

Maria Antonia Barucco
Eli Cattaruzza
Paola Careno
Stefano Centenaro
Filippo De Benedetti

MURANO PIXEL

Economia Circolare per gli scarti del vetro artistico

Maria Antonia Barucco
Eli Cattaruzza
Paola Careno
Stefano Centenaro
Filippo De Benedetti

MURANO PIXEL

Economia Circolare per gli scarti del vetro artistico



Murano Pixel

Economia Circolare per gli scarti del vetro artistico

Maria Antonia Barucco, Elti Cattaruzza,

Paola Careno, Stefano Centenaro, Filippo De Benedetti

I edizione 2022

ISBN 979-12-5953-015-8

Progetto grafico e impaginazione

Margherita Ferrari

Sofia Portinari

Editore

Anteferma Edizioni S.r.l.

via Asolo 12, Conegliano, TV

edizioni@anteferma.it

Copyright

Questo lavoro è distribuito sotto Licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale



I
- - -
U
- - -
A
- - -
V

Università Iuav
di Venezia



Università
Ca' Foscari
Venezia



Progetto **Il progetto circolare del vetro artistico di Murano: come gli scarti di-
vengono risorse per l'industria artigiana 4.0.**

CODICE PROGETTO 2122-0001-1463-2019. Programma Operativo Regionale Fondo Sociale Europeo 2014-2020 – Obiettivo generale “Investimenti in favore della crescita e l’Occupazione - Reg. 1304/2013 – Asse I Occupabilità – “Le Strategie regionali per il sistema universitario - Innovazione e ricerca per un Veneto più competitivo” - Delibera della Giunta Regionale n. 1463 dell’8 ottobre 2019.

Progetto inter-ateneo interdisciplinare

Università Iuav di Venezia
Università Ca' Foscari Venezia

Responsabile scientifico Università Iuav di Venezia

Maria Antonia Barucco

Referente Università Ca' Foscari Venezia

Elti Cattaruzza

Assegnisti di ricerca

Paola Careno, Stefano Centenaro, Filippo De Benedetti

Partner di progetto

Vetrare Artistiche Murano di Stefano Bullo
Costantini Glassbeads di Alessandro Moretti
Nicola Moretti Snc di Alberto & Nicola Moretti

Partner di rete

Anteferma Edizioni
WASP

Collaboratori

Emilio Antoniol, Margherita Ferrari, Sofia Portinari, Matteo Silverio

INDICE

PREFAZIONE	Vetro futuro	8
	. Elti Cattaruzza	
	Vetro antico	12
	. Ligia Maria Moretto	
LA RICERCA	Tante sfide, una ricerca	16
	. Maria Antonia Barucco	
	INTERVISTA Lino Tagliapietra	20
	Murano: produzione e scarti	26
	. Filippo De Benedetti	
	L'Età del vetro	38
	. Stefano Centenaro	
	L'Economia Circolare del vetro artistico	52
	. Paola Careno	
	INTERVISTA Giovanna Palandri	64
INTERVISTA Chiara Squarcina	67	
LE VETRERIE PARTNER DI PROGETTO	Nicola Moretti Snc	72
	. Filippo De Benedetti	
	Vetrare Artistiche Murano	80
	. Stefano Centenaro	
	Costantini Glassbeads	88
	. Paola Careno	
LA PROTOTIPAZIONE	INTERVISTA Cristiano Ferro	96
	INTERVISTA Luciano Gambaro	100
	Economia circolare in Murano	106
	. Paola Careno, Stefano Centenaro, Filippo De Benedetti	
	INTERVISTA Massimo Moretti	134
INTERVISTA Matteo Silverio	138	
BIBLIOGRAFIA		144

PREFAZIONE

Vetro futuro

Scelgo di introdurre questa avventura come se fosse l'inizio di un film, che parte privo di parole, avvolto soltanto da qualche rumore in sottofondo che serve a introdurre il contesto: una risacca marina, un vento leggero tra la vegetazione, il brusio lontano delle attività umane... Un film fatto di immagini e di concetti, di azioni e di sguardi in avanti.

zoom

Isola di Murano. Tre giovani ricercatori. Cumuli di vetro di scarto, coloratissimo.

carrellata indietro

Artigiani del vetro. Università Veneziane. Architetti e scienziati. Professionisti.

campo lungo

Dicembre 2020: l'Unesco inserisce nella lista del "Patrimonio Culturale Immateriale dell'Umanità" l'arte delle perle di vetro di Murano.

Maggio 2021: l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite nomina il 2022 "Anno Internazionale del Vetro".

Questa è la storia di un'isola. Anzi, di tante isole.

Isole fragili, ma anche uniche. Isole reali e simboliche. Isole che sono lembi di terra, sfridi di vetro, ma anche persone. Isole antiche, ma con lo sguardo e la prospettiva rivolti oltre l'orizzonte della laguna, oltre la soglia dell'immediato. Isole che si uniscono in un arcipelago di relazioni e possibilità.

Ma questa è anche una storia di incontri. Incontri veri, non a distanza o "da remoto". Incontri semplici e sofisticati. Incontri in cui si condividono odori e colori, ma anche idee e prospettive. In cui si respira la stessa aria e si mangia un boccone in compagnia, dimentichi del luogo di provenienza ma uniti dalla destinazione del viaggio. Un'itaca da raggiungere tutti assieme, augurandosi che il cammino sia fecondo di conoscenza e condivisione.

È una storia solida e colorata come il vetro dell'isola di Murano, in cui emerge l'entusiasmo e la forza che tre giovani ricercatori hanno saputo e sanno mettere nell'affrontare nuove sfide che sono al contempo scientifiche, estetiche, imprenditoriali, sostenibili. Ma anche il racconto di un vissuto che evidenzia l'importanza della collaborazione, della condivisione delle competenze, dello scambio e della contaminazione dei punti di vista.

Questa avventura scientifica con la realtà del vetro di Murano vede i suoi prodromi più di un lustro fa, quando tramite alcune associazioni muranesi è iniziata una collaborazione tra il Dipartimento di Scienze Molecolari e Nanosistemi dell'Università Ca' Foscari Venezia e alcuni mastri vetrai e le loro fornaci, allo scopo principale di proporre e validare delle strategie che permettessero la sostituzione del cadmio – il cui uso è stato progressivamente vietato – con altri elementi (il cadmio è sempre risultato fondamentale per la produzione di vetri dai tipici colori compresi tra il giallo e il rosso). L'interazione si è ulteriormente sviluppata mediante la realizzazione di tesi di laurea riguardanti sia l'analisi sistemica della sostenibilità dei comparti di produzione del vetro di Murano sia l'analisi chimico-fisica di ottantatré vetri colorati diversi, di cui è stato realizzato anche un dendrogramma statistico. Nel contempo, varie attività di divulgazione dei risultati di questa interazione hanno avuto luogo, dalla pubblicazione dei risultati su riviste scientifiche internazionali alla realizzazione di incontri e documentari dedicati a tali problematiche, sino alla conferenza internazionale della *Glass Art Society* in Murano – che nella sua 47^a edizione annuale, tenutasi nel 2018 in Murano, ha riunito nell'isola oltre tremila partecipanti. A fronte di tematiche così determinanti per il comparto muranese, le decisioni politiche non hanno però sufficientemente supportato e alimentato queste interazioni tra mondo produttivo e accademia, e il tutto si è arrestato.

Allora si è ripartiti. Nuovamente dal basso, dagli incontri, dagli scambi di idee tra attori diversi, dalla ricerca di un nuovo paradigma che potesse fare breccia anche verticalmente nella società civile e politica. Si è ripartiti dalla passione per il vetro, per i colori, ma con una nuova stella polare: l'Economia Circolare, che prova a dare una risposta alle problematiche di riutilizzo delle grandi quantità di vetro di scarto nell'isola. Gli sfridi di lavorazione, quei frammenti che contengono la sapienza artigianale di secoli di manualità, di ricette e di segreti tramandati per generazioni; frammenti contenenti fisica e chimica di atomi che si legano insieme e danzano, donandoci la sensazione del colore. Nuovi attori, nuovi approcci, nuove idee per le stesse sfide: valorizzare la ricerca sviluppata e approfondita negli Atenei applicandola a casi reali in cui l'intervento di tali conoscenze può cambiare il destino di persone e cose. Dare nuova vita agli scarti di vetro delle fornaci muranesi: tradurre in risorsa ciò che è rifiuto e spesa, senza compromettere la peculiarità del vetro di Murano. Artigiani e fornaci che

si relazionano ad architettura e scienza, a professionisti e inventori: il tutto trainato dall'energia cosciente e illuminata di tre giovani studiosi, appartenenti alle due Università della città di Venezia, l'Università Luav di Venezia e l'Università Ca' Foscari Venezia. Ecco dunque la sintesi che prova ad aprire nuove prospettive: sapienze e conoscenze differenti che si uniscono, con rispetto reciproco e traendo forza dalla ricchezza dei diversi punti di vista. Isole possibilmente mai più separate, che tessono relazioni e costruiscono ponti che le rendono un arcipelago di unicità.

Nella speranza che tutto ciò non risulti ancora una volta trasparente agli occhi di coloro che possono decidere.

Vetro antico

Ligia Maria Moretto

Murano è da più di sette secoli l'isola del vetro, un mondo di sapienza ed esperienza, di luce magica, incantevoli forme e colori, di artigianato che si fa arte ineguagliabile. La storia del vetro veneziano è un lungo tratto di un itinerario iniziato quattro millenni fa in Mesopotamia o in Egitto e diretta eredità dell'arte vetraria evolutasi nell'Impero romano dopo che l'invenzione, nel I secolo a.C., della soffiatura del vetro, libera e a stampo, rivoluzionò l'industria vetraria permettendo una vasta diffusione dei manufatti in vetro, divenuti molto più economici e di una grande varietà di forme e colori.

Il vetro muranese affonda quindi le sue radici nell'antica Roma, e questa a sua volta nel vicino Medio Oriente (costa siriano-palestinese, probabile culla della scoperta del vetro), da dove provenivano i *glassmakers* che introdussero l'arte vetraria nel mondo romano e da dove provenivano i blocchi di vetro grezzo da cui le fabbriche dette secondarie realizzavano poi i manufatti finali.

Inizialmente gli oggetti di vetro erano piccole perle, mentre dall'età del bronzo all'inizio dell'Impero romano l'arte del vetro si esprimeva in piccoli e costosissimi contenitori policromi e opachi (unguentari, balsamari, ecc.). Nell'Età del ferro, quando l'arte vetraria mediorientale s'inserisce nella *koiné* della cultura greca, prima classica e poi ellenistica, avviene il cambio del fondente: si impiega un additivo a base di carbonati alcalini per abbassare la temperatura di fusione della sabbia (1550 - 1700 °C) a temperature accessibili alle fornaci del tempo (800 - 1100 °C) e per rendere il vetro lavorabile a temperature relativamente basse. Il fondente vegetale (ceneri di piante) fu sostituito per quasi due millenni dal natron, minerale evaporitico di carbonati di sodio proveniente dall'Egitto (zona di Wadi El Natrum). Quando per motivi geopolitici le fonti di natron divennero poco accessibili, si ritornò gradualmente alle ceneri (dal IX al XII secolo d.C.), usate dalle fabbriche muranesi (cenere sodiche) e di tutta Europa (ceneri per lo più potassiche) fino al secolo XIX, quando l'uso dei processi *Leblanc* e poi *Solvay* resero disponibili carbonati di sodio industriale a basso costo e sempre più puri.

L'aspetto più sorprendente che emerge dallo studio dei vetri antichi è che dall'epoca romana al secolo XVIII, e per molti versi fino ad'oggi, emerge una sostanziale continuità nelle tecniche di fabbricazione e di colorazione dei vetri, pur se importanti novità sono state introdotte lungo il tempo soprattutto dagli artigiani muranesi, che realizzarono manufatti di incredibile bellezza e raffinatezza. Gli oggetti romani color ambra erano realizzati con particolari processi non dissimili da quelli usati per le odierne bottiglie di birra marrone (in realtà ambra scuro). Le empiriche nanotecnologie *ante litteram*, a base di rame e oro, usate anticamente per ottenere i vetri rossi sono le stesse degli odierni vetri muranesi, anche se con diversi elementi.

Da più di un decennio un gruppo di ricerca del DSMN dell'Università Ca' Foscari di Venezia studia i vetri antichi che hanno preceduto il vetro veneziano, che ad essi si lega praticamente senza soluzione di continuità. Il gruppo, prima coordinato dal Prof. Emilio Francesco Orsega e poi dalla Prof.ssa Ligia Maria Moretto, ha condotto molte tesi di laurea e di dottorato, pubblicando molti articoli a diffusione internazionale e instaurando proficue collaborazioni con altre istituzioni, in particolare con il National Institute of Chemistry di Lubiana, la Stazione Sperimentale del Vetro di Murano, il Museo archeologico nazionale di Aquileia, il Museo archeologico nazionale di Adria, il Museo archeologico di Agrigento, l'University of the Witwatersrand di Johannesburg, la California State University, la Oxford University, e la Ghent University. La collaborazione con l'Istituto Nazionale di chimica di Lubiana si è rivelata fondamentale per la messa a disposizione dell'ICP/MS con Laser *ablation*, tecnica di elezione per l'analisi elementare dei vetri. A Lubiana viene applicato un particolare metodo di calibrazione ed analisi capace di rivelare con notevoli accuratezza e precisione 54 elementi in contemporanea per ogni misura. L'analisi elementare è fondamentale per la determinazione della composizione del vetro e quindi della sua provenienza e dei minerali usati per i coloranti e gli opacizzanti (identificati anche con la spettroscopia di assorbanza nel visibile e nel vicino IR) e spesso per stabilire i periodi di datazione del vetro. Con tale tecnica sono state condotte le analisi su vetri pre-romani dell'età del ferro (VI, II e I secolo a.C., dal Museo di Adria), su un vasto numero di vetri di epoca romana (I-VIII secolo d.C.), medievale e rinascimentale (XIV-XVI secolo) dal museo di Agrigento, su un grande numero di campioni di epoca romana (I-III secolo d.C.) da Aquileia, Altino e Adria e da un nuovo sito dell'area di Aquileia, oltre a un lungo e complesso lavoro sulle perle di vetro tra Africa orientale e Oceano Indiano nel primo millennio d.C.

Ma un ulteriore utilizzo innovativo di questa tecnica è stato il *mapping* bi e tri-dimensionale, dove la scansione di una piccola superficie del vetro ha permesso di visualizzare mediante dei codici colore le concentrazioni punto per punto di ogni elemento. Il confronto delle mappe permette di

comprendere quali elementi sono associati, per determinare la composizione e la provenienza di materie prime e minerali correlati ai coloranti.

Inoltre è stata applicata per la prima volta sui vetri la tecnica del *drilling*, per studiare la composizione del vetro vergine sotto lo strato di degrado e realizzare mappe in 3D per studiare la variazione di alcuni elementi chiave lungo lo strato di corrosione.

È da sottolineare che lo studio delle condizioni e dei meccanismi di degrado dei vetri è stato un ulteriore argomento di ricerca lungo gli anni da parte del gruppo.

L'analisi della composizione, delle proprietà e del degrado dei vetri antichi può costituire un bagaglio di conoscenze utili allo studio degli odierni vetri muranesi e alla soluzione di alcuni problemi ancora irrisolti.

Tante sfide, una ricerca

Maria Antonia Barucco

Murano e i suoi vetri, tra arte, artigianato e industria, sono parte dell'ecosistema lagunare: peso economico, valore storico, eccellenza a livello internazionale, tratto culturale di un territorio e non solo. Ma la crisi, prima, e l'emergenza sanitaria, poi, hanno incrinato il funzionamento di tale sistema che è parso essere a volte sospeso, a volte infranto e a volte reinventato.

La ricerca qui descritta è caratterizzata dall'amore per la storia e la tradizione di un luogo magico e dalla sfida di reinventare parti di un funzionamento sistemico che, attraverso il lavoro in isola, è stato via via identificato come un ecosistema. Arti, tradizioni, maestri, materiali, strumenti, idee e committenti sono tra loro legati da una rete di connessioni che possono a volte anche nascere dall'altra parte del mondo ma che si sviluppano sempre sull'acqua della laguna e tra le calli ampie che affermano la scarsa urbanità e la vocazione fortemente industriale di Murano.

E quindi, se nelle fasi di definizione del progetto di ricerca e del piano di lavoro si era data priorità ai processi e agli strumenti, ai prodotti e ai chili di scarti, durante l'anno trascorso a Murano è emerso forte il peso e il valore dello scambio di conoscenze, competenze, storie e tradizioni. E in relazione a questo la ricerca si è sviluppata e si è mostrata in una serie di occasioni di confronto e di appuntamenti: la partecipazione ai festeggiamenti per i 1600 anni di Venezia, la cartolina a supporto del progetto di Venezia capofila di *New European Bauhaus*, il convegno *Isole di Vetro* del 14 maggio, l'appuntamento con l'associazione culturale Mestre Mia del 9 giugno, le riprese di Rai 1 (e la messa in onda per *Linea Verde Life* il 3 luglio). Ultimi nello sviluppo dell'anno ma non ultimi per importanza, i *Living Labs*: appuntamenti dedicati a descrivere l'intero percorso di lavoro in occasione della Glass Week a Ca' Dolfin (sede Ca' Foscari Venezia) e poi anche con una lezione e una mostra nell'atrio del Cottonificio di S. Marta in Luav.

Un anno di ricerca non è molto perché lo studio e la sperimentazione richiedono tempi lunghi e lenti, dettati dalla riflessione e dall'iterazione delle prove, ma anche perché è doveroso curare la disseminazione della ricerca.

E questo tempo appare ancor più breve se viene messo al confronto con la millenaria e grandiosa storia con la quale gli assegnisti hanno cercato una relazione. È stato un anno folle, caratterizzato dalla pandemia COVID-19, dai *lockdown*, dalla paura, dalla crisi, dalla fiducia e dalla volontà di affermare con forza il valore dello scambio, della comunicazione interpersonale e della condivisione.

Si è cercato di leggere, comprendere e valorizzare le reti di persone e la dimensione ecosistemica del lavoro in Murano e in Università. Il vetro soffiato, la lavorazione a lume e le vetrate a piombo sono lavorazioni antiche e così è anche il linguaggio che ne descrive le prassi, gli intenti e gli esiti; un linguaggio distantissimo da quello della ricerca scientifica che sviluppa e sperimenta ogni passaggio utile a trasformare un'economia lineare in una circolare; un linguaggio distantissimo anche dalle comunicazioni e dagli slogan che consentono al mondo di comprendere e apprezzare gli sforzi per l'innalzamento della qualità sostenibile dei prodotti. Il lavoro di confronto e la ricerca di convergenza si fondano dunque su una paziente opera di traduzione di linguaggi specialistici e di traduzione dei risultati in comunicazioni dedicate ad un pubblico ampio. La ricerca ha identificato analogie tra la tradizione antica e il progetto di una possibile Economia Circolare degli scarti di vetro lavorando più in vetreria che in biblioteca; per fare questo è stata posta in luce l'invisibile rete sottesa ai processi produttivi, che anima le regie, i protagonisti e le trasformazioni del vetro.

Non ha solo lo scopo di comunicare e tradurre, la ricerca è anche indagine e indirizzo. Perciò sono state misurate variabili quantitative, qualitative e descrittive per valutare gli scarti del vetro artistico e evidenziare alcuni aspetti per sviluppare strategie coerenti con il panorama internazionale e, al tempo stesso, in grado di offrire un contributo di novità alle sapienti mani dei maestri vetrai. Per poter realizzare tutto ciò è stato importantissimo il lavoro di tre giovani dottori, ricercatori per un anno di assegno: Paola Careno e Filippo De Benedetti, laureati in architettura all'Università Luav di Venezia, e Stefano Centenaro, laureato in ingegneria dei materiali presso l'Università degli studi di Padova. Da loro è firmato il presente volume e a loro va la gran parte del merito ogni volta che la ricerca trova un giusto spazio e propone spunti di riflessione interessanti. Il lavoro dei tre ricercatori è stato supportato dai partner aziendali Vetrate Artistiche Murano, Costantini Glassbeads e Nicola Moretti Snc; altrettanto importanti i partner di rete Wasp e Anteferma Edizioni. Va sottolineato anche lo sforzo compiuto dagli uffici dell'Università Luav di Venezia e dell'Università Ca' Foscari Venezia che hanno ascoltato, aiutato e guidato le richieste dei ricercatori e dei responsabili scientifici in un anno in cui i vincoli burocratici e le relazioni sono stati a volte doppiamente complessi, perché gravati dal COVID-19.

La rete di relazioni e di collaborazioni sottesa e precedente a questo progetto di ricerca si è rafforzata e è cresciuta negli obiettivi e nel numero

dei soggetti coinvolti. In primo luogo il progetto non sarebbe nato senza il supporto di Studio Silverio il cui titolare, Matteo, si è dimostrato ispiratore di proposte, sprone nelle occasioni di stanchezza, catalizzatore di interessi e fonte inesauribile di novità. Vi sono poi le voci di Murano e della ricerca accademica: artisti, docenti, maestri, studiosi e imprenditori che hanno arricchito il lavoro dei ricercatori e lo sviluppo del presente testo.

Virtuosissimo e ispiratissimo il protocollo d'intesa firmato tra la Fondazione Musei Civici di Venezia, l'Università Luav di Venezia e l'Università Ca'Foscari Venezia: per questo devono essere ringraziati Chiara Squarcina e Pierluigi Genovesi.

Vi sono infine tutte, molte, le persone (docenti, studiosi, curiosi, ecc.) che hanno contattato in questi mesi Elti Cattaruzza, Ligia Moretto e la sottoscritta: a noi tre spetta l'onere e l'onore di essere stati i custodi di questa rete di persone, saperi ed interessi per la durata del progetto di ricerca, periodo decisamente interessante e che continua a stupirci per il numero e il valore dei possibili sviluppi futuri che propone.

Gli scarti del vetro di Murano sono fortemente caratteristici, racchiudono in piccola parte una grande storia. Solo un bivio nella vita del vetro lavorato in Murano distingue ciò che tutto il mondo ammira da ciò che è considerato un rifiuto. E questi scarti, in un'epoca destinata a costruire un futuro in virtù dell'Economia Circolare, meritano di prendere parte a una nuova narrazione fatta di prototipi e, magari in un futuro prossimo, anche di nuovi prodotti dalla qualità riconosciuta e ricercata.

La sfida più grande è nelle conclusioni di questo racconto: far sì che quanto sviluppato, immaginato e progettato non sia finito ma divenga un punto d'avvio per altro, per nuove ricerche, reti di portatori d'interesse, collaborazioni, idee e progetti. Tutti coloro che hanno lavorato in questo anno sono cercatori di possibilità, di studio e di sperimentazioni perché a valle di una buona ricerca devono esserci più domande che risposte, perché la ricerca deve essere sfidante e il lavoro non è certamente ancora finito.

Il mio augurio personale è che i migliori frutti di questo lavoro possano essere colti dalle voci più fresche, ardite e (non solo anagraficamente) giovani, perché si possa affermare sempre e con forza la vitalità di Murano.

LINO TAGLIAPIETRA

Artista del vetro e Maestro vetraio

Nella Murano degli anni '50 e '60, qual era il destino degli scarti di vetro, come veniva smaltiti, riutilizzati?

Quando ero ragazzo veniva buttato via veramente poco, sia in termini di imballaggio che di vetro. Ricordo che gli scarti venivano messi in una parte della fabbrica dove una persona vagliava il vetro in funzione del suo riciclo, e questo veniva quindi ricotto. La produzione degli scarti è legata anche alla tipologia degli strumenti che si utilizzavano: ad esempio, le canne con il puntale in ferro usate per la lavorazione, lasciavano tracce del metallo all'interno del vetro, il quale perdeva la trasparenza e tendeva a diventare verde proprio a causa dei rilasci di ossido di ferro e quindi non poteva più venire usato nella produzione di vetri trasparenti. Questa tipologia di scarto oggi è molto più diffusa rispetto una volta: ricordo che ai miei tempi il vetro con il ferro veniva riciclato per un vetro colorato, come il verde o il nero. Quindi c'era una grande attenzione per il riciclo, e riciclare voleva dire anche ridurre il tempo di cottura. Credo che oggi tale pratica sia an-

cora importante, per tradizione e tecnica, e che si possa utilizzare il 20-30% di vetro di riciclo: in alcuni casi si può anche lavorare con solo vetro riciclato. Per esempio, il vetro americano è ottenuto dalla fusione di vetro prodotto in altri Paesi, come Germania o Australia, questo viene riutilizzato integrandolo con vetro cotisso (blocchi di vetro usati per la ri-fusione). La pratica del riciclo è una tecnica nota e conosciuta, tuttavia non viene sempre sfruttata.

