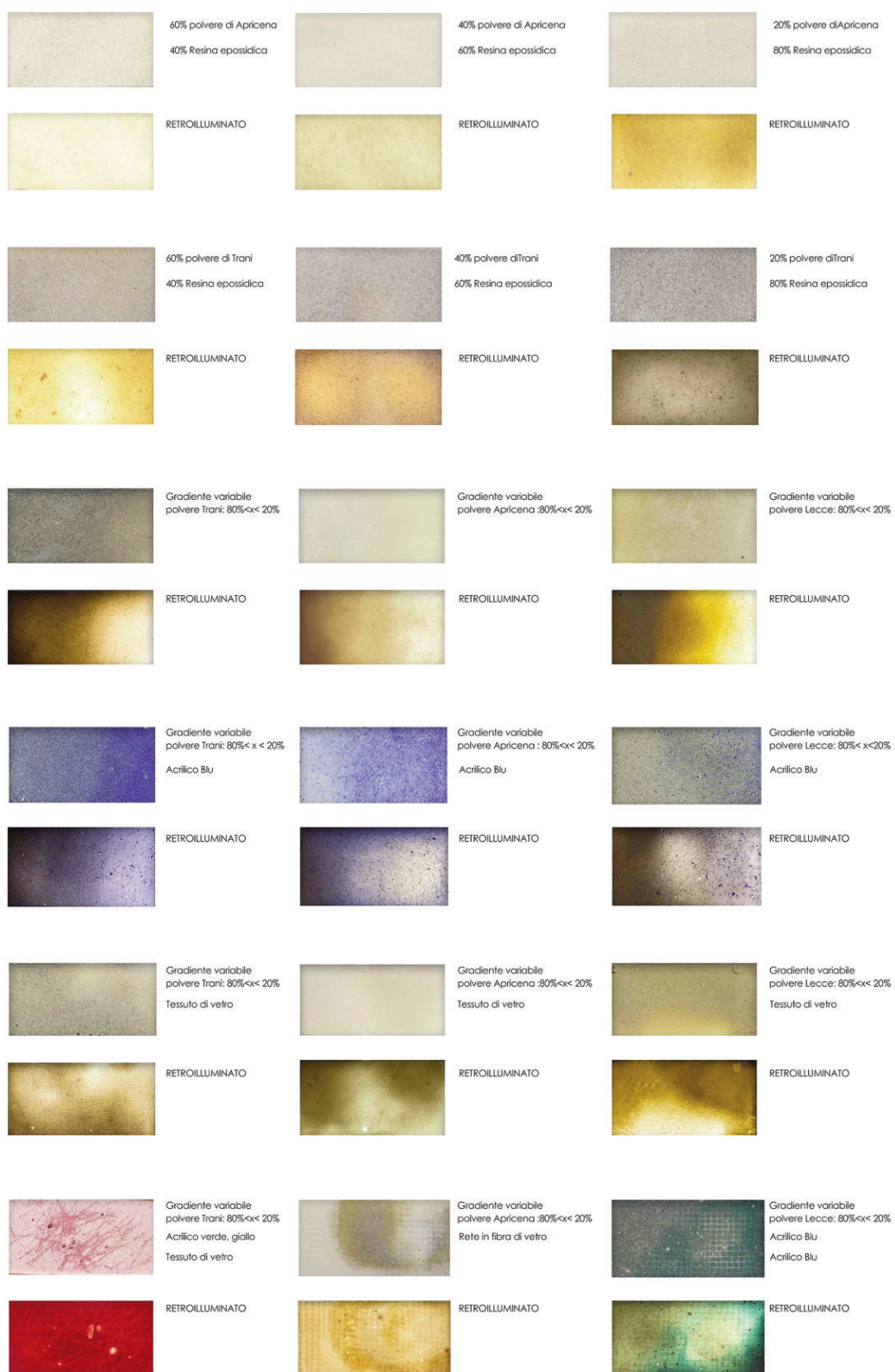


Fig. 9, 10 - Translucency test environment (credit: V. Lorusso, 2017); Effects obtained on specimens in natural light and backlit.

ness Plan has encouraged the development and modernization of systems and processes in the stone industry, finalizing it to the recovery of waste from quarries and processing.