Vedo enormi barche trasportare grandi quantità di scarti di vetro che potrebbero essere riciclate. Con una tecnica più attenta, una conoscenza chimica più mirata, lo studio e una maggiore preparazione sul riciclo produttivo, si potrebbe contribuire a ridurre le quantità di scarti di vetro artistico, anche perché sono altamente inquinanti.

La fusione del vetro di riciclo con il cotisso è una tecnica conosciuta ma spesso utilizzata in maniera sbagliata. Il cotisso viene fuso a temperature più basse rispetto il vetro, il quale fonde a 1240°C. Per il corretto utilizzo del cotisso bisogna riempire il crogiolo gradualmente, partendo da

una temperatura di utilizzo più bassa, intorno ai 1000 c°, si aggiunge poi poco per volta il cotisso alzando man mano la temperatura. Ovviamente occorre un po' di più tempo ma così si salvaguarda l'integrità del crogiolo e si ottiene un vetro di migliore qualità. Tutto dipende da come vogliamo lavorare il vetro e affrontare questa nuova sfida del riciclo.

Gli scarti del vetro artistico, a seconda della loro composizione chimica (zolfo, selenio ecc.), potrebbero essere riutilizzati per la produzione di vetro colorato: occorre sperimentare un po'. Queste sperimentazioni richiedono spazi per lo stoccaggio, strumenti per la raccolta e la catalogazione oltre che per ordinare e valorizzare gli scarti.

Ad esempio: il vetro cobalto è facile da cucinare, altri colori non lo sono. Dove c'è del solfuro, se si vuole ottenere un tono di colore ambra o un topazio, occorre cucinare il vetro molto altrimenti non viene pulito. Alcuni colori hanno bisogno di tempi e temperature diverse, e anche di differenti miscele d'aria. Una volta questo era possibile perché avevamo dei fonditori davvero capaci, la nostra struttura di fabbrica

permetteva di cuocere in una notte anche dodici colori in un forno... all'epoca facevamo dei colori bellissimi. Ricordo ancora quando i forni andavano a legna, era molto importante controllare il vapore acqueo. Sulla griglia all'interno del forno, c'era una specie di occhio (una botola), aperto sulla "castra" (la pira di legname da ardere) la cui umidità produceva vapore acqueo il quale, passando per l'occhio sul pavimento, contribuiva ad aumentare la temperatura all'interno dei forni. Era interessante osservare questi fenomeni e queste relazioni: le persone che lavoravano in fabbrica, chi tagliava la legna, chi fondeva il vetro. Ora tutte queste figure non ci sono più, anche le tecniche produttive sono cambiate, ma sarebbe davvero interessante recuperare alcuni processi e adattarli ai moderni sistemi produttivi. Sono stato in Finlandia e in Svezia e là si usa ancora il vapore acqueo per la produzione del vetro, anche in Ungheria l'ho visto fare: sfruttano il vapore prodotto dall'umidità del legno, soffiano il vetro e creano delle cose stupende, senza l'utilizzo di altre fonti di calore. In questi Paesi anche il recupero e

il riciclo del vetro è molto avanzato. Alle Maldive mi hanno sorpreso, sono riusciti a calibrare il coefficiente di dilatazione delle bottiglie di vetro in modo che fosse pari a quello delle murrine che avevamo portato da Seattle. Non veniva buttato via niente, anche quello che avanzava veniva messo da parte.

Nel caso degli Stati Uniti, ritiene che ci sia altrettanta attenzione all'impatto ambientale del ciclo produttivo del vetro?

Conosco l'esperienza del vetro americano attraverso cari amici che hanno realizzato delle opere negli Stati Uniti, realtà molto competenti ma forse ancora poco sensibili alle questioni legate all'inquinamento. Le fabbriche sono molto distanti dalle città e di conseguenza non hanno tutte quelle restrizioni che un centro abitato richiederebbe.

Ora però anche in America è vietato l'utilizzo di piombo, cadmio e selenio, considerati pericolosi per la salute dell'uomo. Questo limite riduce anche la produzione di alcuni colori, come ad esempio il rosso.

LINO TAGLIAPIETRA

Nel tempo ho sempre fatto ricerche ed esperimenti chimici per studiare il colore: una volta ad esempio si usava il rame per ottenere un rosso rubino molto bello (ho trovato degli specchi fatti in lastra float con questo rosso stupendo) e in base a quanto si riscaldava il vetro, il rosso diventava più o meno opaco: era la stessa tecnica che usavamo anche noi all'Effetre International negli anni Ottanta. Facevamo dei vasi color "terra di Siena", lo chiamavamo "rosso coppo": si usava il carbone, che in veneziano era "marogna", perché contiene una specie di ferro: la marogna veniva tritata e riutilizzata per fare il vetro, questo processo produttivo ha origini molto indietro nella storia di Murano ed è lo stesso utilizzato anche per la realizzazione del colore rosso coppo in certe murine antiche.

Bisogna continuare a fare queste ricerche, continuare a guardare alle lavorazioni antiche e sperimentare sulle materie e sui colori, con particolare attenzione ai valori di inquinamento; ma ormai all'interno delle fabbriche non ci sono quasi più figure dedicate a queste ricerche e alle prove sui materiali. La Stazione Sperimentale del

Vetro di Murano porta avanti queste ricerche, ma resta comunque slegata dalla realtà produttiva di Murano. Nelle fabbriche c'è bisogno di cultura, di scienza, di esperienza. Ma purtroppo a Murano c'è anche sempre meno gente che lavora.

Credo che comunque, in caso di necessità, le soluzioni si possano trovare. Penso ad esempio a un amico che lavorava in West Virginia, che ha trovato un'alternativa al piombo e all'arsenico per produrre il bianco da utilizzare nella filigrana. Questo vuol dire che in caso di necessità, l'alternativa può essere trovata, ma solo attraverso lo studio, la sperimentazione e la condivisione delle esperienze. A Murano si è drasticamente ridotto il numero dei lavoratori e contemporaneamente si è anche perso l'interesse a sperimentare e a condurre ricerche: sono due fenomeni tra loro collegati.

È difficile dire quale tra i due sia la causa e quale la conseguenza. A Murano, fino agli anni Cinquanta e Sessanta c'erano 6.000 lavoratori. Calo dovuto anche a tutte le questioni legate all'inquinamento, specialmente negli anni Ottanta e Novanta. Le sostanze utilizzate nelle vetrerie si riversavano

in acqua, con relative conseguenze anche sulla salute della laguna. Oggi la situazione è cambiata, e penso anche migliorata. Ma questo non è dovuto solamente al fatto che si lavora diversamente, è anche perché si lavora molto meno: il numero di fabbriche attive è irrisorio paragonato a quello di cinquanta-sessanta anni fa.

Il tema dell'inquinamento è molto importante, e la salute della laguna va controllata, ma questa considerazione va estesa a tutto quello che è in quest'area, quindi non solo Murano, ma anche il polo industriale di Marghera o le imbarcazioni, solo per fare alcune esempi.

Murano è sempre stata maestra indiscussa in ambito internazionale, adesso cosa può o dovrebbe imparare a sua volta?

Ci ho pensato molto ed ero convinto, e lo sono ancora per certi versi, che fosse necessario collegare la formazione con il lavoro. Credo sia molto importante investire nei giovani: il mio sogno sarebbe quello di avere un grande museo e collegarlo a una struttura scolastica educati-

va. Un centro culturale importante legato al museo e alla storia di Murano in modo da poter formare dei maestri, competenti nella tecnica ed esperti conoscitori della storia. Poi però penso a quale sbocco lavorativo potrebbero avere questi giovani maestri: quale tipo di vita offriamo loro se non riusciamo a creare a livello sociale una Murano diversa da quella di oggi, in cui sembra prioritario l'incremento numerico della vendita per andare incontro al crescente turismo? È questo che vogliamo lasciare ai giovani? Questo è un mio grande dubbio: bisogna creare un'immagine di Murano diversa per poter invogliare i ragazzi a costruirsi un futuro con questo mestiere e in questi luoghi.

Una volta c'era una grande disparità tra gli stessi abitanti di Murano e, forse, molta più povertà. Ma chi aveva capacità e un po' di fortuna poteva crescere. Non parlo solo dei grandi maestri, anche gli assistenti più qualificati potevano raggiungere una grande notorietà e agiatezza. Adesso non è più così. Io mi ritengo fortunato: la scuola l'ho vista con il binocolo, ed è una cosa che mi è tremendamente mancata. Ho iniziato a lavorare molto

giovane, nove ore al giorno, a volte anche quattordici o quindici. Una volta si vedeva il proprio maestro lavorare con figure importanti da tutto il mondo, realizzare pezzi straordinari, e guadagnare molto bene. Oggi invece c'è una clientela diversa, un turismo mordi e fuggi che non so quanto spenda nei prodotti di Murano.

Per questo credo non sia sufficiente insegnare, avere una scuola: occorre creare un ambiente sociale e culturale importante.

Ciò che lei auspica per Murano, lo ritrova nel panorama statunitense?

Mi sono posto il problema anche per i giovani negli Stati Uniti. Ci sono quelli che sono arrivati, che hanno fatto fortuna, guadagnano bene: si sono fatti lo studio, hanno la macchina, la barca. Credo che sia stupendo. Quelli che non sono arrivati hanno una vita abbastanza dignitosa perché il salario è molto più alto ma il costo della vita anche. Però vivendo qui e là, in America e a Venezia, vedo che negli Stati Uniti ci sono ancora margini all'interno dei quali crescere. La visione del lavoro artistico è

diversa da quella italiana, ed ha un valore importante.

Come tenere insieme tradizione e innovazione nell'esperienza di Murano?

È la domanda delle domande. I consigli possono essere molti, ma la pratica è poi ben distante.

Personalmente credo che senza avere la cultura del passato che scorre nelle vene, non si possa andare nel futuro. E l'altra cosa fondamentale è la sperimentazione.

Un altro aspetto molto importante è la relazione con la comunità, sia internazionale che locale. Una volta l'isola di Murano era più viva, c'era la scuola, il teatro, i concerti, la chiesa, le occasioni di incontro e di discussione erano molte. Cosa c'entra con il vetro? C'entra perché se tu fai parte di una comunità, la comunità ti aiuta in qualche modo a crescere. Ti accoglie, ti dà la possibilità di imparare, di sbagliare.

Possiamo crescere e cambiare sicuramente attraverso la cultura, con l'obiettivo di elevare la qualità del lavoro.

LA RICERCA

Murano: produzione e scarti

Filippo De Benedetti

Ogni anno a Murano vengono prodotte dalle 700 alle 1.000 tonnellate di sfridi di vetro e 200 tonnellate circa di rifiuti derivati dalla lavorazione a freddo del vetro (principalmente fanghi di moleria), per un volume equivalente di 392 metri cubi di scarti in varie forme: morsi di bacchette, perle rotte, gocce di vetro, porzioni di lastre, vetro rullato, rulli, polvere e generici sfridi di lavorazione di vetro soffiato. Un modo per comprendere quanto vetro diviene scarto è tradurre questo volume totale in un prodotto tipico di Murano: 392 metri cubi di vetro possono consentire la realizzazione di 31.250.000 calici di vetro. Altrettanto efficace è figurare il lavoro necessario per il trasporto di questo rifiuto: per spostare 392 metri cubi di vetro da Murano alla discarica sono necessarie 91 imbarcazioni da 11 tonnellate, a pieno carico (img. 01).

Il vetro è un materiale che può essere riciclato all'infinito, in termini tecnici viene definito "permanente" perché può essere riciclato senza produrre alterazioni alle sue caratteristiche e proprietà intrinseche. Nel rapporto *il riciclo del vetro e i suoi nuovi obiettivi europei per la circular economy* realizzato dalla Fondazione per lo sviluppo sostenibile si legge che "1 kg di rottame di vetro permette di produrre 1 kg di vetro" (Fondazione per lo sviluppo sostenibile, 2016, p.20), ma il riciclo del vetro di Murano non è semplice e tale complessità emerge osservando lavorazioni, chimica e possibili scenari per trasformare un rifiuto speciale in una risorsa.

Il coinvolgimento di tre vetrerie muranesi rappresenta una grande risorsa per la ricerca, così come la multidisciplinarietà del team di docenti^[1] responsabili del lavoro. Alessandro Moretti di Costantini Glassbeads, Nicola Moretti di Nicola & Alberto Moretti Murano Snc e Stefano Bullo di Vetrate artistiche Murano si occupano di lavorazioni molto diverse tra di loro e l'insieme delle produzioni è rappresentativo di buona parte delle lavorazioni del vetro realizzate in isola. Costantini Glassbeads è specializzata nella lavorazione di perle a lume^[2] e nel 2001 ha acquisito dalla famiglia 950 quintali di perline di conteria^[3] che sono stati prodotti dal 1930 sino al 2001, quando la lavorazione è stata vietata per la cancerosità di un particolare tipo di rifiuto. Nicola Moretti è specializzato in vetro soffiato,

[1] Maria Antonia Barucco (Icar 12, Tecnologia dell'architettura) per Università Iuav di Venezia, Elti Cattaruzza (Fis 01, Fisica sperimentale) e Ligia Moretto (Chim 01, Chimica analitica) per Università Ca' Foscari Venezia.

[2] La lavorazione a lume è un'antica tecnica di seconda lavorazione, applicata già nel Rinascimento a Venezia e poi sviluppata al meglio dal XVIII secolo. Una canna vitrea piena viene utilizzata dal maestro di lume come semilavorato. Egli rammollisce la canna al calore di una fiamma orizzontale alimentata da gas metano e aria o da gas metano e ossigeno e lo modella con l'ausilio di piccoli strumenti. Il vetro viene avvolto intorno a una sottile canna di rame e decorato in vario modo. La canna metallica viene poi eliminata con un bagno in acido.

[3] Con questo termine si indicano le perle di vetro di dimensioni molto piccole, realizzate sezionando per taglio una canna forata e arrotondando a caldo i cilindretti ottenuti.

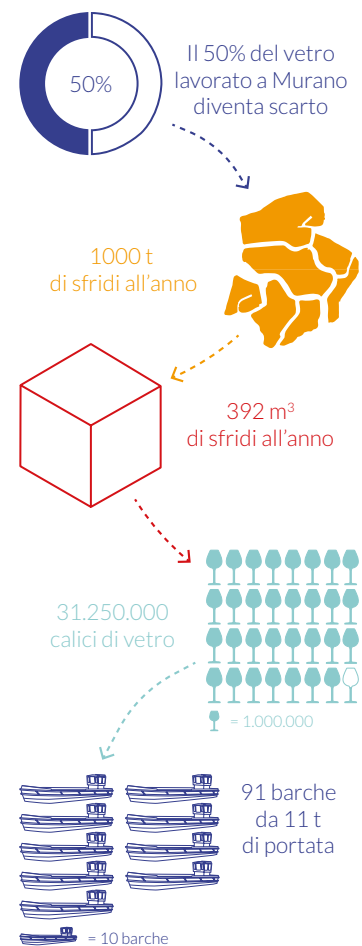
vetrofusione e molerial^[4], alcune delle lavorazioni tra le più rappresentative e iconiche del vetro di Murano nel mondo. Vetrate Artistiche Murano, unica bottega nel suo genere a Murano, è specializzata nella realizzazione e restauro di vetrate artistiche^[5], decorazione su vetro a smalti e serigrafia.

La lavorazione del vetro è articolata e viene svolta principalmente da imprese di piccole dimensioni: il 41% si dedica esclusivamente alla prima lavorazione del vetro, mentre le seconde lavorazioni come la molatura, l'incisione, la vetrofusione e la decorazione, sono praticate dal 34% delle imprese; più di due vetrerie su dieci si dedicano alla pratica del vetro a lume (in via esclusiva o assieme ad altre forme di lavorazione); esiste infine una piccola quota di imprese che si dedica a lavorazioni quali l'assemblaggio di componenti nel campo dell'illuminazione e il restauro di manufatti.

Osservando ciò che viene realizzato si nota che nel 40% delle vetrerie (che praticano la prima lavorazione) le produzioni più richieste e praticate sono la scultura e i manufatti per l'illuminazione, seguite da oggettistica e articoli per la tavola. Per quanto riguarda lo stile di lavorazione, metà delle imprese adotta per i propri prodotti sia quello classico che quello moderno, meno frequenti sono le vetrerie che hanno abbandonato il classico per dedicarsi in esclusiva a manufatti in stile moderno o contemporaneo. L'analisi delle tipologie di seconde lavorazioni eseguite dalle imprese muranesi mostra una certa eterogeneità: prevalgono la vetrofusione e la molatura, che vengono praticate ognuna da poco più di un quarto delle aziende, seguite dall'incisione, dalla fabbricazione di specchi e dalla decorazione. Circa il 17% delle vetrerie si dedica a ulteriori e variegata tipologie di lavorazione non attribuibili ad una categoria univoca come la lavorazione a millefiori o le decorazioni a smalto (img. 02).

A partire dall'analisi dell'operato dei partner aziendali, a confronto con i dati appena citati, la ricerca indaga la complessità delle lavorazioni del vetro presenti nell'isola di Murano, caratteristiche che rendono unico il distretto muranese. Non è possibile trovare altrove una concentrazione di tante tipologie di lavorazione del vetro in una superficie territoriale così piccola e con una tradizione millenaria alle spalle. Al contrario di quello di Murano, gli altri distretti del vetro sono quasi sempre specializzati in un tipo di lavorazione, come ad esempio il comparto di Boemia, specializzato nel vetro al piombo, e quello della Repubblica Ceca in cui si realizzano perle (anche le perle di conteria, lavorazione vietata in Murano).

Il campo d'indagine è quindi costituito da un numero di lavoratori e una gamma di lavorazioni molto varia che produce una altrettanto ampia gamma di scarti. Per affrontare il tema del riciclo del vetro di Murano, la ricerca accetta la sfida della complessità e la declina in una logica sistemica perseguendo l'obiettivo di ampliare la squadra degli attori coinvolti nel numero, nella varietà e nell'articolazione disciplinare, per indagare i temi dell'economia



01. Quantitativi di sfridi prodotti ogni anno dalle lavorazioni del vetro artistico di Murano.

[4] Lavorazione a freddo su manufatti finiti per levigare, appiattare, incidere e lucidare il vetro. La molatura è sempre realizzata con l'acqua per evitare di surriscaldare il vetro per attrito.

[5] Per vetrata artistica si intende un insieme di pezzi di vetri di vari colori, assemblati e tenuti insieme da listelli di piombo e che, nel loro insieme, rappresentano figure o soggetti storici. Tale sorta di mosaico è poi incorniciato da un telaio e da rinforzi metallici fissati a loro volta agli stipiti delle finestre.

circolare da molteplici punti di vista. Il *team* di ricerca è stato strutturato nel 2020: assegnisti, docenti, vetrerie, una casa editrice esperta nella comunicazione entro e fuori l'ambito accademico e Wasp, azienda *leader* mondiale nelle tecnologie additive. Il numero di persone coinvolte nella ricerca in data settembre 2021 è ben più ampio: per lo sviluppo della ricerca sono stati importantissimi la collaborazione con Studio Silverio, la partecipazione alla *Glass Week*, le relazioni con i comitati e le associazioni presenti sul territorio (*Mestre Mia, Comitato Venezia 1600*).

Infine la ricerca ha consentito la firma di un Protocollo d'intenti tra Università Ca' Foscari Venezia, Università Iuav di Venezia e Fondazione Musei Civici di Venezia per sviluppare ricerche e attività di divulgazione e didattica in merito al vetro, non solo quello realizzato in Murano: mantenendo un forte legame con il tema dell'ecologia e dell'economia circolare, gli scienziati di Ca' Foscari, i designer e gli architetti di Iuav con MUVE stanno progettando un grande evento per commemorare il 2022, anno internazionale del vetro.

Un approccio Life Cycle

Per rispondere alla grande eterogeneità di saperi e capacità produttive, lo studio degli scarti di lavorazione del vetro di Murano è stato avviato a partire dall'osservazione e dall'analisi delle attività produttive di cui gli scarti sono uno degli output. La ricerca ha usato un approccio *Life Cycle* per quantificare gli sfridi in relazione alla quantità di vetro immesso nella filiera di lavorazione e in relazione alla quantità di vetro artistico prodotto. L'analisi *Life Cycle Assessment* (LCA), l'analisi *Life Cycle Costing* (LCC) e il *Social LCA* sono gli strumenti principali per l'applicazione dell'approccio *Life Cycle Thinking* che nasce attorno al 1960 come indagine scientifica volta a migliorare le prestazioni energetiche e ambientali di un sistema industriale: per il suo carattere olistico e trasversale si distingue dagli altri metodi^[6] adottati dagli studiosi dediti alla valutazione degli impatti ambientali delle azioni umane. Si tratta di una metodologia di valutazione degli impatti ambientali di un prodotto o di un processo lungo il suo intero ciclo di vita, ovvero dall'approvvigionamento delle materie prime fino alla realizzazione del prodotto o fino al riciclo del prodotto stesso: filiere rispettivamente identificate come *from cradle to grave*^[7] e *from cradle to cradle*^[8].

Elaborare un'analisi LCA vuol dire prendere in considerazione tutte le fasi che compongono un sistema, considerare l'energia, i materiali e le emissioni legate alla produzione, all'uso o allo smaltimento di un prodotto, valutare le correlazioni tra le fasi e sviluppare una visione d'insieme evitando di ragionare per compartimenti stagni. L'analisi LCA si adatta a molteplici ambiti

[6] Uno dei metodi precedenti al LCA è il REPA (Resource and Environmental Profile Analysis), impiegato per confrontare diversi materiali per la medesima funzione nell'intero ciclo di vita e nelle valutazioni energetiche. Un'altra pietra miliare nell'evoluzione del LCA è il manuale Boustead e Hancock, che offre per la prima volta una descrizione di carattere operativo nel procedimento analitico, considerato parte fondamentale del LCA attuale.

[7] *From cradle to grave*: dalla culla alla tomba, un'espressione utilizzata nell'analisi del ciclo di vita per descrivere l'intera vita di un materiale o prodotto fino al punto di smaltimento

[8] *From cradle to cradle* (C2C): dalla culla alla culla, un approccio innovativo e sostenibile volto alla realizzazione di prodotti. I modelli C2C hanno l'obiettivo di creare un sistema sostenibile che sia rispettoso della vita e delle generazioni future – come si può evincere dal nome, dalla nascita, o "culla" di una generazione a quella successiva.

di applicazione: la ricerca, il *green marketing* per l'ottenimento di marchi ecologici, i sistemi di gestione ambientale per il miglioramento di una filiera, l'ecodesign. L'analisi LCA è riconosciuta e regolamentata a livello internazionale dagli standard ISO 14040 e 14044 (*Gestione ambientale, Valutazione del ciclo di vita, Requisiti e linee guida*) che ne definiscono la struttura e le linee guida per una corretta applicazione. La struttura proposta dalla norma ISO 14040 è sintetizzabile in quattro momenti principali (img. 03):

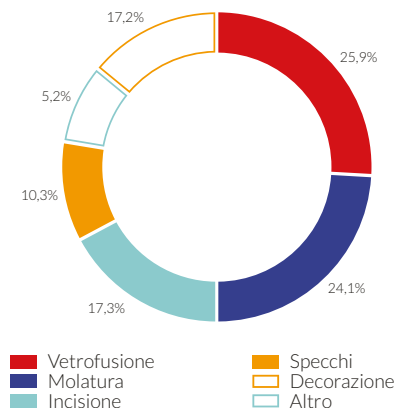
- Definizione degli scopi e degli obiettivi;
- Analisi di inventario;
- Analisi degli impatti;
- Interpretazione e miglioramento continuo.

La quarta fase è la parte conclusiva di un LCA utile a proporre i cambiamenti necessari a ridurre gli impatti ambientali dei processi o delle attività analizzate. In questa fase si realizza una correlazione tra i risultati dell'analisi di inventario e di quella degli impatti, per proporre raccomandazioni utili in conformità con gli scopi e gli obiettivi che lo studio si era preposto.

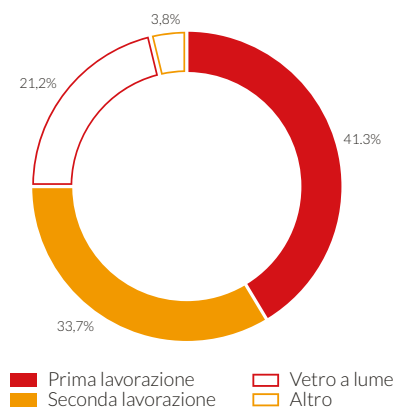
Un'altra caratteristica dell'analisi LCA è la possibilità di adattare, riassumere, enfatizzare o tralasciare parti dell'analisi senza danneggiare l'impostazione metodologica complessiva: questo consente di sfruttare l'approccio LCA in relazione allo scopo o all'ambito di indagine con il quale ci si confronta. Mantenendo il riferimento allo standard ISO è possibile sviluppare lievi o significative variazioni in base al contesto in cui l'analisi viene applicata. Inoltre, tanto quanto le dichiarazioni ambientali di prodotto, l'LCA è uno strumento fondamentale per creare le basi del *sustainability storytelling* i valori che si costruiscono attorno ad un prodotto, un'azienda o una ricerca necessitano di essere comunicati per sensibilizzare e coinvolgere il pubblico attraverso narrazioni e storie che, lungi dall'essere favole, devono basarsi su solidi principi.

L'iter metodologico e i suoi contenuti sono stati interpretati al fine di perseguire gli obiettivi della ricerca: essi non riguardano l'efficientamento energetico e ambientale dell'industria muranese del vetro, o il raggiungimento di etichettature ecologiche, quanto piuttosto l'individuazione delle fasi della filiera in cui vi è produzione e accumulo di scarto di vetro. Ciò al fine di offrire una quantificazione volumetrica e una catalogazione degli scarti in vista di possibili miglioramenti di processo e scenari di riciclo aperto. L'analisi dell'inventario^[9] è stata sviluppata attraverso l'osservazione e la documentazione fotografica e video di tre differenti lavorazioni del vetro artistico: la lavorazione delle perle a lume, la realizzazione di un oggetto complesso in vetro e la produzione di una vetrata. Poiché esterni al campo d'indagine, sono stati esclusi i dati relativi alle immissioni ed emissioni energetiche, le dinamiche di trasporto e l'impatto del *packaging*. L'analisi degli impatti è stata interpretata come l'analisi del problema degli scarti del vetro nel contesto muranese in relazione alle stime di produzione del vetro stesso.

TIPOLOGIE DI SECONDE LAVORAZIONI



ATTIVITÀ DELLE AZIENDE



02. Tipologie di lavorazione del vetro nell'area di Murano.

[9] L'analisi dell'inventario è il momento principe di una LCA, costruisce un modello analogico della realtà in grado di rappresentare gli scambi tra le singole operazioni appartenenti alla catena produttiva effettiva.

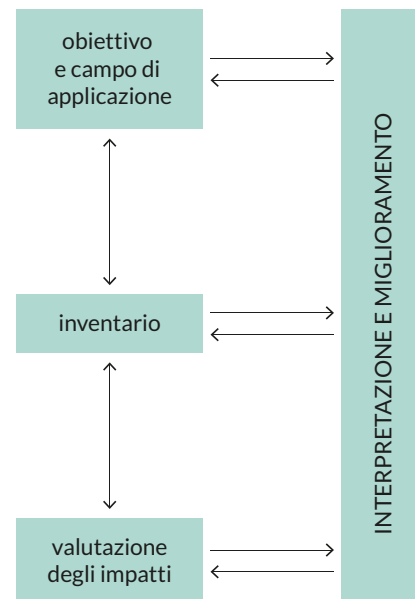
Seguendo questo metodo di lavoro sono emersi dati che manifestano quanto quello degli scarti del vetro di Murano sia un problema sottovalutato e sottostimato.

È stata osservata ed analizzata la realizzazione di:

- 12 perle a lume per opera di Alessandro Moretti;
- un pesce di vetro, oggetto iconico di Nicola Moretti;
- una vetrata di 25x25 cm realizzata da Stefano Bullo.

Le lavorazioni sono differenti per quantitativi di materia prima impiegata e per processi produttivi, caratterizzano l'arte dei maestri vetrai coinvolti nella ricerca e al contempo sono adatte per sviluppare quella generalizzazione dei dati che consente di effettuare stime a livello di distretto. Alessandro Moretti ha realizzato una serie di perle a lume surriscaldando con il cannello di alcune bacchette di vetro, modellando il vetro fuso su un bacchetto di rame, impiegando apposite pinze e alternando l'uso di vetri colorati per realizzare una decorazione a *pois* sulla superficie della perla. Il pesce di Nicola Moretti è stato realizzato con la tecnica del vetro soffiato: anche in questo caso la produzione prevede l'impiego di semilavorati (bacchette di vetro) che vengono fusi nella fornace per essere modellati e soffiati fino a ottenere la forma desiderata, una sfera molto schiacciata che costituisce il corpo del pesce. La lavorazione si arresta e il vetraio attende che il vetro soffiato si raffreddi per poi passare alla macchina per moleria, con la quale viene realizzata la base e la bocca del pesce. Lavorazione completamente differente e che non prevede la lavorazione a caldo del vetro è quella delle vetrata a rulli di Stefano Bullo, realizzata partendo dal taglio delle lastre e dei rulli nelle dimensioni necessarie a realizzare la vetrata progettata. I diversi pezzi, una volta ritagliati, vengono rilegati con dei profili in piombo che vengono saldati impiegando dello stagno successivamente brunito con un apposito acido per assumere quindi lo stesso colore del piombo.

Il confronto tra le lavorazioni mostra notevoli differenze nelle tipologie di scarto prodotto e nelle sue quantità, che sono state misurate in percentuale di kg di scarto sul totale del vetro impiegato per la lavorazione. La realizzazione del pesce richiede numerosi passaggi e, considerando scarto anche il vetro attaccato al fondo della canna, si è rilevato che il 45% del vetro utilizzato diviene materiale di scarto. Per le altre due lavorazioni, le perle a lume e la vetrata, è stata stimata invece una percentuale di scarto minore: rispettivamente il 25% e il 35%. Tali differenze sono essenzialmente dovute alla diversa natura delle lavorazioni artigianali: incidono sulla quantità di scarti soprattutto il numero e la serie di lavorazioni necessarie a realizzare l'oggetto finito, vanno considerati quindi i tempi di lavorazione e le diverse dimensioni degli artefatti. Di conseguenza gli sfridi di vetro sono differenti tra loro per quantità, per dimensioni fisiche e per contaminazioni chimiche e cromatiche presenti in essi.



03. Struttura dell'analisi Life Cycle Assessment (LCA) proposta dalla norma ISO 14040.

Uno studio realizzato dalla Stazione Sperimentale del Vetro (2011) stima che il 50% del vetro lavorato a Murano sia conferito in discarica. Il confronto tra tale dato e quelli ottenuti dall'analisi delle tre lavorazioni precedentemente descritte evidenzia una differenza: può essere in parte dovuto al fatto che le analisi effettuate non forniscono una esaustiva descrizione delle tecniche muranesi che includono anche altre produzioni, come ad esempio gli specchi. Inoltre, trattandosi di lavorazioni artigianali e non industriali o seriali, la quantità di sfridi prodotta è variabile. Si consideri infine anche che il vetro è un materiale "vivo", ciò vuol dire che un prodotto completamente finito può subire improvvise rotture dovute a tensioni interne al materiale che sono difficilmente prevedibili e controllabili ma che incidono sul totale di vetro di scarto. Per lo sviluppo di queste analisi è fondamentale l'impiego di uno strumento come LCA, poiché permette di valutare l'intera filiera produttiva e individuare i punti in cui intervenire sullo scarto, convertendolo in una nuova materia prima. Essendo LCA per sua natura uno strumento iterativo, le scelte e le modalità di intervento possono sempre essere valutate nel rispetto e al confronto con ogni filiera produttiva, prendendo in considerazione gli scarti e misurando gli impatti ambientali che potranno consentire di prevedere vantaggi, attivare strategie adeguate e, auspicabilmente, misurare in futuro i miglioramenti rispetto all'attuale stato di fatto.

Osservando i dati della Stazione Sperimentale del Vetro e le percentuali di scarto di ogni lavorazione analizzata, è possibile cedere ad una visione pessimistica e considerare gli scarti come dei problemi (e grandi percentuali di scarti equivalgono a grandi problemi). Il gruppo di ricerca ha scelto invece di leggere queste percentuali di vetro di scarto come la quantificazione di un'opportunità per innovare, per abbandonare il modello economico basato su un'economia lineare "prendi - produci (produci scarti) - usa - getta", e passare ad un'economia circolare. L'obiettivo della ricerca è infatti dimostrare la plausibilità di un'innovazione e l'auspicio è di intravedere un'innovazione della produzione in un'ottica più sostenibile, che prolunga il ciclo di vita dei prodotti, riduce l'impiego delle materie prime e la produzione dei rifiuti. In particolare, lavorando all'innalzamento della qualità della produzione, il riciclo e il riutilizzo permettono di trasformare i rifiuti sviluppati in vetreria in nuove materie prime, vere e proprie "materie prime seconde" che possono essere introdotte nuovamente nella produzione ridefinendo il ciclo di vita dei materiali e contribuendo a ridurre al minimo i rifiuti.

Il miglioramento dell'ecosistema delle attività produttive in Murano può sviluppare vantaggi economici diretti per le vetrerie che sceglieranno di non spendere per smaltire materiale ma che investiranno in innovazione della produzione. Le materie prime seconde^[10] riutilizzate all'interno di un ciclo produttivo, uguale o completamente diverso da quello che le ha

O4. Tipologia di scarto ottenuto dai processi di lavorazione del vetro in Murano, sfridi della lavorazione a lume.

[10] Sfridi di lavorazione di materie prime o, più in generale, materie prodotte tramite riciclo e impiegate per nuove produzioni.



generate, sviluppano un valore aggiunto sia in funzione del risparmio delle materie prime vergini che in virtù del vantaggio ambientale connesso alla riduzione dell'impatto ambientale.

Artigianato e industria 4.0

Molti fattori che minacciano la tenuta del comparto del vetro di Murano colpiscono da tempo anche l'intero settore dell'artigianato artistico italiano, che rappresenta un importante patrimonio culturale di tradizioni e tecniche di lavorazione che si tramandano da secoli e che nel corso del tempo hanno definito l'immagine dell'Italia nel mondo. Il settore dell'artigianato artistico è un settore fragile per sua natura, lo è per le dimensioni aziendali, per i mercati di riferimento, per le caratteristiche intrinseche del processo produttivo che non può prescindere da tecniche di lavorazione che richiedono tempi lunghi e che si fondano su saperi non scritti ma tramandati. Vanno poi considerati anche i costi gravosi che riguardano tanto le materie prime quanto la gestione dei rifiuti e la diminuzione o la scomparsa di una nuova generazione di artigiani capace di portare avanti antiche lavorazioni. Questo settore ha un peso significativo sull'economia del Paese non solo in termini economici ma anche e soprattutto perché è un fattore costitutivo dell'identità, delle tradizioni e della cultura dei luoghi e spesso una componente fondamentale della loro offerta turistica.

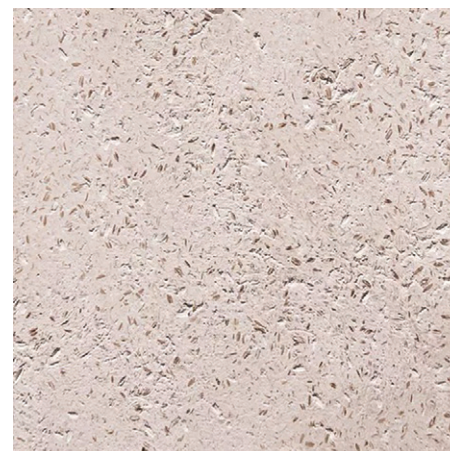
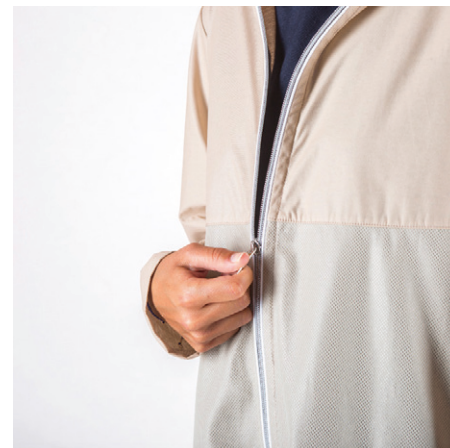
Il *Manifesto degli artigiani per una cultura digitale 4.0* al punto 6 afferma che “il futuro dell'economia italiana è nel valore artigiano [che] è la chiave della distinzione e l'assicurazione sulla vita del nostro sistema produttivo nella nascente economia del su misura. [...] Grazie alle tecnologie digitali, le straordinarie competenze, la flessibilità e creatività degli artigiani possono creare nuovi prodotti, conquistare nuovi mercati, raggiungere, grazie alle reti, obiettivi prima preclusi alle realtà di piccole dimensioni. Tutto senza perdere la tensione a produrre bellezza” (Confartigianato, 2017, p. 2). Rivalutare il lavoro manuale sembra essere la chiave di volta al rischio di estinzione di molti lavori artigianali e ad una situazione di estrema fragilità aggravata dal recente COVID-19: “La crisi, il calo dei consumi, le tasse, la mancanza di credito e l'impennata degli affitti - afferma il coordinatore dell'Ufficio studi Paolo Zabeo - sono le cause che hanno costretto molti artigiani a cessare l'attività” (Redazione Today economia, 2019).

Il punto 3 del *Manifesto* succitato spiega come “l'industria 4.0 deve essere una rivoluzione culturale”. Industria 4.0 è una formula sintetica per identificare la quarta rivoluzione industriale, una rivoluzione che non si esaurisce entro i confini della digitalizzazione in senso stretto: ha l'obiettivo di trasformare la catena produttiva rendendola intelligente ma deve anche

stimolare la creazione di nuovi materiali e l'ottimizzazione dell'impiego delle risorse attraverso la riduzione degli scarti e delle emissioni, considerando l'intero ciclo di vita del prodotto dalla fase di progettazione e sviluppo fino ad arrivare a quella di eliminazione e riciclo. L'incontro tra il saper fare artigianale e ricerca tecnologica può produrre soluzioni innovative ma è necessario capire in che modo questo incontro possa non essere occasionale: la ricerca applicata e la sperimentazione a favore delle piccole imprese e degli artigiani devono essere favorite e moltiplicate al fine di diventare trama di un nuovo tessuto produttivo fatto di innovazione ed eccellenza. La figura del designer, inteso come progettista in chiave *global thinker*, gioca un ruolo importante nel trovare nuovi e rispettosi modi di produrre e progettare che ottimizzino le fasi produttive esistenti per realizzare materiali. Queste scelte progettuali possono inoltre sviluppare racconti inediti che superano l'idea che associa l'artigianato al vecchio e il design al nuovo, portano l'attenzione dei consumatori non solo sulle qualità dell'artefatto ma anche sul processo progettuale e produttivo: una descrizione che a volte ha il fascino di una storia e che, se fondata su solide basi tecnologiche, diviene essa stessa una leva per il successo del prodotto (Barucco, 2014).

Numerosi sono i casi di Economia Circolare che non necessariamente abbattano (in termini assoluti) livelli di inquinamento o quantitativi di scarto massicci: la polvere del marmo delle cave di Carrara è oggetto di sperimentazioni nell'industria tessile (Fili Pari) (img. 05, 06), parte del latte in esubero prodotto in Italia diventa tessuto (Duedilatte), la pula del riso della pianura novarese e vercellese viene impiegata in edilizia con grande successo (RiceHouse). Spesso il riciclo di materiale di scarto non è percepito come un'urgenza perché output di lavorazioni antiche e artigianali di conclamata eccellenza mondiale o perché semplicemente non sono scarti inquinanti o tossici (come la pula del riso). La ricerca intende portare l'attenzione della comunità scientifica sull'importanza di investire in Economia Circolare anche in contesti estranei alle dinamiche dei grandi numeri.

Per intraprendere un percorso del genere, dove è necessario studiare e capire le lavorazioni artigianali, il materiale, il contesto geografico e quello sociale, è fondamentale osservare il processo di produzione di beni e di scarti da diversi punti di vista, raccogliendo informazioni attraverso il dialogo con artigiani, artisti, studiosi e tutti coloro che sono custodi di competenze, esperienze e saperi diversi: conoscenze che, unite insieme, permettono di convertire un problema come quello dei rifiuti in una nuova risorsa economica e sociale. Perciò la ricerca affronta il problema degli sfridi di vetro attraverso il dialogo con l'ecosistema muranese e a partire dalle relazioni tra progetto e ingegneria chimica, relazione fondamentale per capire caratteristiche, problematiche potenzialità del vetro di Murano.



05. Giubbotto ideato dal progetto Fili Pari e realizzato con scarti di marmo delle cave di Carrara. *Fili Pari*

06. RiceHouse, intonaco realizzato con la pula di scarto del riso di Novara. <https://www.ricehouse.it/> (ultima consultazione settembre 2021).





L'Età del vetro

Stefano Centenaro

Nel corso della storia dell'uomo, la scoperta e l'utilizzo di materiali nuovi e diversi ha permesso l'evoluzione della nostra società e cultura. L'Età della pietra ha definito un ampio periodo della Preistoria, durante il quale la pietra veniva utilizzata dall'uomo per realizzare oggetti di diversa natura: dagli utensili taglienti per incidere altri materiali come il legno, alle punte per le frecce e le lance utili per difendersi dai predatori. Il periodo terminò con l'avvento dell'Età del bronzo, contraddistinta dalla prima importante forma di lavorazione dei metalli: l'aggiunta volontaria di arsenico al rame. In Medio Oriente sono stati ritrovati manufatti in lega rame-arsenico risalenti al 3000 a.C., ma questi furono realizzati solo per un tempo limitato perché i fumi emessi dall'arsenico durante la fusione potevano uccidere le persone. Più sicura e utilizzata è la lega rame-stagno per la produzione del bronzo. Infine, l'Età del ferro, che gli storici sono soliti far iniziare tra il 1500 e il 1000 a.C. anche se il ferro meteorico (che ha un grande contenuto di nichel) già nel 4000 a.C. era utilizzato dalle popolazioni preistoriche per realizzare utensili e armi. Naturalmente la disponibilità di ferro meteorico è limitata perciò pietra, rame e bronzo furono i materiali più utilizzati fino al secondo millennio a.C., quando gli Ittiti scoprirono i segreti per ottenere quello che le antiche testimonianze scritte chiamano "ferro buono". Si trattava di una lega ferro-carbonio (acciaio) che era più dura del bronzo nonostante il contenuto di carbonio fosse solo dello 0,5% circa; non era ferro puro, che è più morbido del bronzo e si corrode facilmente se esposto all'aria e all'umidità. Questo percorso, fatto di sperimentazioni e scoperte, è lungo millenni bisognerà attendere molto tempo prima di veder riconosciuta l'influenza del carbonio sulla durezza dell'acciaio (Hummel, 2006).

Più di recente le epoche storiche sono state definite a seguito di fenomeni sociali, culturali e di transizioni tecnologiche di grande rilievo per l'umanità: si pensi all'era delle esplorazioni spaziali o all'era dell'informazione. È dunque anacronistico pensare di poter ancora definire un'era in funzione di un materiale? Non credono questo David L. Morse e Jeffrey W. Evenson, Vice Presidenti Esecutivi di Corning, una delle principali aziende innovatrici

al mondo nel campo della scienza dei materiali. Essi sostengono che, nonostante sia innegabile il passaggio a un mondo digitale e il crescente interesse per la realtà virtuale, i materiali rimangono gli elementi costitutivi della nostra società e cultura. In particolare, quella che stiamo vivendo oggi potrebbe essere definita come l'Età del vetro (Morse, 2016).

La prima ragione risiede nel ruolo centrale che il vetro ha nella nostra vita quotidiana: interagiamo con computer e smartphone attraverso schermi di vetro, scattiamo fotografie attraverso lenti di vetro, trasmettiamo e riceviamo informazioni tramite fibre di vetro. In secondo luogo, negli ultimi dieci anni sono state introdotte innovazioni che fino a poco tempo fa non avremmo potuto nemmeno immaginare, quali ad esempio l'impiego di tecniche di vetrificazione per convertire scorie nucleari pericolose in materiali inerti (Pinet, 2021), la realizzazione di vetri bioattivi che stimolano le difese immunitarie del corpo per curare le ferite (Mehrabi, 2020) oppure lo sviluppo di film sottili in vetro elettrocromico con cui rivestire le finestre "intelligenti" per migliorare l'efficienza energetica delle nostre case (Ji, 2018). Infine, l'Età del vetro è legata ai grandi passi avanti compiuti relativamente alla conoscenza di questo materiale. A Murano nel XV secolo Angelo Barovier creò un vetro straordinariamente trasparente chiamato "cristallo" fondendo solo le pietre di fiume più bianche con i residui purificati dalle ceneri delle piante alofite, ma non conosceva i meccanismi di interazione della silice con il sodio e il manganese. Oggi, invece, la comprensione della fisica e della chimica del vetro consente di passare dalla lunga sperimentazione per tentativi ed errori a sofisticate tecniche di modellazione per prevedere le proprietà e il comportamento che avrà un materiale.

Alla luce di quanto sopraelencato non resta che dare a tutti il benvenuto nell'Età del vetro.

La definizione di vetro da diversi punti di vista: artistico e scientifico

I maestri vetrai realizzano in Murano straordinari manufatti e parlano del loro lavoro e del vetro utilizzando definizioni sorprendenti: "decorativo e funzionale", "solido e liquido", "eterno e temporaneo" sono solo alcuni degli appellativi spesso ossimorici con cui i maestri vetrai descrivono la materia che plasmano ogni giorno nelle fornaci. Questa complessità, che di sovente è autocontraddittoria, è insita nello stato vetroso, come attestano anche le

molte definizioni del vetro date in due secoli dagli scienziati di tutto il mondo. Nel corso degli anni si è sviluppata una sempre più dettagliata e crescente conoscenza di questo materiale e, di conseguenza, anche le definizioni più tecniche sono state aggiornate. Ad esempio, il vetro non necessariamente si ottiene per raffreddamento di un fuso ad elevate temperature: altre vie per ottenere materiali vetrosi a temperature relativamente basse sono la tecnica sol-gel[1], la deposizione chimica da vapore (CVD)[2] e la deposizione fisica da vapore (PVD)[3].

Una definizione attualmente di largo uso in ambito scientifico è “il vetro è un solido non cristallino che presenta il fenomeno della transizione vetrosa” (Shelby, 2005, p. 3) ma, per comprendere la definizione, è necessario conoscere cosa significa transizione vetrosa[4]. Invece A. K. Varshneya definisce il vetro come “un solido avente una struttura non cristallina, che si trasforma progressivamente in un liquido al riscaldamento” (Varshneya, 2012, p. 17), evitando di introdurre il concetto di transizione vetrosa e dando una descrizione qualitativa del vetro di più diretta comprensione.

La maggior parte delle definizioni proposte negli ultimi decenni descrivono i vetri come liquidi o, più tipicamente, come solidi. E. D. Zanotto rivede queste definizioni alla luce delle seguenti considerazioni:

- la struttura del vetro è simile a quella del liquido sottoraffreddato da cui ha avuto origine;
- i vetri si comportano come solidi su una scala temporale umana, ma sono soggetti a fenomeni di rilassamento strutturale e di scorrimento viscoso a qualsiasi temperatura ($T > 0$ K) sotto l'azione della gravità;
- a seguito di trattamenti termici sufficientemente lunghi o nel limite di un tempo infinitamente lungo, il destino ultimo del vetro è quello di cristallizzare.

Una prima definizione molto intuitiva spiega che “il vetro è uno stato della materia non in equilibrio, non cristallino che - su una scala temporale breve - si comporta come un solido ma si rilassa progressivamente verso lo stato liquido” (Zanotto, 2017, p. 490). La seconda, più dettagliata, chiarisce meglio le proprietà generali del vetro: “Il vetro è un particolare stato della materia condensata, non cristallino e non in equilibrio, che mostra il tipico fenomeno della transizione vetrosa. Esso appare solido quando osservato su scale temporali tipiche della nostra vita quotidiana, ma in realtà sta continuando ad evolvere come in uno stato liquido sottoraffreddato. Il destino finale strutturale del vetro, nel limite di un tempo infinito, è quello di cristallizzare” (Zanotto, 2017, p. 490).