For some time now, stone waste has characterised the contemporary design scene in experiments aimed at enhancing the formal and aesthetic qualities of stone residues, in particular slabs and small blocks (Pavan, 2007), which take on new configurations after cutting or milling, transforming themselves into products and furnishing accessories (Badalucco and Casarotto, 2018). Commonly, however, these residues are crushed and reduced to aggregates, grits and dust, which constitute the stone in the composition of cement and brick, or can be regrouped together, through binders, to create new material, the so-called re-composed stone. The nature of the binders determines the performance variables of the compound, in terms of strength and durability: inorganic, like Portland, or synthetic organic, like polyester resin, the matrix recomposes the stone fragments into a casting mass, which requires a mould to translate the material into material.

The field of application of reconstituted stone is, in particular, the world of cladding, flooring and worktops. Resins and powders are compacted to restore the monolithic nature of stone, in an attempt at mimesis, and transformed into slabs or blocks (Dal Buono, 2011). Okite, Marmoresina, Biopietra, Ecostone, Bretonstone Quartz, Swanson, are just a few of the trade names of specific stone grit-based composites. In the field of publications relating to reconstituted stone to be referred to product design, it should be noted that only a small number of significant contributions were made. More recently, on the other hand, there has been a mature focus on the use of stone agglomerates in the field of design, in innovative forms and principles. An example of this approach is given by Mi Zhang, a student at Central Saint Martins College of Art and Design, who in 2016 made a series of vases from stone dust from mining in Quyang Town, China. By mixing marble dust with local pine resin and natural pigments, Mi Zhang designed a strong and completely biodegradable material, thus contributing to the circular economy of his country (Figg. 3, 4).

Phases of the research – The research activities were carried out in the following phases: Desk 1, analysis of the state of the art with reference to the product and the stone material of re-composed nature with its areas of use for the tac and furniture; Desk 2, definition of the formal qualities of the material in relation to the interaction with natural and artificial lighting sources; Desk 3, concept development; Field 4, definition of alternatives (practical experiments); Field 5, evaluation and selection also through objective technical tests (with particular reference to translucency and mechanical resistance); Field 6, final synthesis, classification of concepts and physical prototypes produced (demonstrators).

With regard to the experiments (Field 4-6), the research refers to some instances of the User Centre Design Methods (Norman and Draper, 1986), as will be described below, which concern: the experiential and emotional involvement of the user and the definition of emotional artifacts (Norman, 2004); the iterativity of the experiments described

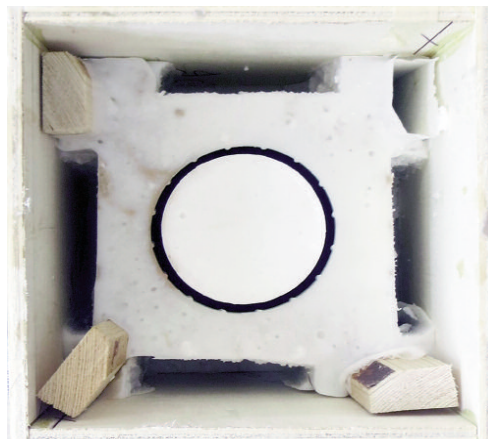


Fig. 11 - Resin and stone powder pouring, experimentation on balloon (credit: F. Valente, 2018).

Figg. 12, 13 - Positive Pla matrix obtained with a 3D printer; Silicone mould of the lamp (credits: F. Valente, 2018).

also as to allow the repeatability and scalability of the results; the multidisciplinary research team that includes the components of design, chemistry and mechanical engineering. The multidisciplinary approach of ReSTONED research is thus characterized by the coexistence of two main areas that illustrate, on the one hand, the conception of a new product, starting from the technical, performance and formal characteristics of the re-composed stone material, and, on the other hand, the technical characterization of the material with the appropriate instrumental verification tests, starting from a series of parameters that come

from the product concept (passive responsiveness of the material to lighting and the possibility of producing complex shapes for mould casting). In this way, the research aims to develop artifacts and lighting systems that consolidate a new 'sense' (Mangano, 2010) of stone material in relation to a new and unexpected behavior to light, enhancing the approach to innovation of meaning of artifacts (Verganti, 2011).