[1] Processo chimico di sintesi di materiali vetrosi e ceramici (rivestimenti, polveri, fibre, ecc.) attraverso il quale una sospensione colloidale (sol) si trasforma in un reticolo inorganico continuo (gel) attraverso fenomeni di idrolisi e condensazione. Successivi trattamenti termici di essiccamento e solidificazione vengono usualmente realizzati per eliminare la fase liquida contenuta nel gel, per promuovere un'ulteriore condensazione e per incrementare le proprietà meccaniche del materiale sintetizzato.

[2] Tecnica chimica di sintesi che consente di depositare su un substrato solido un rivestimento a partire da un precursore molecolare, che viene veicolato tramite una miscela di gas che si decompone (a pressione e temperature opportune) sulla superficie del substrato. La miscela di gas utilizzata consente al contempo di rimuovere i prodotti di decomposizione del precursore.

[3] Processo fisico di deposizione atomica tramite evaporazione di atomi e molecole da sorgenti solide e successiva loro condensazione sulla superficie del substrato in un ambiente di plasma. Può essere impiegato per realizzare rivestimenti sia di elementi singoli, sia di leghe o di composti.

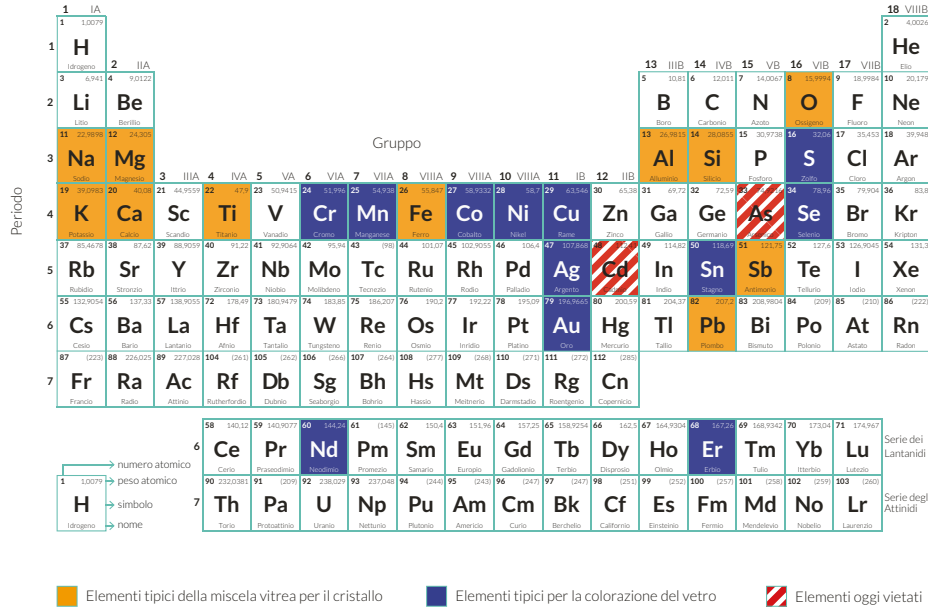
[4] Fenomeno che consiste in un passaggio graduale e reversibile di un materiale amorfo da uno stato cosiddetto “vetroso” (rigido e fragile) ad uno stato viscoso o gommoso al crescere della temperatura.

Le diverse forme del vetro: il Cristallo di Murano e la sua composizione

L'uomo utilizza il vetro da oltre un milione di anni, già nel paleolitico l'ossidiana veniva utilizzata per la realizzazione di utensili da taglio come coltelli o punte di freccia: questo materiale deve la sua formazione al rapido raffreddamento della lava felsica, che contiene un'ampia varietà di componenti quali elementi alcalini, alcalino-terrosi e ossidi di metalli di transizione. In particolare, la silice (SiO_2) in essa contenuta rende la lava piuttosto viscosa promuovendo, al raffreddamento, la formazione di una struttura amorfa vetrosa: l'ossidiana è un vetro vulcanico, la più importante e diffusa categoria dei "vetri naturali", ossia quei vetri che si formano spontaneamente in natura (McCloy, 2019). Invece il vetro che ci circonda nella vita di tutti i giorni, dalle lastre delle finestre agli schermi dei dispositivi elettronici, rientra nella famiglia dei "vetri artificiali", che comprende la grande maggioranza dei vetri commercialmente diffusi, a base di silice. Anche il vetro artistico di Murano rientra in questa categoria.

La silice è un ossido formatore perché da sola è in grado di dar luogo ad una struttura vetrosa. La struttura a livello atomico della silice consiste in un tetraedro in cui gli ossigeni occupano la posizione dei vertici mentre il silicio si trova al centro. Il vetro è costituito quindi da un reticolo dato dall'aggregazione di tante unità tetraedriche, ciascuna delle quali condivide con le unità vicine un atomo di ossigeno. Questi atomi di ossigeno, che collegano tra loro coppie di atomi di silicio, sono denominati ossigeni pontanti (*bridging oxygen*, BO) (Doremus, 1994). La silice si trova in natura e rappresenta il principale costituente della sabbia, ma la sabbia impiegata per la produzione di vetro artistico deve essere molto pura: le impurezze di ferro possono indurre nel vetro colorazioni che possono andare dal giallo chiaro al verde-azzurro, a seconda delle condizioni di fusione della miscela vetrosa (ossidanti o riducenti). In particolare, la presenza di soli ioni Fe^{2+} induce una colorazione azzurro cielo, mentre la presenza combinata di ioni Fe^{2+} e Fe^{3+} comporta una colorazione verde; la presenza di soli ioni Fe^{3+} induce una colorazione giallo chiaro (Bidegaray, 2020). Per poter ottenere vetro incolore occorre utilizzare sabbia di cava e sottoporla a processi di purificazione; in alternativa si possono impiegare agenti decoloranti come il biossido di manganese. Questa strategia era conosciuta fin dai tempi degli antichi Romani (Freestone, 2015), tuttavia padroneggiare la tecnica di decolorazione del vetro era

01. Individuazione nella tavola periodica degli elementi che caratterizzano il vetro.



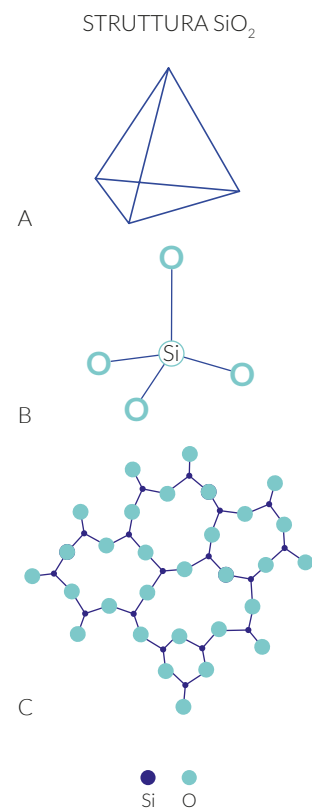
tutt'altro che semplice: Plinio narra che Nerone fu disposto a pagare 6.000 sesterzi (corrispondenti attualmente a circa 250.000 \$) per acquistare due coppe in vetro di modesta dimensione ma dalla perfetta trasparenza (Secundus, 1978).

La sabbia di silice non è l'unico costituente del vetro di Murano: il secondo componente fondamentale è l'ossido di sodio (Na_2O). Un ossido modificatore che, aggiunto alla silice (ossido formatore), ne modifica il reticolo interrompendone la continuità e dando luogo alla formazione di ossigeni non pontanti (*non-bridging oxygen*, NBO), ossia ossigeni legati ad un solo atomo di silicio. L'interruzione locale della continuità del reticolo di silice ne causa l'indebolimento e quindi determina importanti cambiamenti nelle proprietà chimico-fisiche del vetro: in particolare si abbassa la temperatura di transizione vetrosa e si riduce la viscosità del fuso permettendo di ottenere un vetro lavorabile a temperature molto inferiori rispetto ad un vetro di pura silice (Bourhis, 2014). Senza la silice, gli ossidi modificatori non sono in grado di dar luogo autonomamente a una struttura vetrosa ma le loro caratteristiche sono fondamentali per lavorare più agevolmente ed economicamente il vetro, soprattutto in ambito artistico, in cui ogni lavorazione è artigianale e può richiedere anche qualche decina di minuti.

Anche l'ossido di calcio (CaO), terzo componente base del vetro di Murano, rientra nella famiglia degli ossidi modificatori. I cationi modificatori alcalini introdotti grazie all'aggiunta di Na_2O sono monovalenti (Na^+), ossia più debolmente legati e quindi relativamente più liberi di diffondersi attraverso la struttura del vetro. Invece i cationi alcalino-terrosi introdotti grazie all'aggiunta di CaO sono bivalenti (Ca^{2+}), ossia più fortemente legati e quindi assai più sfavoriti nella possibile diffusione all'interno della struttura del vetro. A parità di quantità di ossidi modificatori aggiunti, la frammentazione del reticolo - ossia il rapporto tra NBO e BO - sarà la stessa indipendentemente dalla tipologia di ossidi modificatori introdotti; tuttavia, le proprietà del vetro che si ottengono aggiungendo o l'uno o l'altro o entrambi, sono sensibilmente differenti. Aggiungendo CaO al vetro di SiO_2 modificato con Na_2O , si ha una maggiore stabilità chimica del vetro (Scholze, 1991) (img. 03). La durabilità chimica è anch'essa una proprietà altamente desiderabile nel campo del vetro artistico perché rende i manufatti realizzati dai maestri più resistenti agli agenti atmosferici (ad esempio l'umidità) che potrebbero alterare l'aspetto superficiale dell'oggetto e la sua stabilità.

A Murano gli ossidi di sodio e di calcio vengono introdotti nella bocca del forno, insieme alla sabbia di silice, rispettivamente sotto forma di carbonato di sodio e carbonato di calcio. Il primo viene ottenuto tramite processo Solvay, utilizzando come materia prima il calcare proveniente da particolari cave. Il secondo viene estratto, con un grado di purezza adeguato, da cave di marmo o rocce calcaree in generale.

La "ricetta" del vetro necessita ancora di piccoli ma fondamentali ingredienti, ovvero minime quantità di altri composti noti come affinantanti. Durante i primi stadi della fusione del vetro le reazioni dei carbonati presenti nella miscela vetrificabile formano numerose piccole bolle di anidride carbonica che devono essere eliminate dal vetro fuso. Gli affinantanti favoriscono e accelerano l'eliminazione delle bolle perché nella fase finale del processo di fusione, quando la temperatura raggiunge il suo massimo valore, si decompongono sviluppando bolle di grandi dimensioni (dell'ordine di alcuni millimetri) all'interno della massa fusa. A parità di viscosità del fuso, la velocità ascensionale di una bolla è direttamente proporzionale al quadrato del suo raggio (legge di Stokes): ne consegue che nel loro moto verso la superficie del bagno le bolle prodotte dagli affinantanti inglobano e trasciano le bolle più piccole favorendone l'eliminazione dal fuso (Verheijen, 2019). Attualmente, gli affinantanti sono a base di triossido di antimonio e nitrati di metalli alcalini (Trough, 2017).



02. Il reticolo della molecola di silice SiO_2 ; rappresentazione della geometria tetraedrica della silice (A); rappresentazione tridimensionale della silice (B); rappresentazione bidimensionale del reticolo di silice (C).

Il vetro artistico di Murano: un mondo di colori

Oltre alla tradizione e alla millenaria cultura del vetro, la ragione che rende il vetro artistico prodotto a Murano tanto apprezzato a livello internazionale è l'estrema varietà e brillantezza di colori. Il colore che percepiamo quando guardiamo un oggetto dipende:

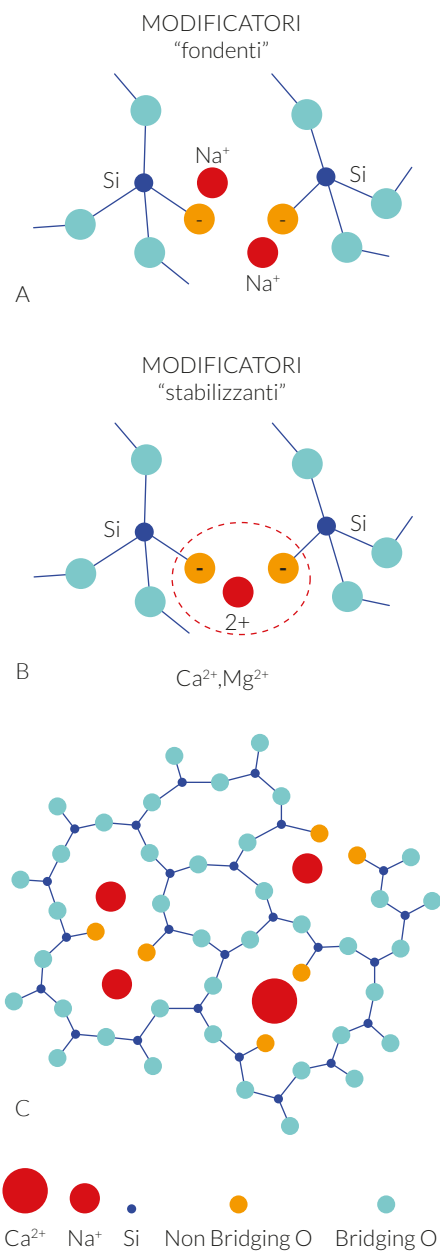
- dalla tipologia di sorgente luminosa che colpisce l'oggetto;
- dal modo in cui la luce interagisce con l'oggetto;
- dalla struttura anatomica e fisiologica del nostro occhio.

Per quanto riguarda il primo punto, è di esperienza comune notare quanto cambino i colori degli oggetti quando essi sono esposti a diverse tipologie di luce artificiale oppure al variare dello spettro della luce del sole, al passare delle ore o per la presenza o l'assenza di nuvole, oppure ancora in relazione alle differenti stagioni. Queste sorgenti luminose consentono di osservare variazioni spettrali molto importanti. Se osserviamo la luce prodotta dal Sole e quella che dal Sole giunge alla superficie terrestre, si possono notare piccole perdite di intensità in funzione della lunghezza d'onda che corrispondono all'assorbimento da parte di alcuni costituenti dell'atmosfera. Nel caso della luce emessa da una lampadina ad incandescenza possiamo notare un aspetto continuo dello spettro luminoso, a differenza della distribuzione discreta caratteristica di un comune diodo ad emissione di luce (LED) o dello spettro fortemente discontinuo delle lampade a fluorescenza. Queste possibili differenze degli spettri della luce che colpisce ogni oggetto possono influenzare notevolmente la nostra percezione del colore (De Ligny, 2019).

In merito all'interazione tra luce e materia, quando la luce di una determinata intensità (I_0) interagisce con la materia, essa può essere:

- riflessa (I_R);
- trasmessa (I_T);
- assorbita (I_A);
- diffusa in tutte le direzioni (I_D).

Il fenomeno che principalmente determina la colorazione del vetro è l'assorbimento selettivo di determinate lunghezze d'onda della luce. Questo fenomeno può avere origini diverse, ma il più importante è l'assorbimento dovuto alle transizioni elettroniche all'interno degli atomi: ciò si manifesta soprattutto introducendo nel vetro ioni polivalenti, principalmente riconducibili ai metalli di transizione o ad alcuni elementi delle cosiddette "terre



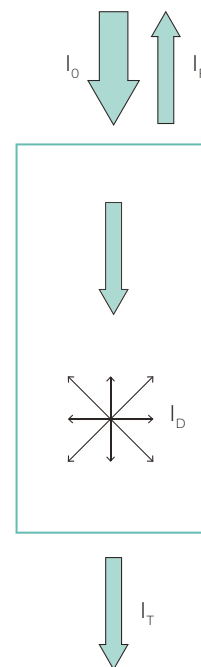
03. Tipologie di modifica del reticolo della silice: azione cationi modificatori monovalenti sul reticolo di silice (A); azione cationi modificatori bivalenti sul reticolo di silice (B); azione sinergica dei cationi modificatori monovalenti e bivalenti sul reticolo di silice (C).



04. Esempio di colorazione del vetro artistico di Murano, opera di Lino Tagliapietra.

rare". Questi elementi mostrano transizioni elettroniche che corrispondono ad assorbimenti nella regione delle lunghezze d'onda dello spettro elettromagnetico (che per noi corrisponde alla luce visibile) contribuendo così a una colorazione del vetro (Vogel, 1994). Un esempio a cui si è fatto cenno precedentemente è il vetro archeologico: le impurità di ferro all'interno della silice assorbono alcune lunghezze d'onda della luce incidente e quindi appaiono colorazioni caratteristiche, che vanno dal giallo chiaro al blu e al verde in base alla valenza assunta dallo ione ferro. Oltre all'assorbimento, anche la riflessione e la diffusione della luce possono influenzare la percezione del colore degli oggetti in vetro: il vetro di cui è fatta la coppa di Licurgo contiene nano-particelle colloidali di oro e argento che inducono la coesistenza di due processi ottici, l'assorbimento e la diffusione. Più in dettaglio, la coppa di Licurgo cambia il suo colore a seconda dell'orientamento della luce: se essa proviene dall'interno della coppa (e si osserva dall'esterno la luce trasmessa) prevale il fenomeno dell'assorbimento e la coppa appare rossa agli occhi dell'osservatore. Viceversa, se la luce che illumina la coppa proviene dall'esterno (e si osserva la luce che viene riflessa dalla coppa) prevale il fenomeno della diffusione ed essa appare di colore verdastro (Dekker, 2020) (img. 05).

Per quanto riguarda il terzo aspetto, ovvero la struttura dell'occhio, vanno riconosciute le particolari cellule che sono in grado di convertire le onde elettromagnetiche (che costituiscono ciò che comunemente chiamiamo luce) in impulsi nervosi, questo avviene grazie a processi di natura chimica legati ai pigmenti organici che queste cellule contengono. Nell'occhio sono presenti delle cellule coniche, particolarmente sensibili alla luce diurna, che permettono di percepire i colori perché contengono pigmenti diversi tra loro, sensibili a lunghezze d'onda differenti. Ci sono al contempo cellule a forma di bastoncelli, molto sensibili anche in caso di intensità luminosa molto bassa (luce notturna) ma che non consentono di percepire differenze cromatiche: queste permettono di vedere soltanto nella scala dei grigi. Gli occhi umani consentono di vedere in modo diverso da quello di altri essere viventi, ad esempio le cocorite hanno cellule recettive sensibili anche ai raggi ultravioletti: distinguono molto bene i colori e riescono ad apprezzare varietà di tonalità assai superiori a quelle visibili all'occhio umano (Pearn, 2001). La capacità di poter osservare il mondo a colori, aspetto che si è abituati a dare per assodato, è dunque il frutto di un'articolata combinazione di diversi fattori, molto articolati e complessi.



05. Effetto dicroico della Coppa di Licurgo (immagine tratta da www.vanillamagazine.it, ultima consultazione luglio 2021).

06. Rappresentazione delle interazioni luce-materia.

Il riciclo del vetro: il caso di Murano

Il vetro è considerato un materiale “permanente”, ossia che può essere riciclato indefinitamente senza che se ne alterino le proprietà intrinseche. Fin dall’antichità la pratica del riciclo del vetro era ben nota: gli antichi Romani erano soliti frantumare il vetro trasparente o debolmente colorato dalle impurità di ferro per poi aggiungerlo alle materie prime per produrre nuovo vetro (riciclo a circuito chiuso). Il vetro colorato veniva invece frantumato e impiegato per realizzare le tesserine per i mosaici donando luminosità e brillantezza alle opere musive accanto alle più comuni tessere in pietra (riciclo a circuito aperto) (Paynter, 2016).

Oggi la produzione di vetro nella sola Unione Europea ha raggiunto un volume corrispondente a circa 40 milioni di tonnellate in peso. Di queste, oltre la metà riguardano il vetro per contenitori, ossia quello impiegato per una vasta gamma di imballaggi per alimenti e bevande nonché flaconi per profumeria, cosmetici e farmaceutici. A seguire, con circa una decina di milioni di tonnellate, si ha il vetro piano, utilizzato principalmente nell’edilizia (finestre e facciate) e nell’industria automobilistica (parabrezza, finestrini, specchietti e tettucci apribili) (Glass Alliance Europe, 2019). Date le quantità in gioco, pianificare attentamente il fine-vita di tutti questi diversi prodotti in vetro è di primaria importanza e il vetro artistico di Murano, data la sua natura artigianale, fatica a rientrare all’interno delle statistiche europee: con le sue diecimila tonnellate prodotte ogni anno, rappresenta una nicchia all’interno della produzione europea del vetro (SSV, 2011).

Tendenzialmente, il vetro viene riciclato secondo una forma di riciclo a circuito chiuso. Questo vale soprattutto per le bottiglie di vetro: il riciclo aiuta a risparmiare energia poiché i rottami di vetro fondono a una temperatura inferiore rispetto alle materie prime vergini. Questi vengono aggiunti ai carbonati di sodio e di calcio e alla sabbia di silice per realizzare nuovi prodotti in vetro. I maggiori problemi in questa forma di riciclo sono legati alla presenza di contaminanti, principalmente ceramiche, vetroceramiche e sostanze organiche, oltre che dai diversi colori dei rottami di vetro.

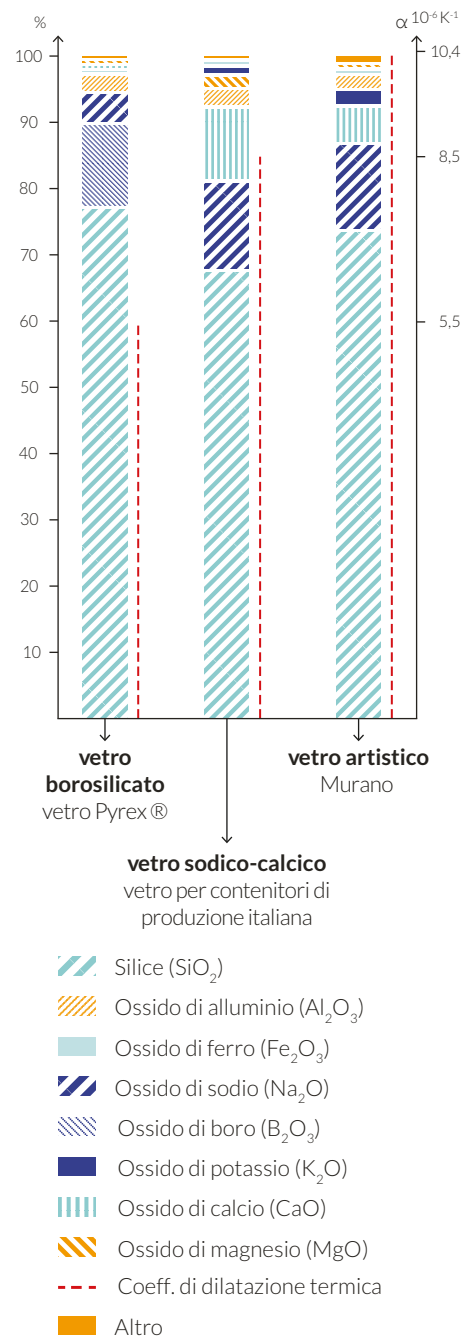
Per quanto riguarda il vetro artistico di Murano, i principali ostacoli fisico-chimici per l’avvio di circuiti chiusi o aperti di riciclo sono dovuti a:

- contaminanti di origine non vetrosa;
- vetro di diversa composizione;
- frammenti di vetro policromatici.

Le prime due problematiche sono comparabili a quelle del riciclo per il vetro dei contenitori, ciò che diversifica sensibilmente lo scarto del vetro di Murano è il terzo punto. Il vetro per contenitori, come quello impiegato per le bottiglie dell'acqua, della birra o del vino, presenta principalmente tre configurazioni cromatiche: trasparente, verde, ambra (FEVE, 2019). Le bottiglie vengono conferite nella raccolta differenziata separate per colore (in bidoni diversi) oppure vengono separate all'interno dell'impianto di riciclo grazie a opportune macchine ottiche selezionatrici. Separare il vetro per colori è molto importante per efficientare il processo di riciclo e anche perché ogni colore ha la sua funzione: il vetro trasparente non protegge dalla luce il prodotto contenuto e viene utilizzato, ad esempio, per contenere l'acqua; il vetro verde offre una maggiore protezione dalla luce e viene utilizzato, ad esempio, per contenere il vino; il vetro ambra offre una protezione dalla luce ancora migliore e viene spesso utilizzato per contenere la birra (il suo gusto potrebbe risultare alterato dall'assorbimento della luce). Quindi per realizzare una nuova bottiglia occorre rifondere vetro dello stesso colore se non si vogliono perdere le proprietà caratteristiche tipiche delle diverse colorazioni e se si vogliono evitare i problemi legati all'incompatibilità chimica e alla diversa temperatura di fusione dei frammenti (Lebullenger, 2019).

I colori rendono il vetro di Murano straordinariamente affascinante ma sono anche il suo tallone d'Achille per quanto concerne il riciclo: quasi sempre ci si trova di fronte a manufatti in cui vetri di diverso colore (rosso, giallo, verde, blu, azzurro) vengono combinati ed assemblati insieme e risulta quasi impossibile sviluppare una strategia di riciclo come quella descritta per il vetro in bottiglia, perché ogni colore risulta intimamente legato agli altri. Per questa ragione il vetro artistico muranese è un rifiuto speciale che deve essere trasportato fuori dall'isola, trattato opportunamente ed infine smaltito.

È quindi importante studiare e sperimentare nuove strategie di riciclo che siano sostenibili dal punto di vista ambientale ed economico e che permettano di dare nuova vita a questi scarti così peculiari, ricchi di storia e di sapienza; possibilmente lavorando in Murano, affinché il frutto del riciclo sia un prodotto descrivibile in virtù della storia di sperimentazioni e innovazioni che rende ricca e notissima la tradizione dei vetrai muranesi.



07. Composizioni di diverse tipologie di vetro associate ai corrispettivi coefficienti di dilatazione termica.





L'Economia Circolare del vetro artistico

Paola Careno

Murano è l'isola del vetro, il vetro veneziano ha una storia millenaria che risale all'epoca romana quando in molte città della costiera dell'Alto Adriatico si praticava l'arte vetraria (Barovier Mentasti, 2015). La sua fama però ebbe inizio nel XV secolo, quando al vetro islamico fu preferito quello realizzato a Venezia e Angelo Barovier inventò il vetro cristallo, il bianco lattimo e il variegato calcedonio. Nel Rinascimento, inoltre, vennero sviluppate nuove tecniche di lavorazione come la filigrana a retortoli, a reticello, e l'incisione a punta di diamante, che sancirono la supremazia assoluta della vetraria veneziana (Barovier Mentasti *et al.*, 2003).

L'insediamento dell'arte vetraria nella laguna di Venezia è precedente alla fondazione della stessa Murano, sorta in un secondo momento: in un documento depositato presso l'Archivio di Stato di Venezia datato 982 si fa riferimento a un certo Domenico che viene chiamato *fiularius*, ossia vetrario (Barovier Mentasti, 2009). Nel 1291 la produzione di vetro viene concentrata nell'isola di Murano a seguito del decreto del Maggior Consiglio, mosso da ragioni di segretezza e di sicurezza assieme. I segreti legati alle lavorazioni e alle tecniche produttive erano severamente sorvegliati con apposite disposizioni e la concentrazione delle lavorazioni in una zona contingentata avrebbe garantito l'isolamento e un più sicuro controllo. Inoltre così facendo venivano ridotti sia la dispersione dei fumi generati dalla lavorazione, sia il rischio di incendi provocati dai forni a ciclo continuo, che avrebbero avuto effetti nefasti sulla città di Venezia.

Per queste ragioni si può sostenere che il Distretto del Vetro Artistico di Murano e del Vetro del Veneziano, riconosciuto con DGR n. 2415 datato 16 dicembre 2014^[1], nacque ben prima di questa sua ufficializzazione e a seguito di contingenze storiche e culturali. Oggi la definizione di distretto assume rilevanza sul mercato, ad esempio solamente le imprese presenti sul territorio insulare possono marchiare le produzioni con la dicitura *made in Murano*. Il distretto conta complessivamente 418 aziende localizzate principalmente nella provincia di Venezia ma anche nelle province di Padova e Treviso, ed è caratterizzato da una produzione di vetro artistico, vetro cavo,

[1] La legge regionale 30 maggio 2014, n. 13 "Disciplina dei distretti industriali, delle reti innovative regionali e delle aggregazioni di imprese" istituisce i distretti industriali quali sistemi produttivi locali insediati all'interno di una parte definita del territorio regionale, caratterizzata da un'elevata concentrazione di imprese manifatturiere artigianali e industriali, con prevalenza di piccole e medie imprese, operanti su specifiche filiere produttive o in filiere a queste correlate e rilevanti per l'economia regionale, definendo, nel contempo, i criteri per l'individuazione, da parte della Giunta regionale, dei singoli distretti industriali. Con deliberazione n. 2415 del 16 dicembre 2014 "Individuazione Distretti industriali. L.R. 30 maggio 2014, n. 13, articolo 3, comma 1. Deliberazione n. 143/CR del 29 settembre 2014", la Giunta regionale ha individuato all'interno del territorio regionale del Veneto diciassette distretti industriali, definendone il relativo ambito territoriale e settoriale.

vetro piano, per l'edilizia e affini. Ancora oggi le aziende che producono vetro artistico sono localizzate prevalentemente a Murano.

Un'indagine quantitativa e qualitativa realizzata nel 2020 dal Consorzio Promovetro stima che attualmente, sull'isola, le imprese dedite alla produzione del vetro artistico di prima e seconda lavorazione^[2] siano circa 150 e che il numero di addetti occupati conti poco meno di 800 unità (Piano Operativo 2020-2023). Si tratta principalmente di realtà artigianali e a conduzione familiare, con tecnologie e *know-how* che vengono tramandati di generazione in generazione, sebbene siano ancora presenti alcuni grandi marchi.

L'isola di vetro

L'isola di vetro, nel corso della sua storia ha vissuto numerose crisi: ad esempio la concorrenza del vetro di Boemia nel '700, la caduta della Serenissima nel 1797 a seguito della quale la tradizione vetraria veneziana sembrò definitivamente conclusa, la rivoluzione industriale a fine '800 che sconvolse la produzione del vetro d'uso conseguentemente all'automazione nella produzione di contenitori e lastre di grandi dimensioni. Murano tuttavia ha sempre reagito ripristinando il proprio primato mediante innovazioni tecniche o lungimiranti *revival*, come nel caso della murrina (img. 01), una tecnica non più praticata dall'epoca romana e recuperata solo dopo il 1860, periodo in cui il vetro veneziano risorse a nuova vita, tornando prepotentemente di moda grazie alla capacità dei vetrai di recuperare tecniche e lavorazioni perdute (Barovier Mentasti *et al.*, 2003). Oggi l'isola di Murano, unica, resiliente e fragile come i vetri che produce, soffre le conseguenze della recente pandemia da COVID-19; conseguenze che hanno ridotto o azzerato il fatturato, gli ordini, e hanno costretto a rivedere al ribasso i dati occupazionali a livello di comparto (Lamberti, 2020). Incidono fortemente anche i costi dell'energia e del gas metano che alimentano le fornaci: molti laboratori hanno chiuso negli ultimi mesi del 2021. Ma queste difficoltà rappresentano solo la punta dell'iceberg di uno stato di crisi che Murano vive da molto più tempo.

Dal 1961 ad oggi Murano ha registrato un vistoso calo occupazionale (Tosi, 2004), viceversa, fino a quegli anni, la percentuale di addetti nel settore vetraio era molto rilevante, vi erano fabbriche di media-grande dimensione e alcune contavano più di mille dipendenti. Sono intercorse annate di ripresa come nei bienni 1975-77 e 1985-86 ma la tendenza è chiara: nel 1971 si contano nell'isola 3142 addetti, nel 1981 sono 2290, circa 2000 negli anni Novanta e 800 nel 2010 (Pison *et al.*, 2013). Negli anni Sessanta il 24% delle aziende ha più di 100 addetti e il 31% è di medie dimensioni (dai 50 ai 90 addetti). "Nel 1971 c'è una drastica riduzione delle aziende con oltre 100 ad-



01. Murrine policrome a cannette, 1930. Museo del Vetro di Murano

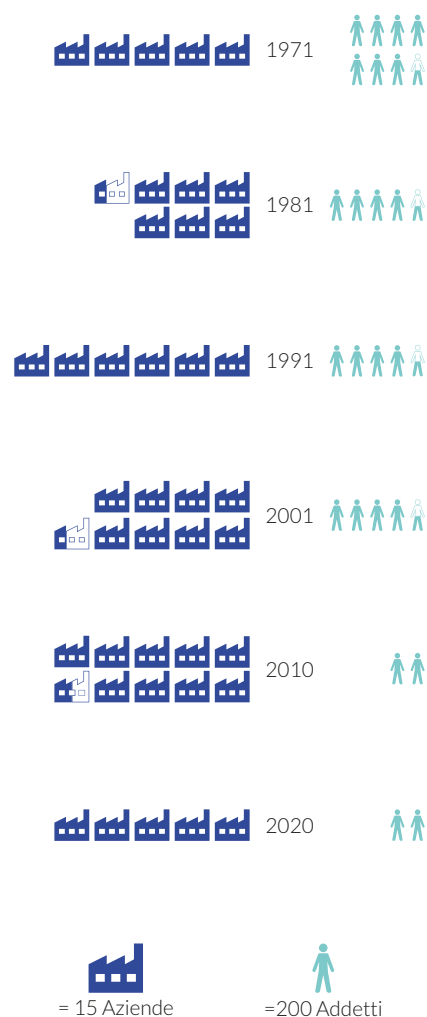
[2] Le lavorazioni del vetro di Murano vengono spesso distinte in due classi: prima lavorazione e seconda lavorazione. Rientrano nella prima categoria i procedimenti che utilizzano le materie prime ossia sabbia, soda e altri composti oppure il vetro grezzo detto cotisso. Questi elementi vengono fusi in forni specializzati al fine di ottenere la miscela vitrea che successivamente viene lavorata. Fanno parte invece della seconda lavorazione l'elaborazione a lume con l'utilizzo di bacchette di vetro, la vetrofusione e le lavorazioni a freddo quali la decorazione, l'incisione e la molatura. La prima lavorazione include: avventurina, cristallo, filigrana, lattimo, soffiatura, sommerso. La seconda lavorazione include: conterie, decorato a smalto, millefiori, molatura, specchio, vetro fusione, vetro murrino.

detti per effetto di trasferimenti, cessazioni di attività, sdoppiamenti in loco, cui corrisponde un proliferare di aziende ridotte, sotto i 10 addetti, che negli anni Ottanta e Novanta passano a rappresentare il 60% di tutte le imprese” (Tosi, 2004, p.15), la maggior parte di esse con una media di 5 dipendenti. Un “fenomeno tipico di altre zone monoculturali” (Tosi, 2004, p.19). Nel 2020 le aziende attive in isola hanno raggiunto il numero di 150 (img. 02). La piccola dimensione delle aziende è sempre stata un tratto caratteristico della struttura produttiva italiana e un aspetto che è andato accentuandosi negli ultimi anni, infatti oggi l’isola di Murano è caratterizzata per la maggior parte da microimprese, il più delle volte a conduzione familiare.

Gli equilibri economici e produttivi in Murano vennero incrinati anche alla fine degli anni '90, quando furono eliminati gli incentivi per l’acquisto del gas metano fino a quel momento concessi alle vetrerie muranesi: questo ebbe un impatto molto rilevante in quanto l’energia (prima pagata solo al 40% del prezzo di mercato) divenne la voce di costo più importante, più alta anche di quella del personale. Le fornaci inoltre dovettero adeguarsi alle normative relative alla sicurezza sul luogo di lavoro e all’inquinamento produttivo. In particolare, le norme in fatto di inquinamento hanno portato a vietare nel 2014 l’utilizzo del triossido di diarsenico (As_2O_3) solitamente utilizzato come affinante all’interno della miscela vetrificabile e ora sostituito da altre sostanze, come l’antimonio, che tuttavia comportano dei problemi quali la difficoltà nel controllo del grado di opacità e la necessità di riscaldamenti e raffreddamenti ripetuti del manufatto, con conseguenti maggiori quantità di scarto legate a colorazioni indesiderate o a rotture.

Stesso destino è toccato al cadmio nel 2018, sostanza considerata cancerogena dall’Unione Europea, ma ingrediente fondamentale per ottenere il rosso rubino, che è uno dei più caratteristici colori di Murano; in Giappone è stato sperimentato un possibile sostituto del cadmio, ma i costi sono elevati e insostenibili dalle vetrerie muranesi (AA.VV., 2018). Il problema legato alla tossicità del *siribiti*, miscela in polvere finissima di calce spenta e carbone di legna dolce, causò la scomparsa della lavorazione delle perline di conteria che non vennero più prodotte dal 2001 ma che dal 17 dicembre 2020 risultano iscritte nella lista del Patrimonio Culturale Immateriale dell’Umanità dell’Unesco assieme alla realizzazione delle perle a lume (Unesco, 2020).

Dunque oggi, ancora una volta, Murano sta lavorando per innovare: la contingenza storica e le opportunità legate alle nuove tecnologie sono oggetto del lavoro di ricercatori e produttori che si stanno adoperando per sviluppare soluzioni, produzioni, strumenti e idee compatibili e valorizzanti le lavorazioni in isola. Un’isola dove la conservazione della tradizione, la stretta convivenza, il legame di parentela e il valore della produzione hanno grande peso e costituiscono ancora una ragione di sopravvivenza (Tosi, 2004) oltre che d’eccellenza.



02. Calo occupazionale nelle vetrerie di Murano dal 1961 a oggi (si veda paragrafo L’isola di vetro).



Chiudere il cerchio

Uno dei principali problemi degli scarti di lavorazione del vetro di Murano è che questi sono e sono stati per molto tempo accumulati, in attesa di destinazioni valorizzanti. Fino a non molto tempo fa, ad esempio, a Sacca San Mattia era possibile raccogliere pezzi informi di vetro, parti di lampadari, gambi di bicchieri, resti della produzione delle vetrerie; Sacca San Mattia era un luogo di raccolta e accumulo degli scarti della lavorazione del vetro (Marzo, 2019). Anche negli scavi pompeiani sono stati rinvenuti grandi contenitori pieni di vetro rotto: essi suggeriscono come nel periodo imperiale romano fosse pratica comune presso i ceti sociali più poveri raccogliere e accumulare rottami di vetro per venderli a fornitori di laboratori secondari, all'epoca infatti il vetro rotto veniva usato per abbassare la temperatura di fusione del vetro grezzo e pare che fosse pratica comune venderlo in cambio di zolfo (Barovier Mentasti *et al.*, 2003).

L'isola di Murano non è del tutto estranea a virtuose pratiche di riciclo o riuso del vetro: il vetro di scarto proveniente dalla realizzazione delle vetrate di Stefano Bullo, adeguatamente distinto per colore, spesso viene rifiuto per realizzare nuovi rulli di vetro; i piccoli scarti della lavorazione a lume, gocce di vetro o fondi di canne, invece di essere conferiti in discarica possono essere riutilizzati per decorare le cosiddette perle a *macie* caratterizzate per l'appunto da tante macchie colorate sulla superficie. Non è inusuale che il materiale di risulta delle lavorazioni di sabbiatura, che ultimata la lavorazione ha una granulometria ridotta, venga ceduto a qualcun altro interessato a materiali per sabbiatura di quelle dimensioni.

Procedimenti di riuso degli scarti si ritrovano anche nella lavorazione del vetro soffiato: alcuni ritagli di vetro, invece di essere scartati, possono essere composti per dare origine a nuovi oggetti analogamente a quanto avviene con una composizione di murrine.

Tuttavia, nonostante questi virtuosi esempi, il passaggio da un sistema produttivo lineare a uno circolare non è affatto concluso. Se da una parte è vero che “non può esservi bottega d'artista senza cumulo di rifiuti” (Bauman, 2003, p. 29) dall'altra è vero anche che la pratica dell'*upcycling*, ovvero della valorizzazione dello scarto – come spiega Dario Savini (Bompan, Brambilla, 2016) – si sta diffondendo sempre più nel mondo dell'artigianato di alta qualità e in quello artistico, oltrepassando i confini dei processi industriali nella consapevolezza che possa o debba diventare un *modus operandi* indipendentemente da ragionamenti di carattere strettamente quantitativo o economico. Si tratta di dare nuova vita, attraverso il progetto e lo sviluppo di nuovi processi (non solo creativi), a ciò che altrimenti andrebbe gettato via.

L'Economia Circolare nasce in antitesi a un modello economico linea-

03. Perle di Costantini Glassbeads di Alessandro Moretti.

re che si basa sulla dinamica del “prendi–produci–usa–getta” e non ha una definizione univoca (Stahel, 2019). La circolarità è sempre stata il principio guida della natura: Barry Commoner in *Il cerchio da chiudere* (1986) scrive che la sopravvivenza è divenuta possibile solo grazie alla comparsa dei primi organismi che svilupparono fotosintesi per riconvertire il primo rifiuto di una forma di vita, l’anidride carbonica, in sostanza alimentare, cioè in composti organici (Bompan *et al.*, 2016). Per evitare il destino degli abitanti di Leonia^[3] e scongiurare le conseguenze dell’economia lineare è necessario il passaggio da un ciclo di vita dei materiali *from cradle to grave*^[4] ad un ciclo *from cradle to cradle*^[5]: è necessaria un’acquisizione di responsabilità (Bompan, *et al.*, 2016) a livello diffuso perché gli obiettivi del pensiero circolare (così come della ricerca in corso) non si esauriscono nel chiudere il cerchio nella maniera più performante possibile ma nel potenziamento del valore. William McDonough^[6] è stato tra i primi e più grandi comunicatori nel sottolineare quanto sia importante incrementare il valore degli scarti: ciò che è comunemente identificato come un rifiuto deve essere inteso come un insieme di componenti biologiche, chimiche e tecniche (materiali) che possono essere disassemblate in unità più semplici allo scopo di rimanere nel ciclo economico per un uso nuovo e un nuovo scopo. La materia deve migliorare: deve avere sempre un uso e un valore, se possibile, superiore a quello iniziale.

Per comprendere l’ampiezza di sfumature e di possibilità che questo approccio possiede è congeniale riportare la suddivisione dei materiali proposta dalla Ellen MacArthur Foundation^[7], composta da quattro categorie:

- le vecchie glorie: facilmente recuperabili e con un buon livello di riciclabilità, sono materiali già sottoposti a percorsi di riciclo ma che spesso hanno lo svantaggio di perdere qualità. A questa categoria appartiene, ad esempio, la carta;
- i materiali dall’alto potenziale: disponibili in grande quantità ma manchevoli di soluzioni sistematiche per il riciclo. A questa categoria appartengono i polimeri, la cui formula complessa rende difficile la separazione tra le componenti e il cui riciclo ne muta qualità e purezza;
- i diamanti grezzi: materiali di cui sono state comprese le potenzialità ma dei quali i cicli di vita non sono ancora valorizzati appieno. Sono, ad esempio, tutti i sottoprodotti dei processi manifatturieri che attendono innovazioni tecnologiche per il loro impiego;
- i futuri successi: ad esempio i materiali dai cicli di impiego molto lunghi o a base biologica, sono materiali che possono permettere un miglioramento della produttività (Barucco, 2015).

La ricerca Murano Pixel offre il proprio contributo a tali riflessioni proponendo una quinta categoria di materiali: i casi studio. Cicli e ricicli esemplari non perché movimentano grossi quantitativi di scarti o risolvo-

[3] Leonia è una delle cinquantacinque “città invisibili” di Italo Calvino (1972). Gli abitanti di Leonia gettano costantemente oggetti vecchi o obsoleti per far posto a quelli nuovi. Ogni mattina gli spazzaturai “rimuovono i resti dell’esistenza di ieri” quasi fosse un rito, li portano al di fuori della città ma non si sa dove. Più la città si espande più cresce la fortezza di rimasugli indistruttibili che la circonda. Per Bauman(2003) gli abitanti di Leonia sono l’emblema della società consumista.

[4] *From cradle to grave*: dalla culla alla tomba.

[5] *From cradle to cradle*: dalla culla alla culla.

[6] William McDonough, architetto e leader riconosciuto a livello mondiale nello sviluppo e nel design sostenibile nonché pioniere dei concetti di Cradle to Cradle Design™, Circular Economy e Circular Carbon Economy e in particolare co-autore di *Cradle to Cradle: Remake The Way We Make Things*.

[7] La Ellen MacArthur Foundation è un ente benefico, nato nel 2010, che opera nel settore dell’Economia Circolare. Da sempre sostiene imprese ed enti di istruzione per accompagnarli all’interno dei processi di transizione *green*.



no problemi legati agli alti livelli di inquinamento. La ricerca è dedicata ad un materiale sfidante, per il quale nessuno esige un riciclo anche perché è l'output di lavorazioni artigiane antiche e legate alla realizzazione di opere d'arte di conclamata eccellenza a livello mondiale.

È importante chiarire la distinzione tra riciclaggio e riuso che, seppur simili, definiscono approcci diversi. Il riuso è quella attività che prevede il recupero del materiale, attraverso il riutilizzo del manufatto che è giunto a fine vita per la stessa funzione che aveva svolto nel corso del ciclo di vita utile, senza apportare sostanziali modifiche; com'è facilmente intuibile, l'attività del riuso è strettamente dipendente dal modo in cui vengono gestiti i manufatti a fine vita, questi infatti devono tornare al produttore in condizioni tali da essere idonei ad un nuovo impiego. Il riciclo invece prevede il riutilizzo della materia presente nei manufatti smaltiti per produrre nuovi oggetti risparmiando sulle materie prime e sulle risorse energetiche; il riciclo prevede la trasformazione chimica e fisica della materia per realizzare nuovi manufatti destinati ad ambiti anche differenti da quelli precedenti. Proprio su questo si possono individuare due strategie di riciclo in base al destino del materiale recuperato: il riciclo aperto e il riciclo chiuso. Il riciclo chiuso si ha quando il materiale scartato rientra in circolo nel medesimo processo che lo ha generato. Un sistema di riciclo aperto è invece caratterizzato dal fatto che il materiale di scarto delle linee di produzione, o quello giunto a fine vita, rientra in circolo in un processo diverso da quello originario coinvolgendo un cambiamento di proprietà.

Database

Una parte essenziale della ricerca è stata l'individuazione di esempi di riuso o riciclo del vetro, sia esso vetro artistico, vetro dell'edilizia delle finestre o quello proveniente dalle campane della raccolta differenziata. Questo lavoro ha ispirato la realizzazione di un database online^[8] utile alla catalogazione ma anche a realizzare uno spazio virtuale consultabile, condivisibile ed editabile nel tempo. Ciascun caso studio è stato analizzato, corredato di scheda tecnica e catalogato secondo quattro macro categorie: rivestimenti, oggetti di design, isolanti, *filler*.

Il vetro proveniente da sfridi di lavorazione, oggetti rotti, frammenti di varie dimensioni, può essere ridotto a graniglia e riusato per molteplici funzioni: ad esempio come *filler* per cemento o resine o come elemento decorativo per giardini e camminamenti. Glass Mulch è una graniglia di vetro utilizzata come paccame: il vetro, al contrario del legno tradizionalmente utilizzato a questi fini, trattiene meglio l'umidità, riduce l'evaporazione con l'assorbimen-

[8] Il database elaborato durante la ricerca Murano Pixel è stato realizzato tramite la piattaforma online *Airtable*, un servizio di collaborazione *cloud*, fondato nel 2012 da Howie Liu, Andrew Ofstad ed Emmett Nicholas.



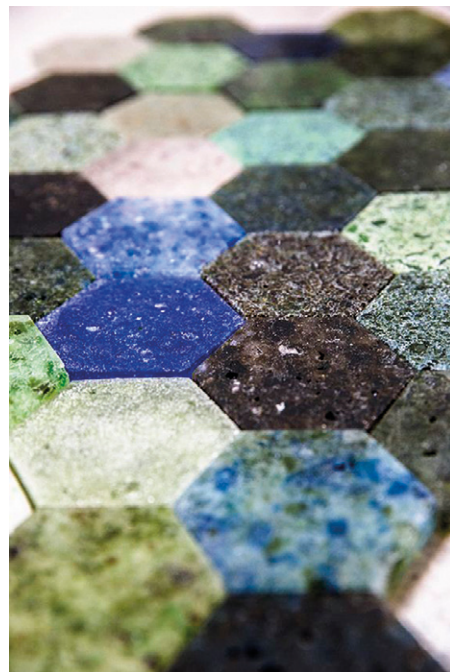
Murano Pixel database, *Airtable*

to d'acqua e resiste meglio all'erosione. Vi sono prodotti che usano gli sfridi di lavorazione del vetro come icona della propria estetica come la 152 Collezione del designer Lorenzo Damiani che realizza ciotole in vetro di Murano trasparente con all'interno scarti provenienti da varie vetrerie: il nome della collezione deriva del decreto legislativo 152/2006 che regola il trattamento dei rifiuti dannosi per l'uomo e l'ambiente e che include gli scarti di lavorazione del vetro artistico di Murano tra i rifiuti speciali e pericolosi. L'azienda Fiam recupera gli scarti di vetro ottenuti dalla lavorazione di Ragno, uno dei suoi prodotti iconici, e cinque designer sperimentano prodotti in vetro float riciclato dall'alto valore aggiunto.