Description of the experiments – This section summarizes the results of the original part of the research, which led to the development of physical samples. In particular, reference is made to the phases Field 4 and 5, describing the process that led to the production of 35 samples of material, and the related technical tests of translucency and mechanical stress. The powders used for the experiments come from various Apulian extraction basins, such as Apricena, Trani and Lecce (Fig. 5). This aspect mainly affects the formal variations, based on the detection of the natural colour of the stone distinguishable in the different samples produced.

The resin used is epoxy type, in two different compositions⁴. The physical characteristics, colour and size of the powders from the various extraction basins have a significant impact on the nature of the samples produced. The variations introduced experimentally concern: 1) the percentage of powders used; 2) the addition of natural and/or acrylic pigments; 3) the thickness of the resin layer; 4) the type of mould used. The physical characterization phase of the tested composite materials (Field 5), was conducted at the Laboratory of mechanical tests of the DMMM Department of the Polytechnic of Bari. The tests described below were carried out.

1) Tensile verification of the material that has been broken. The instrumentation used consisted of a compact electromechanical load frame, type MTS, for monotonic tests, equipped with high resolution MTS digital controls for data acquisition. The samples produced for this test followed the standard dimensions and profiles for the type of analysis, measuring between 8x2 cm and 4-8 mm thick. A first test evaluated the performance of specimens made from Apricena marble powders, with varying percentages of charge: the results obtained show that there is no correlation between the concentration of powder used and mechanical properties. The specimen with the highest tensile strength at break is obtained with 60% powder, while the one with the lowest tensile strength at break is obtained with 70% (Fig. 6). This absence of correlation was also found in other studies, although the concentrations involved were lower than those presented.

An important aspect of the test is the value obtained at breakage voltage, which is still lower than expected for pure resin. The variability of the data obtained suggests that the test specimen production method has more marked effects on the mechanical properties than the chemical composition of the composite. Among the parameters used, in particular, it was decided to investigate whether the ageing of the sample has an effect on the properties themselves. To this end, a second set of tests was carried out on samples made on the same day. The data obtained confirm, in general, the deductions previously found, i.e. the influence of other construction parameters greater than the chemical

composition. The exploratory test on stone composites reinforced with glass fibres seems to indicate a higher breaking tension in this case.

A third test tested different powders. Eight samples were used for this test, with a percentage variation of the charges distributed as follows: 10% - 20% - 50% Trani powder; 10% - 20% - 50% Lecce powder; 25% Trani powder + 25% Lecce powder (thickness 8 mm); 25% Trani powder + 25% Lecce powder (thickness 4 mm). The distribution of the powders inside the resins has remained almost constant for the whole section of the sample. The instruments detected the trend of the curves, instant by instant, until the moment of breakage. The results show that the addition of powders results in a reduction in the breaking tension of the sample and therefore an improvement in the mechanical properties, when compared to the performance of pure resin (Fig. 7, 8).

2) Material translucency test. The results are obtained by evaluating the percentage ratio between the intensity of light absorbed by a sample and that which passes through it. The tests were carried out using special cylindrical specimens characterized by different concentrations of dust and binders. Placed in front of a projector equipped with coloured lenses, the samples were crossed by light beams of different spectral quality, white, red, green and blue light. A spectrophotometer connected to a software for comparing optical data, recorded for each emitted beam the radiations absorbed and released by the matter, giving back graphs (Fig. 9). To adjust the software, two samples were used, the one with the lowest and the highest concentration of dust available, in order to stabilize the initial value. The numerical data that the camera can record is between 0 and 255; the initial value obtained for the trial was 138.