Non mancano gli usi di scarti o polveri di vetro per isolanti. Un gruppo di ricerca dell'università di Trieste ha sviluppato un isolante realizzato con 80% vetro riciclato e 11% alghe, prodotto con reazioni chimiche e senza l'uso di calore, come accade invece per la maggior parte dei materiali isolanti. NOVEDI (No Vetro in Discarica) è un progetto europeo che in 3 anni ha visto lo sviluppo di una nuova tecnologia di trattamento dei vetri speciali (tra cui il vetro artistico) per realizzare una schiuma di vetro da impiegare nel settore edilizio. È stato sperimentato anche l'utilizzo del carburo di silicio (SiC) proveniente dalla lucidatura del vetro artistico di Murano come agente schiumogeno per la realizzazione di schiume di vetro come materiale isolante. I ricercatori della Deakin School of Engineering hanno scoperto che il vetro riciclato o di scarto può sostituire la sabbia per produrre il calcestruzzo polimerico nel settore delle costruzioni rendendo il materiale più resistente e più sostenibile.

Numerosi sono gli esempi di rivestimenti realizzati con percentuali più o meno alte di vetro riciclato. L'azienda Hisbalit realizza mosaici con vetro riciclato da avanzi industriali. Nerosicilia Group compone mosaici con i vetri dei vecchi monitor a tubo catodico. Glass Recycle Surface produce elementi piani con l'85% di vetro riciclato e aggregati di porcellana, e il 15 % di resina epossidica. Il londinese *GlassLab*, nato all'interno del progetto più ampio *Waste Labs* e dedicato alla differenziazione dei rifiuti, raccoglie gratuitamente gli sfridi di lavorazione in vetro dalle aziende iscritte nell'area londinese e, frantumandoli e unendoli ad una bio-resina vegetale che funge da legante, realizza prodotti resistenti a dalle buone prestazioni meccaniche. Ancora un esperimento sul riciclo del vetro di cristallo ha condotto a un materiale di design emotivo che pur perdendo la trasparenza del materiale d'origine perché fuso a temperature inferiori, ottiene un'opacità che tuttavia lo contraddistingue come materiale riciclato o nuovo materiale (img. 05).

La ricerca dei casi studio ha rappresentato un'occasione fondamentale di confronto che ha consentito di sviluppare una descrizione dello stato dell'arte ma soprattutto di discernere e valutare criticamente gli usi più idonei per gli scarti di produzione del vetro artistico di Murano e di conseguenza orientare le scelte affrontate durante la fase sperimentale della ricerca.



05. Alcuni prodotti realizzati da GlassLab, ottenuti dalla miscela di vetro di scarto frantumato con bio-resina vegetale. Tra i prodotti proposti, una piastrella esagonale, la cui composizione esalta i differenti toni di colore. *GlassLab*





GIOVANNA PALANDRI

Cancelliere dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti

La città di Venezia è punto di riferimento culturale in tutto il mondo, ricca di eventi: la Biennale, ma anche altri legati ad arti più specifiche, come quella del vetro. Attorno a questi eventi sono stati costruiti momenti di dibattito e dialogo tra figure da tutto il mondo...

Una volta conclusi i restauri di palazzo Franchetti, acquisito nel 1999, l'allora cancelliere, Sandro Franchini si pose il problema di trovare il tema più adatto per presentare il nuovo progetto culturale alla città parlando al contempo un linguaggio internazionale e veneziano. La scelta cadde sul vetro d'arte contemporanea con un occhio alle passate esperienze cittadine di *Aperto Vetro*, e uno sguardo allargato alla produzione artistica vetraria muranese e internazionale. La felice intuizione presa assieme al Consiglio di presidenza di quella volta (era il 2004, presidente Leopoldo Mazzarolli) è stata l'inizio di un percorso che ha allargato presso il pubblico più ampio, e non solo quello dei collezionisti e degli esperti, la percezione del prodotto vetro dandogli una dignità che esulava dal

mero prodotto commerciale. Nasce così la mostra *Vetri nel mondo*. Oggi, che rimane tuttora un punto di riferimento.

Fin dall'Ottocento l'Istituto si è occupato di vetro cercando di promuovere studi specifici e premi d'industria. Nel 2012 nascono gli *Study Days on Glass*, giunti oggi alla nona edizione (n.d.r. 2021), giornate di studio che vedono la partecipazione di esperti, conservatori di musei, studiosi, collezionisti, restauratori, artisti del vetro provenienti da tutta Europa e Stati Uniti. L'obiettivo è quello di offrire un'opportunità per studi approfonditi e incontri, con un ampio scambio di conoscenze e di esperienze.

Nel corso degli anni si sono consolidate numerose collaborazioni, con veri e propri esperti del settore del vetro. Tra tutti Rosa Barovier, storica del vetro, una delle figure di riferimento nel panorama internazionale per tutto quello che riguarda la materia vetro.

Lino Tagliapietra, ormai una star internazionale, colui che ha insegnato al mondo il vetro muranese, divenendo egli stesso un artista

raffinato. La sua mostra del 2011 a palazzo Franchetti è un altro dei tasselli fondamentali nel rapporto tra l'Istituto Veneto e Murano.

Non posso tacere poi di un'altra figura che va assolutamente ricordata nelle collaborazioni con l'Istituto Veneto, ed è Adriano Berengo che inventa il percorso di *Glasstress* nel piano nobile di palazzo Franchetti. Per nove anni Berengo coinvolgerà artisti di fama internazionale, come Robert Wilson e Ai Weiwei, invitandoli in fornace a cimentarsi con questo materiale.

È un'operazione che contraddistingue lo spirito muranese: in passato fu Egidio Costantini, fondatore della Fucina degli Angeli, a proporre qualcosa di analogo a vari artisti, tra i quali Picasso, Jan Arp e altri.

Lo spirito imprenditoriale muranese sta proprio in questo, nelle persone che si spingono oltre la loro bottega. La storia di The Venice Glass Week parte dall'incontro del mio predecessore Sandro Franchini con David Landau. Entrambi innamorati del vetro di Murano decisero di promuovere un festival del vetro, festival che negli anni ha sviluppato diverse forme e modalità di svolgimento.

The Venice Glass Week, ormai è diventata una realtà assodata ed è supportata, oltre che dall'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, dalla Fondazione Cini - Stanze del Vetro, Promovetro, Musei Civici e Comune di Venezia.

Oltre al supporto logistico e organizzativo, l'Istituto ha inserito nel programma del Festival alcune manifestazioni già attive come il premio *Glass in Venice* e gli *Study Days on Glass*.

Quale ruolo ritiene che abbia oggi il festival The Venice Glass Week nel panorama internazionale?

L'augurio principale è che l'impatto del festival in ambito internazionale cresca e, a livello locale, sia da stimolo per le attività del territorio. Vorremmo coinvolgere maggiormente i ragazzi nella consapevolezza di quale prezioso sapere è conservato nelle vetrerie di Murano. The Venice Glass Week ha quindi l'obiettivo di suscitare e mantenere vivo questo interesse e di stimolare la comunità locale, trasmettere il valore del prodotto artigianale muranese e il gusto per gli oggetti fatti con cura.

L'Istituto Veneto è orgoglioso di far parte di questo progetto che permette l'incontro con la realtà produttiva muranese e con chi da tutti i paesi del mondo ama e apprezza il nostro "saper fare... bene".

Gli artigiani e le botteghe che fanno parte del festival hanno la possibilità di incontrare persone di altrettanto livello e gli artisti internazionali sono curiosi di partecipare agli incontri e ai laboratori. La città entra in un gioco che la riguarda, riguarda la sua storia e una produzione tradizionale che si è sempre rinnovata nel tempo.

La collaborazione tra artisti e artigiani è molto stimolante, ma allo stesso modo può essere anche complessa, perché affianca due modi di pensare talvolta molto differenti. Secondo lei tra queste e altre figure, quali sono le più propense al cambiamento e all'innovazione?

Il maestro vetraio ha l'arte tra le mani, è come se possedesse la magia, un segreto. L'artista invece ha il sogno, ma deve entrare in sintonia con il maestro, perché non tutti i sogni sono realizzabili e solo l'inte-

GIOVANNA PALANDRI

razione può renderli possibili. L'opera finale è il connubio di entrambi, e per questo motivo non saprei distinguere quanta più innovazione possa apportare l'uno o l'altro. Ci sono poi figure che creano superando ogni ostacolo, ricordo ad esempio l'artista Toots Zynsky che realizza da sola straordinarie farfalle multicolori ottenute da migliaia di filamenti in un piccolo forno che non ha nulla a che vedere con le grandi fornaci. Si tratta di una tecnica molto particolare e sperimentale.

Il festival convive con la pandemia per la seconda volta, ma nonostante questo la manifestazione prosegue. Come ha influito l'emergenza sanitaria sull'organizzazione del festival?

Il festival è una realtà che negli anni si è consolidata, così come i rapporti di amicizia che ci legano gli uni agli altri: questa è stata la nostra forza nei momenti più critici derivanti dalla pandemia. C'è un'intesa umana forte e quindi anche una spinta coraggiosa nel fare le cose.

Nel 2020 è stato necessario molto coraggio, a giugno era ancora tutto

incerto e poter realizzare The Venice Glass Week sembrava una follia. Abbiamo costruito tutto con rigore, nulla è stato lasciato al caso: accessi contingentati e controlli, nessun aperitivo o buffet, nessun assemblamento. Nonostante queste restrizioni, l'evento ha avuto un riscontro molto buono.

Anche per il 2021 eravamo preoccupati per le difficoltà legate all'attuale crisi ma, grazie al contributo degli *sponsor* e alla collaborazione di figure ormai consolidate, siamo riusciti a costruire un'edizione di grande successo.

Ogni anno è una nuova esperienza, impariamo qualcosa di nuovo, conosciamo nuovi modi di utilizzare e creare il vetro assieme ai tanti giovani che collaborano e crescono con noi.

Accogliamo le sue parole con grande entusiasmo, perché ci aprono a prospettive virtuose, ci parlano di un'arte viva e al centro di interessi colti che travalicano i confini nazionali. Anche le parole del Maestro Lino Tagliapietra hanno questo spirito. Uno spirito che fa bene al nostro lavoro attuale e, soprattutto,

futuro (speriamo). Cosa suggerisce alle nuove generazioni che vogliono lavorare con i Maestri muranesi e vogliono contribuire alla ricchezza dell'arte vetraria in Venezia? E cosa può spingere nuove giovani leve e idee ad avvicinarsi a Murano?

Il vetro ha una grande vita davanti a sé. È un materiale povero e si può fare ovunque, sabbia, acqua fuoco sono i suoi elementi costitutivi. Ed è riciclabile, pulito, bello.

Venezia ha il dono della bellezza e a Murano quest'anno ho incontrato giovani, donne e ragazzi non veneziani che sono venuti qui per imparare e provare.

Questi due elementi, la sostenibilità e la bellezza, dovrebbero far capire ai giovani che il vetro è un mondo che vale la pena di essere vissuto.

CHIARA SQUARCINA

Dirigente della Fondazione Musei Civici di Venezia
Responsabile Museo del Vetro di Murano
Dirigente Area Musei

Il Museo del Vetro racchiude la storia e la bellezza dell'arte del vetro, conserva e racconta la cultura di Murano. Come nasce questo Museo?

Il Museo del Vetro di Murano - Fondazione Musei Civici di Venezia - nasce in un momento di crisi, in cui l'arte del vetro rischiava di andare perduta. Era il 1861 quando Vincenzo Zanetti ritenne necessario, ed eticamente determinante, recuperare un'arte che non si avvaleva di un insegnamento scolastico ma che era tramandata attraverso il lavoro in vetreria. Assieme a Antonio Colleoni, Zanetti raccoglie e organizza prima in una stanza di palazzo Giustinian (allora palazzo Comunale) e poi in uno spazio più ampio, quello che fu chiamato inizialmente Archivio Storico e che noi oggi consideriamo il nucleo di idee e di beni che hanno consentito la fondazione del Museo del Vetro. Vincenzo Zanetti aveva organizzato in un archivio una serie di disegni e oggetti di vetro rappresentativi di un'arte a rischio, una memoria visiva di quello che veniva prodotto nella Murano del passato e, al tempo stesso, una collezione di

esemplari da imitare e da cui prendere ispirazione.

Sin dalla sua ideazione e fondazione, quindi, il legame tra il Museo e l'attività produttiva locale risulta molto forte: il ruolo del Museo del Vetro non è solo di raccontare il passato, ma anche e soprattutto di dimostrare il dinamismo dell'attività vetraria di Murano. Nel percorso museale permanente è presente una sala dedicata alla contemporaneità, è molto importante e serve a sottolineare quanto la produzione del vetro a Murano sia ancora attiva e innovativa.

In questo periodo, ora che state terminando il vostro percorso di ricerca e mentre è in corso la Glass Week, il Museo del Vetro ha organizzato nello spazio delle Conterie, al piano terra, due mostre differenti tra loro ma davvero interessanti. Credo possano essere rappresentative di questa carica innovativa che ho cercato di descrivervi. La mostra dedicata a Livio Seguso si intitola *in principio era la goccia* e cerca di mostrare come il vetro sia uno strumento per fare arte, un mezzo per comunicare emozioni, significati e valori: la maestosità di alcune opere accanto ad altre

CHIARA SQUARCINA

realizzazioni di più piccolo formato, la trasparenza del cristallo e la profondità del colore nero, questi e altri opposti dialogano e emozionano i visitatori grazie allo spazio delle Ex Conterie del Museo del Vetro. In parallelo, in una sala differente, è visibile *Murano Glass Toys*: la mostra serve a promuovere il marchio del Vetro di Murano e a far conoscere questa arte anche attraverso il gioco, lo stupore e il divertimento. *Toys* è fatta per giocare, scherzare con i colori e le trasparenze e anche per saltare sul vetro, è una mostra che avvicina i giovani ad un'arte antica e stupisce gli adulti per la capacità dei vetrai di realizzare oggetti differenti dai prodotti che più classicamente escono dalle vetrerie. Per Murano questa mostra ha un significato: è il prodotto del lavoro coordinato di dieci vetrerie, e questo impegno non è costato poca fatica perché alle spalle di ogni vetreria c'è una grande storia, tradizione, capacità artigianale, artistica ed espressiva. Coordinare tutto questo non è sempre facile ma qui mostra la capacità che Murano ha di reagire anche alle crisi più drammatiche.

Nella complessità del settore produttivo del vetro artistico, qual è il ruolo dello scarto, quali sono i limiti e le potenzialità, e le considerazioni che si possono trarre anche dalle esperienze raccolte all'interno del Museo? Ritieni che l'arte possa contribuire a impiegare gli scarti in maniera più efficace?

In merito al riciclo, questione importante dal punto di vista ambientale e leva per la comunicazione della qualità della lavorazione in Murano, credo che vadano considerati due aspetti imprescindibili: il costo e le reali possibilità per operare in questo senso. Bisogna, altresì ricordare che non tutto è riciclabile: non va dato per scontato che tutto il vetro sia recuperabile, specialmente nel settore del vetro artistico in cui a volte l'impiego di sostanze chimiche o di particolari tecniche di lavorazione impedisce o comunque ostacola un recupero della materia. Proprio in relazione a questo problema vanno considerati i costi che possono essere onerosi. Una cosa diversa è invece valorizzare lo scarto attraverso l'arte, una scelta che è stata fatta

da diversi artisti sia ieri che oggi. L'arte della lavorazione del vetro ha sempre utilizzato materia e riutilizzato gli scarti delle lavorazioni, ha sempre trovato il modo di valorizzare il vetro sviluppando un alfabeto linguistico espressivo che non ha mai fatto discriminazioni in termini di materiali, strumenti e tecniche di lavorazione. Ritengo che tutto sia ciclico: oggi più che mai si è motivati a produrre utilizzando anche gli scarti anche per ragioni culturali, etiche e certamente anche economiche e di mercato (un mercato che oggi richiede una maggiore attenzione e una attenta descrizione della componente materica).

Il Museo ha la propria sede tra le fornaci di Murano ed è in qualche modo lo specchio o, meglio, la lente d'ingrandimento attraverso la quale si può osservare l'arte della lavorazione del vetro. Cosa accade a causa delle crisi, della crisi COVID-19 in particolare?

Il COVID-19 ha causato molti problemi. Di fronte a tali criticità il Museo si è posto in maniera propositiva,

coinvolgendo gli artisti di Murano in iniziative rivolte anche all'estero, volte a intercettare un pubblico nuovo o a incuriosire i committenti stranieri (che non sono sempre gli stessi ma che da sempre si rivolgono alle vetrerie con richieste valorizzanti la qualità del lavoro dei Maestri).

Il Museo si pone, quindi come una sorta di ponte tra le realtà locali e quelle internazionali. Oggi, confermando le ragioni della sua fondazione, il Museo del Vetro ha come obiettivo quello di valorizzare le peculiari attività e lavorazioni svolte a Murano. Un impegno che oggi vogliamo perseguire e concretizzare di fronte a questa nuova sfida, che è differente da quelle passate perché ha un carattere globale.

Di recente è stato anche firmato un protocollo d'intesa tra MUVE, Università Ca' Foscari e Università Iuav di Venezia. Il MUVE ha sempre avuto buoni rapporti con le università e ultimamente abbiamo cercato di affinare questo genere di interrelazioni e collaborazioni che hanno permesso di costruire progetti e obiettivi comuni. Il rapporto con le istituzioni e tra le istituzioni è determinante e

può costituire un vantaggio importante per le vetrerie muranesi; creare connessioni significa concretizzare una parte della missione di MUVE che cerca sempre di fare in modo che le opere del museo siano non solo conservate ma soprattutto valorizzate, che siano strumento di conoscenza, per i giovani, per stimolare creatività e ispirazione.

Infine, ritengo che condividere le esperienze e farsi conoscere sia il primo passo per creare delle connessioni utili, vive, innovative e necessarie per trovare soluzioni ai problemi della crisi COVID-19. Tengo molto a sottolineare che il ruolo civico del Museo del Vetro non è solamente quello di raccontare il passato ma incentivare, valorizzare e catalizzare la ricerca che è attiva e che può essere progettata e sviluppata in questo settore.

LE VETRERIE
PARTNER DI
PROGETTO

Nicola Moretti Snc

di Alberto & Nicola Moretti

Nicola Moretti Snc è una azienda a gestione familiare in mano a due fratelli, Alberto e Nicola Moretti, è specializzata nella lavorazione del vetro soffiato e nella vetrofusione. L'azienda è stata fondata nel 2013 e ha alle spalle un'antica tradizione che inizia a metà del 1800 e che oggi conta la quinta generazione impegnata nella lavorazione del vetro di Murano.

L'approccio alla lavorazione del vetro è improntato alla salvaguardia e alla valorizzazione della tradizione, senza però perdere il desiderio di crescere nello sviluppo di lavorazioni e nell'innovazione estetica e del linguaggio del vetro muranese. Queste caratteristiche vengono riconosciute alla Nicola Moretti anche dal pubblico internazionale: designers e artisti di tutto il mondo ne apprezzano la versatilità, la professionalità e costruiscono con l'azienda rapporti di fiducia che durano nel tempo.

Dal 2004, oltre a lavorare nella propria azienda, Nicola Moretti insegna presso alcune scuole italiane (ad esempio La scuola del vetro Abate Zanetti), aziende giapponesi, l'Università di Dubai e la Boston University. Inoltre, alcune delle sue opere sono state esposte in mostre personali e collettive in Italia, Belgio, Emirati Arabi Uniti, America e Polonia. Alcuni suoi pezzi fanno parte dell'esposizione permanente al Museo del Vetro di Murano.

La capacità di preservare un patrimonio d'arte come quello della lavorazione del vetro e di saperlo tramandare alle generazioni future, nel 2020 ha fatto sì che Nicola Moretti sia stato consegnato il MAM, uno speciale riconoscimento dedicato ai Maestri d'Arte e Mestieri italiani che eccellono in una delle 23 categorie di artigianato artistico riconosciute dalla Fondazione Cologni dei Mestieri d'Arte.



01. Lavorazione a freddo tramite molatura di un pesce di Nicola Moretti.

Lavorazioni

La soffiatura del vetro, in Murano, è una tradizione antica e un simbolo che caratterizza l'intera Venezia e la sua laguna. Alle spalle di un maestro vetraio ci sono anni di lavoro in fornace, studio e competenza che, nel caso di Nicola Moretti Snc, sono forti di una tradizione familiare che ancora oggi offre un insostituibile bagaglio di conoscenze e tradizioni. Il numero di lavorazioni e di strumenti di cui dispone un vetraio è altissimo e va a definire tipologie di scarto diverse oltre che prodotti e stili diversi.

La preparazione del vetro o del cristallo all'interno delle fornaci oggi può avvenire in due maniere. La prima, più tradizionale, è adottata spesso dalle vetrerie di più grandi dimensioni e consiste nel preparare il vetro a partire dalla miscela vitrea che consiste in un impasto di polvere composto da silice, carbonato di sodio, carbonato di calcio ed eventuali ossidi per i vetri colorati; la miscela vitra viene introdotta nel crogiolo della fornace e portata a fusione alla temperatura di 1400°C attraverso un processo che dura diverse ore e che consente di purificare il vetro. Le vetrerie più piccole, che necessitano di meno vetro o che non possiedono un numero di fornaci sufficiente per realizzare le diverse colorazioni di vetro, utilizzano il cotisso: grossi pezzi di vetro prefusi e pronti per essere riscaldati ad alte temperature per ottenere vetro fuso, già pronto all'utilizzo. In entrambi i casi i tempi di preparazione del vetro sono abbastanza lunghi perché servono alcuni giorni per sciogliere il vetro completamente e depurarlo da eventuali impurità.

Alberto e Nicola Moretti eseguono anche tecniche di lavorazione a freddo, quali la moleria, per ultimare gli oggetti o creare degli effetti particolari sulla superficie del vetro. Il vetro può essere inciso, tagliato e levigato, con strumenti a base di diamante oppure di smeriglio, e può anche essere levigato con ruote di sughero o di pietra pomice. Nelle lavorazioni di moleria bisogna essere maestri nel non riscaldare eccessivamente il vetro perché potrebbe esplodere o rompersi all'improvviso, per questo motivo le lavorazioni di moleria sono sempre accompagnate da abbondanti quantità d'acqua, per raffreddare il vetro durante le lavorazioni.



02. *Pesce* di Nicola Moretti ultimato dopo le lavorazioni a caldo, la molatura e l'assemblaggio dei diversi componenti.





03. Lavorazione a freddo tramite molatura di un pesce di Nicola Moretti.

04. Realizzazione dell'opera *Pesce* da parte di Nicola Moretti.

05. Finitura con la fiamma ossidrica per aumentare la lucidità del vetro una volta ultimata la lavorazione.





Scarti e innovazioni

Gli scarti di lavorazione del vetro soffiato sono molti e di diverse colorazioni, non sempre compatibili fra di loro: questi sono riconosciuti dalla legge come rifiuti speciali e hanno un alto costo di smaltimento. Il reimpiego degli sfridi in nuove lavorazioni non è semplice né scontato perché la loro diversa colorazione ne impone il vaglio al fine di gestire le cromie ma anche perché differenti colori possono avere diversi coefficienti di dilatazione, che rendono il vetro instabile e quindi facile alla rottura. Devono poi essere considerati anche i fanghi di moleria: un impasto di vetro e acqua ottenuto a valle di processi di levigatura, lucidatura o taglio con lame diamantate. Anche questi fanghi sono rifiuti speciali che al giorno d'oggi non hanno trovato una modalità d'impiego efficace e continuativa ma che sono oggetto di studi e sperimentazioni anche in Murano.

Attraverso lo studio del vetro antico e delle sue tecniche di lavorazione, sono state avviate una serie di riflessioni che valorizzano le conoscenze secolari degli artigiani: queste sono state fondamentali per comprendere le problematiche e le sfide che attendono il vetro artistico in un contesto particolare e unico come quello dell'isola di Murano.

La riduzione della quantità di alcuni tipi di scarto può avvenire proprio attraverso la riscoperta di lavorazioni passate che davano esiti differenti dalle attuali ma che non producevano gli stessi quantitativi di scarto o, meglio, ne prevedevano il reimpiego pressoché integrale. Dall'altro lato, è stata compresa e riconosciuta l'importanza di leggere con dettaglio la composizione chimica e la struttura fisica del vetro al fine di controllare le ossidazioni e le riduzioni del vetro in base alla fiamma utilizzata: solo in questo modo è possibile gestire le colorazioni e gli effetti sulla superficie del vetro.

Vetrate Artistiche Murano

di Stefano Bullo

Vetrare Artistiche Murano è una piccola realtà aziendale, guidata dall'artista e Maestro Vetraio Stefano Bullo, che si occupa della produzione e del restauro di vetrate seguendo la tradizione veneziana, realizza inoltre opere in vetro su misura (elementi d'arredo, specchi, separé, gadget, premi personalizzati), serigrafie, pitture su vetro e altri materiali.

Luciano Bullo alla fine degli anni '70 lavorò con esperti restauratori e nel 1984, a Murano, sua moglie Michela Ficotto fonda la ditta "Vetrare a Piombo Artistiche". Specializzata nella produzione e nel restauro di vetrate tradizionali veneziane, nell'arco di 30 anni la ditta viene coinvolta in importanti progetti di restauro, effettuati principalmente nella città di Venezia e nella Regione Veneto. Tra gli interventi più significativi a Venezia: la Chiesa del Redentore, la Basilica di Santa Maria della Salute, il palazzo Ducale e la Biblioteca Marciana; a Murano invece la Basilica del SS. Maria e Donato, la Chiesa di San Pietro Martire e la Chiesa di Santa Maria degli Angeli.

Figlio di Luciano e Michela, Stefano fin da ragazzo e quasi per gioco si inserisce nell'attività della madre, aiutandola con disegni e piccoli progetti per le sue vetrate. Dopo aver conseguito la Laurea magistrale con lode all'Accademia delle Belle Arti di Venezia, Stefano partecipa a diverse mostre collettive e viene selezionato da istituzioni culturali di rilievo per diversi premi artistici. Ripetutamente scelto dalla Fondazione Bevilacqua la Masa di Venezia, per la rinomata "Collettiva Giovani Artisti"; inaugura la sua prima mostra personale di pittura nel 2012 a Cortina d'Ampezzo. La sua carriera artistica prosegue accostandosi al percorso intrapreso come Maestro Vetraio, rilevando l'attività familiare che cambia così nome trasformandosi in Vetrare Artistiche Murano (V.A.M.). Stefano può così coniugare la tradizione di famiglia e delle vetrate artistiche con l'arte visiva. Molte delle sue opere sono state pubblicate in varie riviste come la *New Glass Review 39* e *New Glass Review 40* e sono state esposte in mostre, tra



01. Taglio rullo a canne.

le quali la European Glass Experience, la New Glass Now presso il Corning Museum of Glass di New York, e la Bugno Art Gallery. Nel 2017, Stefano Bullo ottiene la concessione del marchio "Vetro Artistico Murano", marchio collettivo istituito dalla Regione Veneto e gestito dal Consorzio Promovetro Murano e che certifica i prodotti realizzati nell'isola di Murano.

Le lavorazioni

Vetrare Artistiche Murano collabora con i migliori artigiani di Murano, con designer, arredatori, architetti ed altre figure professionali; realizza progetti artistici e sperimentali, in vetro e non solo, e sperimenta l'utilizzo di nuove tecnologie. Le opere in vetro su misura, a partire da idee del cliente o su progetto di Stefano Bullo, riguardano principalmente le vetrate artistiche e la decorazione su vetro a smalti.

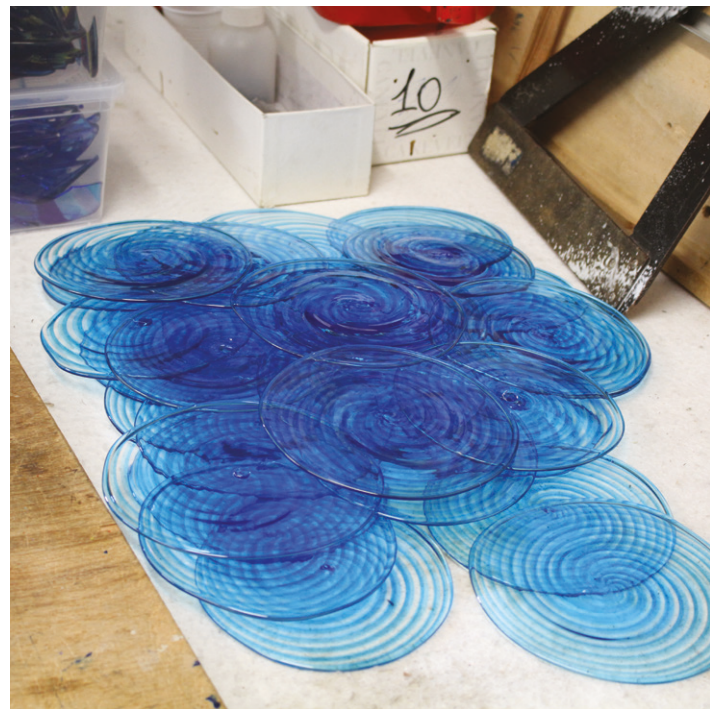
La vetrata artistica è una lavorazione che si è da sempre contraddistinta al di fuori dei confini lagunari per le particolari lavorazioni e cromie, nate in concerto con lo sviluppo del vetro artistico, emblema dell'isola. Antichi documenti relativi all'arte vetraria muranese attestano che, già alla fine del Duecento, era presente la produzione veneziana di grandi quantità di vetro colorato per vetrate. Oggi, Stefano Bullo rimane l'ultimo Maestro vetraio e artista con il laboratorio attivo nell'isola a portare avanti questa antica lavorazione, che recupera tecniche, strumenti e saperi dei vetratisti nel passato.

La tecnica della decorazione su vetro a smalti ha origine orientale, è stata introdotta a Venezia nell'ultimo decennio del XIII secolo e si è sviluppata nell'isola di Murano nel Rinascimento. La tecnica tradizionale prevede l'utilizzo di polvere di vetro colorata e finemente macinata che, mescolata con ossidi e fondenti, può essere applicata a pennello sulla superficie del vetro per realizzare un decoro astratto o figurativo. L'oggetto decorato viene successivamente sottoposto ad un ciclo termico che va dai 500 °C agli 800 °C, in base al tipo di smalto utilizzato; in questo modo lo smalto applicato a pennello, rammollendo, vetrifica e si fissa in modo permanente al vetro. In base al tipo di smalto, al metodo di applicazione e al supporto in vetro, si possono realizzare manufatti decorativi di diverso tipo. Può inoltre essere utilizzata la vetrofusione o la serigrafia su vetro che è la tecnica più utilizzata per decorare grandi quantità oppure per trasferire disegni e texture molto complesse su superfici diverse.



02. Vetrata storica con rulli a canne incrociate.





03. Rullo storico a canne incrociate.

04. Taglio lastra di vetro.

05. Rulli a canne per la realizzazione di una nuova vetrata a piombo.

Scarti e innovazioni

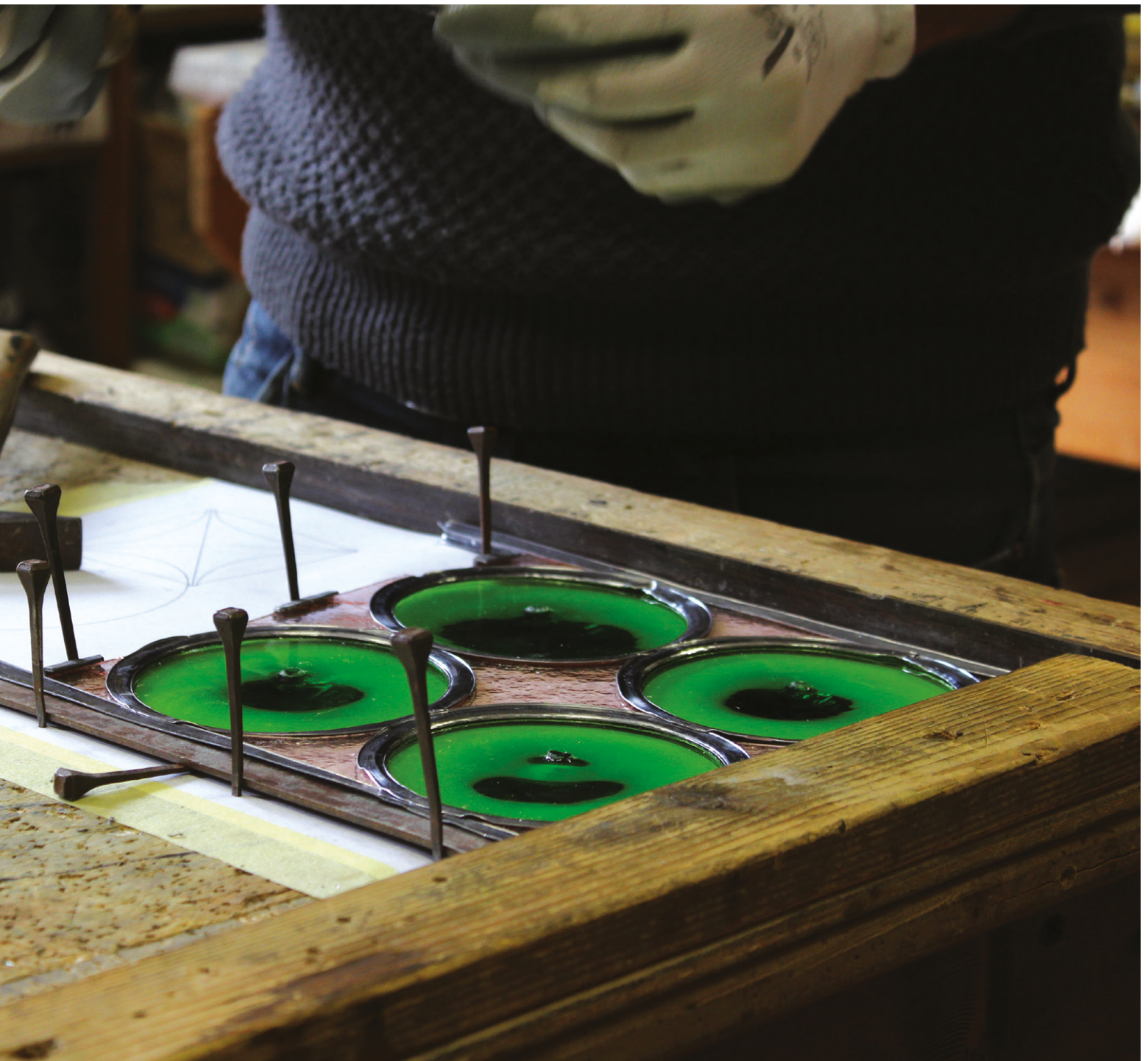
Le lavorazioni che Stefano esegue all'interno del suo laboratorio comportano la produzione di diverse tipologie di scarto:

- pezzi di lastre e rulli che avanzano dalla realizzazione della vetrata a causa delle operazioni di taglio e assemblaggio;
- piombo che avanza dalle operazioni di trafilatura e successiva rilegatura delle vetrate;
- polvere di moleria esito della lavorazione a freddo del vetro.

D'altra parte, nell'ottica di un continuo rinnovamento, Stefano è sempre alla ricerca di soluzioni innovative che permettano alla sua attività di crescere. Ad esempio, sta indagando la possibilità di sostituire il piombo, materiale utilizzato per rilegare le vetrate, con leghe metalliche meno tossiche e sta lavorando a sperimentazioni che possono rivoluzionare completamente il settore impiegando materiali plastici dalle prestazioni comparabili a quelle del piombo. Altrettanto interessanti sono gli esperimenti di vetrofusione condotti sulla polvere derivante dalle operazioni di lavorazione a freddo (scarti di molatura).

Proprio per questa spiccata propensione alla sperimentazione e all'innovazione, il confronto con Stefano è stato di grande aiuto per la ricerca soprattutto per quanto riguarda la valutazione della consistenza degli scarti di lavorazione del vetro di Murano e per gli spunti di sviluppo di nuovi sistemi per la trasformazione di tali scarti in nuovi prodotti in vetro.





Costantini Glassbeads

di Alessandro Moretti

Costantini Glassbeads di Alessandro Moretti è una ditta specializzata nella lavorazione di perle a lume. La ditta apre nel 2006 ma vanta una lunga tradizione familiare: fu infatti originariamente fondata dal bisnonno di Alessandro, Ubaldo Costantini, e dal nonno Cleto Costantini. Alessandro realizza collane, frange e complementi d'arredo e collabora con numerose case di moda e designer. Porta avanti le tradizionali tecniche di lavorazione che contraddistinguono il distretto del Vetro di Murano ma ricerca anche l'innovazione cercando nuove sfide, sperimentando e sviluppando configurazioni ed estetiche nuove per il vetro di Murano. In occasione del progetto *Murano Glass Beyond the Barricades*, nel 2017, ha trasformato le barriere di cemento *new jersey* (gli spartitraffico usati come deterrente agli attacchi terroristici) assieme all'architetto Matteo Silverio realizzando *GlassPeace* con un agglomerato di perline di conteria della storica produzione Costantini. Nello stesso anno, in occasione del *workshop Glass Matters* all'interno del festival della The Venice Glass Week e in collaborazione con Kanz architetti e Matteo Silverio, ha realizzato *Lume*: un sistema di illuminazione che coniuga la lavorazione tradizionale delle perle a lume con un innovativo sistema di cablaggio, capace di contribuire all'estetica della lampada.

Lavorazioni

Nel 2020 l'*Arte delle perle di vetro* è stata inserita nella lista rappresentativa del Patrimonio culturale immateriale dell'Umanità Unesco. Le tecniche per produrre perle in Murano, originariamente, erano tre e consentivano realizzazioni molto differenti tra loro identificate come perle a lume, perle di conteria e perle a rosetta.

A causa della cancerosità dei siribiti (un composto secco rilasciato in fase di arrotondamento tramite ricottura) non è più possibile realizzare perline di conteria e di conseguenza la proprietà degli ultimi esemplari



01. Alessandro Moretti durante la lavorazione di una perla a lume.

prodotti in Murano diverrà sempre più preziosa al passare del tempo. Le perle di conteria hanno origini molto antiche e sono documentate a Murano dal XIV secolo, la loro lavorazione partiva dalla fusione di un “palato” di 600 kg di vetro che veniva “finato” tutto fino ad esaurimento: la fusione di un colore avveniva una volta ogni due anni, salvo ordini particolarmente grandi.

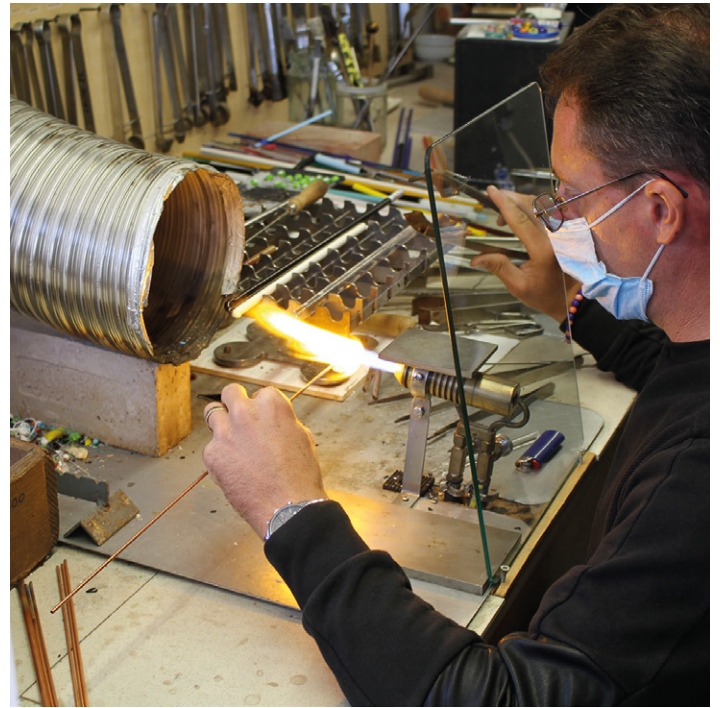
Il vetro soffiato veniva rapidamente tirato finché ancora molto caldo, spezzato in parti minute che venivano arrotondate e successivamente vagliate per dimensione e qualità, le perle così realizzate venivano poi infilate con lunghi e sottilissimi aghi dalle “impiraesse”. Paesi come la Cecoslovacchia hanno proseguito la produzione delle perle di conteria automatizzando il sistema e riducendo l’impatto delle polveri, le aziende muranesi hanno invece arrestato la produzione essendo la normativa coincisa con un forte periodo di crisi che ha reso difficili gli investimenti necessari ad una trasformazione delle tecniche di produzione. La quantità di perline di conteria che Alessandro ha acquistato, ha un valore inestimabile, soprattutto da un punto di vista storico: ci sono colori che non saranno più prodotti (sempre a causa della tossicità dei processi produttivi) e, soprattutto, sono tutto ciò che di tangibile rimane di una lavorazione oramai perduta.

Anche la lavorazione a lume rappresenta un importante ramo delle tecniche muranesi legate al vetro, un tempo veniva prevalentemente eseguita da donne dette “perlere” e si esegue impiegando, come semilavorato, la canna vitrea. È una tecnica di lavorazione che è andata evolvendosi nel tempo. Infatti originariamente il calore necessario a fondere il vetro veniva sprigionato dalla fiamma di una lampada a lume da cui deriva il nome della lavorazione. Negli anni, questa semplice strumentazione è stata sostituita da un cannello metallico che può raggiungere temperature di 1100/1200°C in centro fiamma, permettendo di fondere il vetro molto velocemente ed emettendo anche meno calore. All’interno della fiamma il vetro raggiunge il “punto goccia”, ovvero il completo stato liquido, mentre appena fuori dalla fiamma ritorna rapidamente allo stato solido. La percentuale di scarto in questo genere di lavorazione è solitamente minima: la parte finale della bacchetta avanzata, chiamata “morso”, le gocce di vetro e le perle che scoppiano a causa di tensioni interne. Infatti se la bacchetta di vetro precedentemente scaldata si raffredda, quando torna ad essere sottoposta al calore del cannello subisce uno shock termico e il primo pezzo, che è stato scaldato e successivamente raffreddato, salta rompendosi in piccole parti.



02-03. Perle a lume realizzate da Alessandro Moretti.





04. Storiche perline di conteria dal deposito di Alessandro Moretti.

05-06. Alessandro Moretti durante la lavorazione di una perla a lume.



Scarti e innovazioni

Tra le tradizionali perline di conteria può esserci una percentuale di scarto, si tratta delle perle senza foro. Nella lavorazione a lume, invece, lo scarto accumulato dipende dalla qualità del vetro di partenza e dalla bravura dell'artigiano (perché la caduta di gocce di vetro e la presenza di tensioni interne al vetro possono essere causate anche da momenti di distrazione). In generale, tanto nella produzione delle perle di conteria quanto in quella delle perle a lume, la percentuale di scarto è ridotta: solo il 2-3% delle perle viene scartato. Alessandro Moretti accumula circa un quintale di vetro di scarto ogni anno e riutilizza una parte di questo frantumandolo per realizzare, ad esempio, le cosiddette perle "a macie" o alcuni tipi di decorazioni. Oltre a sperimentare l'impiego di scarti in percentuali sempre più elevate, Alessandro lavora anche per capire come valorizzare le conterie vecchie e gli scarti delle conterie.

In questo secondo caso la difficoltà principale è legata all'analisi chimica dei materiali: il vetro delle conterie ha un coefficiente di dilatazione differente da quello dei semilavorati moderni. Se in una lavorazione si sommano questi due vetri, quando il prodotto si raffredda, esplose in mille pezzi a causa delle tensioni interne.

Alessandro ha collaborato alla ricerca offrendo spazi e strumenti e soprattutto dando spunti per l'analisi fisico-chimica del vetro, al fine di recuperare e valorizzare le lavorazioni tradizionali.





CRISTIANO FERRO

Titolare di EffeTre Murano e vice-presidente della sezione delle Industrie del vetro di Confindustria

Quali sono le sue considerazioni generali a proposito del contesto attuale di Murano, soprattutto a seguito di un anno drammatico per tutti a causa della pandemia?

Si cominciano a vedere segnali di ripresa abbastanza forti per quanto riguarda i mercati esteri, un po' più deboli al momento per quanto riguarda il mercato italiano e soprattutto l'isola di Murano. Questo anche perché la maggior parte delle lavorazioni sviluppate a Murano hanno come sfogo commerciale il turismo quindi, finché non ci sarà una ripresa, soprattutto di un turismo di "qualità", ci saranno ancora difficoltà. Però i segnali ci sono e piano piano, anche a confronto con quanto accade in altri Paesi, si cominciano a descrivere delle prospettive di ripresa. In quest'anno tragico ci sarebbe stata l'occasione per portare innovazioni a livello di gestione dei mercati e delle risorse, ma purtroppo questo tempo rischia di essere trascorso invano. In quest'anno e mezzo di riflessione, tutti hanno parlato molto di sfruttare la fermata forzata per avere una ripartenza più indirizzata

o indirizzata meglio ma, da quello che vedo, sembra che Murano stia ripartendo da dove e come ci eravamo lasciati.

L'isola di Murano negli ultimi anni è arrivata a un bivio. È sempre stata storicamente un'isola prettamente produttiva (pur offrendo un prodotto di nicchia) ed è sempre stata costruttrice di prodotti in vetro di qualsiasi tipologia, qualsiasi tipo di lavorazione è nata qui. Nell'Ottocento, ad esempio, si facevano le fiale per le siringhe, i contenitori per gli alimenti, e altri diversi prodotti. Molte cose che sono nate qui, per problemi logistici ed economici, in seguito hanno sviluppato la propria produzione altrove: così è stato per tante cose, compresa l'illuminazione e l'arredamento. L'apertura globale dei mercati ha sviluppato una forte concorrenza anche per prodotti che un tempo caratterizzano l'eccellenza e definivano la riconoscibilità di Murano nel mondo: questa competizione per molte vetrerie di Murano non è sostenibile. L'unica cosa che può sostenere e sostiene ancora Murano è la tradizione millenaria che definisce un

vantaggio fondato sull'esperienza e la cultura del vetro artistico. Non esiste un posto al mondo in cui, in un km e mezzo quadrato, si possano contare tante tipologie di lavorazioni sul vetro e tante commistioni tra le varie lavorazioni. A Murano potenzialmente si può fare tutto. Naturalmente però i costi non sono irrisori e, quindi, per giustificare il prezzo e valorizzare la tradizione dell'isola, è necessario produrre vetro di grande qualità.

Il futuro di Murano: quali prospettive ci sono per l'isola e per l'industria del vetro? Guardando soprattutto in termini di contaminazione e di ricambio generazionale.

Il problema è serio perché fare vetro è un lavoro faticoso che può dare soddisfazioni, ma c'è il forte rischio di fare molta fatica e di non trovare soddisfazioni. Serve manualità e tutti possono crescere con la pratica, ma penso che una buona parte delle capacità di un artigiano del vetro derivi dalle sue capacità personali, dalla sua sensibilità, dal suo gusto: tutte caratteristiche

specifiche di un artista. Sottolineo che fare vetro è un lavoro faticoso, e siamo a Venezia, dove si trovano lavori molto meno faticosi e meglio retribuiti.

Inoltre, a mio parere, il futuro è ipotecato anche dalla poca visione e progettazione del futuro da parte delle aziende: negli anni di crisi non si è investito nei giovani e oggi ci rendiamo conto che probabilmente questo sarebbe stato un investimento importante, che ripaga di tutti gli sforzi. Negli ultimi vent'anni, a causa della crisi o di poca visione del futuro, si è perduta una parte dell'aspetto umano del lavoro. Non dobbiamo scordarci che i forni si trovano in tutto il mondo e che si possono comprare, è il saper fare della manodopera che non si compra. Una volta, a Murano "rubavano" le maestranze, adesso probabilmente non ci sono nemmeno. Questa mancanza di lavoratori esperti e di qualità è una cosa che si comincia a percepire e che nel futuro definirà sempre di più la crisi del vetro di Murano, soprattutto adesso che la domanda è in ripresa, ma i costi di produzione sono lievitati.