The samples with differences in thickness or chromaticity, it was decided to detect the translucency of the sample at several points, those considered most significant. The results obtained showed that, for the same material, the values of transparency, opacity and translucency vary if the material is subjected to different radiations. The variation in the different samples tested is influenced by the quantity of charge, the type of stone and its grain, the thickness of the surface generated and the type of resin (Fig. 10). The specimen made with Apricena powders, for example, is

more translucent than the others, except for the test under green light radiation, whose values are completely annulled.

Prototypes – The production of the samples prototypes produced in the Field 4 phase and the evaluation of the technical performance associated with the Field 5 phase allowed the development of a physical demonstrator that would validate the quality of the material sought in relation to the behaviour of artificial lighting: an elongated lampshade that alludes to the truncated cone, marked in the external surface by 16 vertical grooves. It was decided to work on the evaluation of the behaviour of the casting material in a mould with complex geometry.

In fact, the preliminary laboratory tests described below show how the adhesion of the composite mass to the walls of the mould affects the formal quality of the final surfaces, with clear difficulties in cases where these do not lie on horizontal planes, but vertical or curved. The adhesion to the surface of the material was then facilitated by the addition of specific gels. The first formal tests were then carried out using inflatable balloons, on which the resin was applied by brush (Fig. 11). The results obtained have encouraged new tests, experimenting with alternative materials for the construction of moulds. The fluid nature of the resin allows it to take on even complex shapes, for which silicone moulds of the desired shape have been made, suitable for pouring the composite and for easily removing it from the mould. The silicone rubber, liquid or in paste, is in fact a product that lends itself perfectly to the described purpose: it is endowed with high performances of elasticity, that helps in the draft of undercuts also relevant; it presents excellent qualities of anti adhesion, avoiding phenomena of attachment of the composite on the wall; it assures fidelity of reproduction of the model.

Digital manufacturing supported the final demonstrator and the related moulding phase, through the construction of the positive PLA matrix, obtained with 3D printing for filament deposition, necessary for the definition of the silicone mould (Fig. 12, 13). After some tests to verify the quality of the silicone mould, carried out in small samples (Fig. 14, 15), the final product with a complex geometry was conceived. The lampshade

reveals the property of the recomposed material to react to the backlighting, showing a luminous gradient associated with the different percentage of dust distributed along the entire surface. The formal characteristics of the material, in the absence of lighting, are homogeneous with respect to both colour and opacity. The backlighting completely changes the perception of the material that appears more opaque at the base at the light source and more transparent at the top. (Fig. 16, 17). Finally, the good behaviour of the resin and stone dust casting mass at the geometry of the demonstrator represents a potentiality of the material at the state of the art that has not yet been verified: in fact, the reconstituted stone products are currently mainly made in the form of slabs or blocks.

Conclusions – The use of epoxy resins for the development of the samples produced represents a start-up phase of the study, in accordance with the needs of Marmoplast's business partner. A second phase of the study will enhance the potential to have a positive impact on environmental sustainability through a new recomposed material, which will not only recover the stone processing 'waste', but will also use bio-based matrix resins. In the last decade, in fact, the efforts of academic and industrial research have focused on the production of 'bio-based' polymeric materials, defined as such because they originate from renewable raw materials and are compatible with the environment.⁵

ReSTONED is therefore part of the state of the art in sustainable materials, both in terms of production dynamics and in terms of the ecological characteristics of the material from non-renewable sources, used in its form of 'special waste', or 'processing mud'. In fact, much research in this field focuses on the processes and materials to be used for building and interior applications (Almeida, Branco and Santos, 2007; Giorgi, Lavagna and Campioli, 2017). ReSTONED, on the other hand, aims to put in place a dynamic system for exploiting stone waste in order to achieve a positive impact on the complex balance of the ecosystem that has to do with land consumption and with the exploitation of the circular economy (ISPRA, 2016). In addition, the research aims to identify a field of use for the material for the industrial product.

The scalability of the research to the industrial fields of application is open, and in this the pro-



Fig. 14, 15 - Silicone mould and composite samples obtained (credits: F. Valente, 2018).



Figg. 16, 17 - Experimentation with a composite lamp obtained with a silicone mould, with a natural light effect and backlit (credits: F. Valente, 2018).

posed study has the limits of an experimentation conducted 'by hand' in reference to the techniques of incorporation of stone particles with the binding resins used. However, the methodological rigour that distinguishes all the steps, from experimentation to technical and performance verification, makes possible the scalability of the results and the transition to experimentation in a strictly industrial context. Among the expected effects, the project aims to enhance the socio-cultural context in which the extraction and processing of stone is aimed at a redefinition of the artifacts that will come to life from the waste material, able to induce a dynamic identity of a material referred to territorially.

ACKNOWLEDGEMENTS

The contribution is the result of a common reflection of the Authors. Nevertheless, the introductory paragraph, 'Phases of research' and 'Conclusions' are to be attributed to A. Di Roma, the paragraphs 'Framework of research and state of the art' and 'Description of the experimentation' is to be attributed to A. Scarcelli, the paragraph 'Demonstrators' is to be attributed to V. Minenna.

NOTES

1) The MAIND (MATERiali eco-innovativi e tecnologie avanzate per l'INDustria manifatturiera e delle costruzioni) is a research project presented pursuant to the Decreto Direttoriale n. 713/Ric. del 29 ottobre 2010 – Titolo III Creazione di nuovi Distretti e/o nuove Aggregazioni Pubblico-Private, PON03_00119, Programma Operativo Nazionale 'Ricerca e competitività' (R&C) 2007-2013. Axis I (6.000.000) 'Support to structural changes – High technology districts and related networks and public-private laboratories and related networks'. Implementing body and partners involved: Consorzio CETMA, University of Bari, Politecnico di Bari Natuzzi S.p.a., Base Protection S.r.l. Telcom S.p.a. Scientific coordinator of the project: Prof. A. Maffezzoli; scientific coordinator of the Research Unit of the Politecnico di Bari: R. Carullo. For the Polytechnic Unit, the amount of research funded was 348,000.00 euros.

2) The ReSTONED research project was carried out by the research group coordinated by Prof. A. Di Roma and made up of: Dr. A. Scarcelli, Dr. V. Minenna, Dr. G. Pappalettera, Dr. V. Lorusso, in collaboration with the companies Pimar srl, Marmoplast srl, Dalia Stone Design, Marmi Strada, Romagno Marmi, Ruggiero Marmi.

3) Some numbers that support the role of the stone district in the region: 480 companies active in extraction, 960 engaged in processing, more than 2,000 employees in the quarries, other 5,000 employees in processing, which includes sawmills and processing plants. According to the analysis of the Sector, the total turnover of the induced industries exceeds 1 billion euros.

4) The resins used are: Vitrox-Varnish Vv500-T Transparent, a two-component epoxy product characterized by a part A, a medium viscosity liquid epoxy resin that does not crystallize at low temperatures, and a part B, a medium reactivity hardener, light colour, not yellowing with good chemical resistance characteristics; Epoxite Pf300-T, a two-component epoxy product in water emulsion, transparent and multifunctional, resistant to abrasion and chemical substances.

5) Raw materials include starch, cellulose, lignin, furans, terpenes, natural rubber, waxes, vegetable oils, proteins.

REFERENCES

Almeida, N., Branco, F. and Santos, R. J. (2007), "Recycling of stone slurry in industrial activities: Application to concrete mixtures", in *Building and Environment*, vol. 42, pp. 810-819.

Andrews, D. (2015), "The circular economy, design thinking and education for sustainability", in *Local Economy*, vol. 30, issue 3, pp. 305-315.

Badalucco, L. and Casarotto, L. (2018), "Dallo scarto al valore", in *MD Journal | Stone Design*, vol. 6, pp. 130-141.

Commissione Europea (2015), *Closing the loop: Commission adopts ambitious new Circular Economy Package to boost competitiveness, create jobs and generate sustainable growth*, Brussels.

Commissione Europea (2015), *COM 614 L'anello mancante: piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare*, Brussels.

Commissione Europea (2014), *COM 398 Verso un'economia circolare: programma per un'Europa a zero rifiuti*, Brussels.

Commissione Europea (2014), *Where next for the European bioeconomy?*, Directorate-General for Research and Innovation, Brussels.

Dal Buono, V. (2011), *Pietre D'Artificio. Materiali per l'Architettura tra mimesi e invenzione*, Lulu, Roma.

Follesa, S. (2013), *Design & identità. Progettare per i luoghi*, Franco Angeli, Firenze.

Forlani, M. C. (2010), *Cultura tecnologica e progetto sostenibile*, Alinea, Firenze.

Giorgi, S., Lavagna, M. and Campioli, A. (2017), "Economia circolare, gestione dei rifiuti e life cycle thinking: fondamenti, interpretazioni e analisi dello stato dell'arte", in *Ingegneria dell'ambiente*, vol. 4, n. 3, pp. 263-276.

ISPRA (2016), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*, Edizione 2016, Rapporto 248/2016.

ICESP – Italian Circular Economy Stakeholder Platform (2018), *Charter of the Italian way for circular economy*. [Online] Available at: http://www.pvcforum.it/wp-content/uploads/2019/03/CARTA_ICESP.pdf [Accessed 8 April 2019].

Mangano, D. (2010), *Archeologia del contemporaneo. Socio semiotica degli oggetti quotidiani*, Edizioni Nuova Cultura, Roma.

Morgante, A. (2013), *Dai sistemi produttivi tradizionali ai sistemi produttivi avanzati*, Maggioli, Rimini.

Norman, D. (2004), *Emotional Design*, Apogeo, Milano.

Norman, D. and Draper, S. (1986), *User centered system*

design, Lorence Elbrown Ass., Broadway.

Pappalettera, C., Casavola, C. and Pappalettera, G. (2014), "New approaches to mechanical characterized innovative materials", in Di Sciascio, E., Castorani, A., Nuzzo, S., Andria, G., Monno, G., Camarda, P. and D'Amato Guerrieri, C. (eds), *La Ricerca nel Politecnico di Bari: Resoconto Generale 2014*, vol. 1, Gangemi, Roma, pag. 245-255.

Pavan, V. (2007), *Creativi frammenti. Gli scarti della pietra da problema a risorsa*, Associazione culturale e Parco Regionale dell'Appia Antica, Roma.

Regione Puglia (2009), *Atlante contemporaneo dei marmi e delle pietre di Puglia. Cave, materiali, architettura*, Bari.

Verganti, R. (2011), *Design-Driven Innovation. Cambiare le regole della competizione innovando radicalmente il significato dei prodotti e dei servizi*, Rizzoli, Milano.

Vezzoli, C. (2016), *Design di prodotto per la sostenibilità ambientale*, Zanichelli, Bologna.

^a ANNALISA DI ROMA, Architect and PhD, she is Associate Professor in Industrial Design at the Polytechnic of Bari (Italy), specializing in Design and Digital Manufacturing. At the centre of her research interests is the contemporary material culture of design, focused on product innovation in the context of advanced industrial standards, with a focus on the sustainability of processes, products and materials. She is the scientific coordinator of the Design Kind laboratory. Mob. +39 339/74.00.607. E-mail: annalisa.diroma@poliba.it

^b ALESSANDRA SCARCELLI, Architect and PhD, she is a research fellow and contract Professor of Industrial Design at the Polytechnic of Bari (Italy). She is specialized in Lighting Design. The current research area combines the transversal areas of product design and information design, with particular reference to the socio-cultural aspects. Mob. +39 328/97.80.297. E-mail: alessandra.scarcelli@poliba.it

^c VINCENZO MINENNA, Architect and PhD, he is a research fellow and contract Professor of Industrial Design at the Polytechnic of Bari (Italy). He is specialized in building systems and stone products. He deals with parametric design and digital manufacturing processes. Mob. +39 320/04.04.213. E-mail: vincenzo.minenna@poliba.it