Qui a Murano c'è anche una scuola del vetro...

La scuola a Murano è sicuramente una cosa positiva. Non scordiamoci però che la scuola è un istituto tecnico dove si ha la possibilità di svolgere ore di laboratorio che cominciano in prima e in seconda superiore, il laboratorio in fornace invece comincia dalla terza e si fanno solo due o tre ore alla settimana. La scuola dà la possibilità di capire gli aspetti tecnici, ma purtroppo non forma personale sufficientemente preparato per entrare direttamente nel mondo del lavoro. Un giornalista tedesco mi ha detto che in Germania ci sono degli accordi tra stato e aziende per cui la formazione dura molto, non un solo mese all'anno come da noi. Ci dovrebbe essere una collaborazione più solida tra stato, aziende e scuola. Forse si dovrebbe pensare ad una scuola più specialistica, non solo a quella dell'obbligo, dedicata a studenti anche di differenti fasce d'età. Sarebbe bello ad esempio che si potessero accogliere ragazzi da tutto il mondo, ci sono molti giovani (e non solo giovani) che verrebbero in Murano per frequentare corsi di studio di questo tipo,

CRISTIANO FERRO

dal carattere pratico ed esperienziale. Per fare questo credo sia necessario e fondamentale coordinare l'impegno della scuola con l'interesse delle aziende: bisognerebbe trovare una commistione tra le necessità di entrambe le parti, fare in modo che l'azienda metta a disposizione gli spazi, che la scuola possa dare il sostegno a livello scolastico ma anche logistico, e che lo stato finanzi in parte i costi. A mio parere, la Murano del futuro non sarà un'isola dove lavorano solo i muranesi; già vedo che le ultime vetrerie che hanno aperto e alcuni piccoli laboratori sono di persone provenienti da tutte le parti del mondo che sono venute qui per imparare, si sono innamorate del vetro e della laguna e qui sono rimaste per vivere e lavorare.

Affrontiamo ora il tema dello scarto. Abbiamo visto quanto i costi di gestione pesino su ogni azienda. A livello di distretto ci sono progetti o linee guida per gli scarti, il loro riutilizzo o la loro valorizzazione?

Nulla di organico, ma ci sono tanti piccoli progetti che vanno a interessare delle nicchie. Voi, ad esempio, avete calcolato e verificato i

volumi del materiale di scarto, che sono pari a 500-600 tonnellate circa ogni anno: osservando le tre aziende che hanno collaborato alla ricerca, queste (tutte e tre messe assieme) non ne producono nemmeno una tonnellata. L'anno scorso per la The Venice Glass Week, l'associazione Fucina Frammenti ha svolto uno studio sul recupero dello scarto da taglio dei bicchieri, e i bicchieri tagliati così li fa una sola azienda a Murano. Queste ricerche sono interessanti esercizi teorici, l'impostazione è corretta ma il risultato fatica ad impattare su una realtà complessa e articolata come quella di Murano. Uscendo dal settore della lavorazione del vetro, avete portato l'esempio di un'azienda tessile che recupera la polvere di marmo: questa realtà recupera 10g di polvere per ogni 1m² di tessuto e chi lavora il marmo fa centinaia di migliaia di tonnellate di polvere di marmo. Quindi, se vogliamo guardare alla sostanza, l'azienda che produce lo scarto non ha nessun interesse se non quello pubblicitario, di immagine, a collaborare alla ricerca e alla sperimentazione.

Ma si sta iniziando a fare qualcosa a proposito dei volumi di scarto che potrebbe essere interessante: è una soluzione ancora a livello embrionale ma, se funzionasse, consentirebbe di gestire tutto o in parte lo scarto prodotto a Murano. Molto dipende dalla lavorazione: c'è lo scarto colorato che può essere più interessante, quello pulito che è il migliore, lo scarto trasparente che solitamente non interessa a nessuno, e quello inquinato. In ogni caso, lo scarto contiene sicuramente parti di refrattario e quindi bisogna trovare delle lavorazioni che superino le problematiche legate a questo genere di impurità o che facciano in modo che la maggior parte dello scarto sia significativo e riutilizzabile.

Il binomio tradizione-innovazione nel caso della ricerca qui descritta si traduce nel trovare dei modi per trasformare gli scarti in materia prima per lavorazioni nuove, anche svolte con tecniche innovative. Lei cosa pensa a riguardo? Che suggerimenti può darci per far convivere questi due ambiti che possono sembrare apparentemente distanti.

Ciò che contraddistingue la lavorazione del vetro di Murano è la manualità. Se parliamo di vetro prettamente artistico, l'aspetto produttivo (quindi malleabilità o lavorazione del vetro) ha pochi sviluppi. Ci può essere uno sviluppo della sicurezza nell'ambiente di lavoro, ma a livello di lavorazione c'è poco studio e poca ricerca. Recentemente si stanno facendo passi in avanti sullo sviluppo dei forni. Nel nostro caso però, siamo condizionati ad avere forni a gas, mentre la tecnologia dei forni industriali va sempre più verso l'elettrico e quindi, per quel che ci riguarda, lo sviluppo tecnologico sta andando in una direzione che probabilmente interesserà poco ai vetrai in Murano. Al momento ci sono tipologie di forno che risalgono agli anni Ottanta e ne abbiamo anche di ultima generazione: convivono forni vecchi e nuovi, sicuramente si potrebbero installare tutti forni di ultima generazione ma per fare questo servono capacità economiche e finanziamenti. Il forno elettrico sarebbe il migliore in considerazione della ridotta quantità di emissioni ma è caratterizzato anche da delle problematiche che lo ren-

dono incompatibile con il 90% delle lavorazioni. Non fatico a pensare ad innovazioni dedicate all'ambiente di lavoro, invece sui forni e sulle tipologie di lavorazioni vedo poco margine di crescita, nonostante le tecniche di lavorazione siano ferme da ben più di cento anni. Anche gli strumenti sono sempre gli stessi di un tempo, una volta forse si utilizzavano delle leghe metalliche migliori rispetto a quelle che si hanno adesso e per questo motivo ci sono ancora persone che lavorano con strumenti che hanno cinquant'anni. Alla fine però, Murano e il suo vetro rappresenta sempre una nicchia di mercato molto ristretta e quindi parlare di innovazioni in questo contesto è davvero difficile.

LUCIANO GAMBARO

Presidente del consorzio Promovetro Murano e
Socio fondatore Gambaro&Tagliapietra

Quali sono le sue considerazioni generali a proposito del contesto attuale di Murano, soprattutto a seguito di un anno drammatico per tutti a causa della pandemia?

Come tutte le aziende e le attività italiane, Murano sta soffrendo ma i problemi esistevano già prima del COVID-19... personalmente credo che da determinati momenti, anche tragici, possono scaturire opportunità, nuove idee, progetti e obiettivi. A Murano ci sono piccole aziende che negli anni hanno saputo cambiare, organizzarsi e strutturarsi, puntando ad esempio sul mercato estero. Immagino che Murano diventerà sempre di più un'isola di micro aziende che lavorano *custom made*, su ordinazione, offrendo prodotti di altissima qualità. La mia vetreria, ad esempio, ha un catalogo e una linea produttiva ma le maggiori soddisfazioni nascono dalle collaborazioni con i designer o le multinazionali della moda che si occupano anche di oggettistica: loro hanno idee e suggestioni, noi le sviluppiamo e le produciamo con il loro nome. Si lavorano prodotti di grande qua-

lità, simbolo di Murano. Nel mondo esistono altre eccellenze nella lavorazione del vetro ma il sistema produttivo, la varietà e la tradizione di Murano ne definiscono ancora la leadership a livello mondiale. Negli Stati Uniti si trovano il maestro, l'artista o il designer, ma se qualcuno vuole qualcosa di particolare, questa piccola isola risponde attraverso un sistema che è molto variegato e complesso, una rete di collaborazioni e competenze tra loro intrecciate: è un qualcosa che altrove non esiste e che non ha paragoni.

Perciò tengo a sottolineare che dai problemi e dalle difficoltà si può uscire. Servono obiettivi chiari che bisogna inseguire con velocità e precisione. È inoltre necessario l'aiuto di un'attenta amministrazione, di investimenti in un settore che forse non avrà un'importanza economica amplissima ma che, come tradizione e come cultura, è inequivocabilmente importante. Perdere un patrimonio del genere sarebbe una follia.

Il futuro di Murano: quali prospettive ci sono per l'isola e per l'industria del vetro? Guardando soprat-

tutto in termini di contaminazione e di ricambio generazionale.

Nei momenti di crisi le aziende non assumono e, di conseguenza, i giovani sono portati ad orientare le proprie carriere lavorative verso settori floridi, che offrono spazio per idee e prospettive. Non credo che il principale problema sia la mancanza di interesse nei confronti della lavorazione del vetro di Murano: negli ultimi anni ci sono state occasioni per coinvolgere persone provenienti da tutto il mondo, giovani che hanno idee, espressione artistica e interesse per il design. Manca invece la capacità di spiegare quanto sia unica Murano: la lavorazione del vetro deve essere descritta da un punto di vista sociale e artistico, dobbiamo dare a chi impara la possibilità di ambientarsi e di restare a vivere e a lavorare a Murano. Così facendo si creerebbe un ricambio generazionale, Murano sarebbe arricchita da culture diverse perché si lavorerebbe il vetro con il contributo di persone provenienti da tutto il mondo. Ciò permetterebbe di aumentare il numero degli addetti nell'isola, si porterebbe

avanti quella che è una tradizione ormai millenaria e, magari, si svilupperebbe quella residenzialità che è fondamentale per la vita di Venezia. Un tempo le maestranze muranesi avevano una certa importanza nella società della serenissima e avevano l'obbligo di non uscire dall'isola per lavorare il vetro; probabilmente Murano è l'isola del vetro proprio grazie a questo. Forse questo approccio può essere riproposto in modo differente: devono essere creati vantaggi affinché Murano divenga attrattiva, perché c'è tutto ciò che serve per crescere professionalmente e sviluppare un'arte secolare: una vita e un'arte impossibile in qualsiasi altro angolo del mondo.

Affrontiamo ora il tema dello scarto. Abbiamo visto quanto i costi di gestione pesino su ogni azienda.

È un problema non indifferente da prendere in considerazione. Però, osservando il valore della materia prima in acquisto (della sabbia e dei vari minerali), il valore dello scarto non è poi molto al confronto con il valore aggiunto che un Maestro ve-

traio dà ai suoi prodotti. Attualmente, paghiamo per smaltire gli scarti come rifiuti speciali che vengono portati in Piemonte per essere trasformati in sottofondo stradale: ovviamente ciò non valorizza il vetro di Murano. Il tema è importante anche dal punto di vista della sostenibilità ambientale, come anche quello degli imballaggi: utilizziamo spesso il polistirolo, che dovrebbe essere sostituito con alternative economicamente accettabili ma non c'è ancora un prodotto che sia equiparabile per praticità, che sia ecologico e che non pesi dal punto di vista economico.

Murano ha fatto dei grossi sforzi per assecondare le normative in merito alla gestione degli scarti, molte volte il carico di adempimenti è eccessivo e alcune soluzioni dovrebbero essere meglio commisurate alle effettive caratteristiche delle lavorazioni in Murano. Ma queste difficoltà devono essere occasioni per migliorare e non motivi per smettere di lavorare il vetro, le vetrerie in Murano devono voler migliorare, ma non possono essere penalizzate da spese e tempi lunghi.

LUCIANO GAMBARO

Rimangono sempre determinanti l'efficacia della produzione e la leva del commercio, non abbiamo le energie e il tempo per seguire iter di smaltimento complicati e con costi maggiori a quelli che sosteniamo oggi: ogni nuova idea deve essere ben analizzata, non deve complicare o mettere in difficoltà l'equilibrio dell'azienda.

A livello di distretto ci sono progetti o linee guida per una gestione migliore degli scarti, il loro riutilizzo o la loro valorizzazione?

Al momento ci sono delle proposte e stiamo attendendo le adeguate verifiche e analisi nell'ottica di considerare gli scarti come un prodotto ovvero una risorsa per le aziende muranesi piuttosto che un costo spesso ingente. Ci sono tutte le premesse per intraprendere strade nuove e, perchè no, inaspettate.

Il binomio tradizione-innovazione nel caso della nostra ricerca si traduce nel trovare dei modi per trasformare gli scarti in materia prima per lavorazioni nuove, anche

svolte con tecniche innovative. Dal suo punto di vista, come si traduce questo binomio? Può darci qualche suggerimento?

Le tecniche di lavorazione del vetro, il forno e gli strumenti sono sempre simili a quelli dell'antichità, forse perché si è già arrivati alla massimizzazione di questi strumenti. Esistono comunque dei modi per lavorare più velocemente, l'utilizzo dello stampo, ad esempio, semplifica molto la lavorazione, avvantaggia da un punto di vista economico (si fa di più in meno tempo). Tuttavia la semplificazione a volte rischia di far perdere la qualità, la capacità e la tecnica che contraddistinguono Murano. Bisogna quindi ricercare, pur semplificando, di mantenere alto il livello della qualità, della tecnica e della manualità. È fondamentale guardare all'innovazione mantenendo le caratteristiche della tradizione dell'isola. Non si impara in pochi mesi a lavorare il vetro di Murano: c'è sapienza, cultura e tradizione, c'è la storia di Murano. E questi sono gli aspetti che dobbiamo mantenere se si vuole fare della buona innovazione.

Dale Chihuly, grande artista americano, è stato un innovatore del vetro: ha studiato e capito l'arte del vetro di Murano e ha contribuito alla sua diffusione a livello internazionale facendola progredire e relazionandosi con grandi maestri (Lino Tagliapietra, Pino Signoretto e altri). Ha avuto la capacità di reinterpretare in maniera scenografica il vetro con una chiave di lettura innovativa. Un semplice piatto o vaso non vengono più visti come oggetti di arredo ma come elementi scenografici o come installazioni. Questo consente di vedere il vetro da un punto di vista inconsueto, diverso, e permette di far nascere idee nuove.

Durante The Venice Glass Week, Promovetro sostiene la collaborazione dei vetrai con artisti e designer. In occasione delle precedenti edizioni della The Venice Glass Week, che quest'anno raggiunge la quinta edizione, eventi come Glass Archipelago e la Murano Glass Street Art hanno permesso sperimentazioni e provocazioni che servono a far parlare di Murano e a far vedere cosa è possibile fare con il vetro. *Murano Glass Beyond the Barricades*

è un progetto del 2018 esposto alla galleria Bugno: le barriere new Jersey, un oggetto brutto e pesante in totale antitesi con il vetro di Murano, diventano colorate e leggere grazie ad una rivisitazione fatta di arte e artigianato virtuoso. L'ultimo nostro progetto si intitola *Murano Glass Toys* e nasce dall'idea di sviluppare l'interattività con il vetro di Murano intercettando un target solitamente non immaginabile per il vetro di Murano ovvero quello dei più piccoli.

Credo sia interessante mostrare alle persone le differenti suggestioni che offre il vetro di Murano, che non deve essere necessariamente associato agli oggetti legati alla tradizione. Tengo infine a sottolineare che i maestri vetrai non sono considerati artisti ma artigiani molto qualificati, l'arte ha un suo percorso, differente.

Nonostante le difficoltà e i problemi, storicamente Murano è sempre stata abituata a confrontarsi con momenti di grande fulgore e di grande crisi ma ne è sempre uscita. Siamo quindi speranzosi e convinti che questa nuova crisi dovuta a di-

versi fattori (tra cui la pandemia), verrà superata con una nuova Murano, magari anche diversa, ma sempre leader internazionale del vetro artistico.

LA

PROTOTIPAZIONE

Economia circolare Murano

Paola Careno, Stefano Centenaro, Filippo De Benedetti

Progettare processi a ciclo chiuso significa riconsiderare lo smaltimento degli scarti trasformandoli da rifiuto a materia prima seconda. Tale approccio è esplicito nel progetto di prodotti di cui è possibile lo smontaggio: dai singoli componenti è facile il recupero delle parti o l'individuazione delle inefficienze nelle catene produttive in modo tale da intercettare gli scarti e sviluppare la valorizzazione di questi. La ricerca quindi osserva, descrive ed elabora il vetro di Murano e i suoi scarti attraverso lo studio bibliografico e lavorando nelle vetrerie per l'analisi delle lavorazioni dei maestri muranesi e per sviluppare prototipi e campioni di materiali compositi. Sono state fatte numerose prototipazioni, precedute e seguite da analisi di laboratorio, sono stati prodotti e provati vari strumenti e sviluppate metodologie di lavoro ed è sempre stato cercato il confronto con le lavorazioni che caratterizzano l'arte muranese del vetro.

La sperimentazione e la prototipazione sono state sviluppate con lavorazioni a temperature molto inferiori a quelle tipiche della lavorazione del vetro, non sono energivore, non portano alla fusione degli scarti. Sono stati realizzati materiali compositi, costituiti da frammenti di vetro e matrici di diversa natura, attraverso processi a ciclo chiuso in modo che, a fine vita, questi non fossero considerati rifiuti speciali, bensì trasformati per consentire il recupero dei frammenti di vetro, in modo da poter essere inseriti nuovamente nello stesso processo produttivo o in uno differente.

Le caratteristiche cromatiche del vetro di Murano rendono complessa la gestione degli sfridi e ne definiscono l'alto valore in rapporto all'artigianalità delle lavorazioni di cui sono output. Se gli scarti del vetro di Murano venissero utilizzati per ottenere inerti o isolanti per l'edilizia, essi perderebbero la loro peculiarità estetica e il lavoro artigiano da cui provengono sarebbe invisibile. Inoltre, il processo produttivo che li coinvolgerebbe avverrebbe lontano dalla laguna di Venezia, luogo che contribuisce alla definizione della qualità dei materiali e che allo stesso tempo vincola al progetto di un riuso più sostenibile.

Analisi LCA

L'analisi degli sfridi di vetro è fondata sull'osservazione delle lavorazioni di cui sono frutto e ha consentito di ricavare dati per valutare la quantità e il tipo di scarti prodotti in Murano offrendo un dimensionamento dell'oggetto della ricerca. Le produzioni dei partner aziendali sono state indagate con il metodo *Life Cycle Assessment* (LCA) accantonando le questioni energetiche e perseguendo gli obiettivi di lavorare entro gli spazi delle vetrerie muranesi e di valorizzare le caratteristiche cromatiche degli scarti. L'LCA è stato utilizzato per individuare le fasi delle lavorazioni in cui vi è formazione e accumulo di scarti, ha consentito inoltre una quantificazione e un confronto tra gli sfridi: questa prima raccolta di scarti è avvenuta analizzando la realizzazione di prodotti caratterizzanti l'operato di ciascuna vetreria partner di progetto (img. 01). Successivamente, per un mese, sono stati raccolti tutti gli scarti di lavorazione delle tre vetrerie, scarti che attestano la varietà degli oggetti prodotti e l'operosità che i Maestri vetrai hanno definito rappresentativa del carico standard di lavoro. La prima rilevazione ha consentito di registrare input, output, tempi e fasi di lavorazione; la seconda ha consentito di calcolare i chili di vetro di scarto prodotti nell'arco di un anno.

Alessandro Moretti ha realizzato dodici perle da 14 mm di diametro utilizzando una bacchetta opale nera per l'anima della perla e una bacchetta opale bianca per la decorazione a "macie". È stato misurato il peso iniziale e finale delle bacchette per registrare quanto vetro fosse stato utilizzato, gli scarti sono stati pesati e i numeri messi in relazione tra loro. La bacchetta opale nera aveva un peso iniziale di 130g e a fine lavorazione pesava 80g; la bacchetta bianca aveva un peso iniziale di 45g e uno finale di 35g. La misurazione delle perle finite attesta che lo scarto è molto ridotto (tra il 2 e il 3% del vetro complessivamente utilizzato) ed è composto principalmente dalle piccole schegge di vetro che si creano per via delle tensioni interne al materiale. Alcune perle subiscono finiture tramite sabbiatura o molatura, lavorazioni a freddo usate per opacizzare o incidere la superficie delle perle. Nella moleria di Alessandro Moretti le perle vengono incise esclusivamente con una lama diamantata, che produce un fango molto puro, composto di polvere di vetro e polvere di diamante. Entrambe le lavorazioni producono piccole quantità di scarti.

Nicola Moretti ha realizzato un pesce di vetro. Il procedimento è in parte simile a quello necessario per realizzare i bicchieri a canne e le numerose fasi di lavorazione possono essere suddivise in quattro momenti: progettazione e preparazione dei materiali, lavorazioni a caldo, lavorazioni a freddo, finitura e pulizia. La realizzazione dei pesci di Nicola Moretti pro-

duce un quantitativo di sfridi molto elevato con un valore che varia dal 40 al 50% del vetro totale usato, valore che può facilmente abbassarsi, restando comunque elevato, grazie al recupero di alcuni scarti per produrre altri oggetti o grazie all'impiego di frammenti di cristallo come cotisso per produrre nuovo vetro fuso. Vi sono scarti sia durante la lavorazione a caldo che durante quella a freddo. I primi sono principalmente sfridi di cristallo e vetro colorato (spesso mescolati tra loro) e il vetro che rimane sulla canna da soffio una volta finita la lavorazione si raffredda e si spacca in frammenti che permettono una parziale separazione tra i due tipi di vetro. La lavorazione a freddo produce fango di moleria che, nel caso di Nicola Moretti, viene trattato da un sistema di depurazione per il riciclo dell'acqua. Il fango è quindi composto da polvere di vetro, smeriglio, pietra pomice, sughero e sostanze chimiche usate per depurare e filtrare l'acqua. Stimare la quantità di vetro nel fango di moleria è complicato, vengono impiegati diversi macchinari e una buona percentuale di materiale rimane depositato su questi e il miscuglio di materiali ha una composizione variabile sia in relazione all'oggetto molato che in relazione al tipo di molatura al quale lo si sottopone.

Stefano Bullo ha realizzato una piccola vetrata a rulli di circa 30x30 cm attraverso una tecnica di lavorazione quasi completamente a freddo e che produce scarto di vetro di Murano (frutto del taglio delle lastre e dei rulli che andranno a comporre la vetrata) e di vetro float (le dime, le prove di taglio). A fine lavorazione è stato stimato come il 60-65% del vetro di Murano impiegato diventi scarto mentre il vetro float ha una percentuale di scarto del 100% perché è utilizzato per le prove di taglio. Le dime di scarto però possono essere reimpiegate per prove di taglio di elementi più piccoli. Vi sono poi gli scarti del piombo che viene usato per tenere insieme gli elementi della vetrata: lo scarto è circa il 17% del piombo totale impiegato ma non rappresenta un costo gravoso poiché viene raccolto gratuitamente e riciclato mantenendo le proprietà della materia prima. L'ultimo tipo di scarto è il fango di moleria, che è differente da quello prodotto dalle lavorazioni di Nicola Moretti perché composto esclusivamente da polvere di vetro e polvere di diamante. Gli sfridi di vetro registrano un valore percentuale molto elevato ma possono essere utilizzati per lavori in vetro fusione e, se gli sfridi hanno lo stesso coefficiente di dilatazione, possono essere rifusi per realizzare nuove lastre rullate o nuovi rulli. Attualmente queste pratiche sono ostacolate da limiti tecnici ed economici, ma rappresentano virtuosi processi di economia circolare che consentono al materiale di rientrare all'interno del processo di produzione.

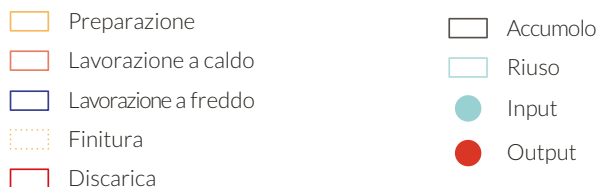
L'analisi delle tre lavorazioni ha consentito di quantificare in percentuale lo scarto generato da ogni vetraio e le stime sono state sottoposte a verifica chiedendo ai tre partner aziendali di raccogliere lo scarto derivante dalla lavorazioni svolte nell'arco di un mese: è stato così possibile includere nell'a-

01. Analisi dell'inventario, individuazione degli input, output, tempi e fasi di lavorazione delle tre vetrerie partner. Tale modello consente di rappresentare gli scambi tra le singole operazioni appartenenti alla catena produttiva effettiva.

LCA ANALISI INVENTARIO

L'analisi dell'inventario consente di rappresentare gli scambi tra le singole operazioni appartenenti alla catena produttiva effettiva: le fasi sono state classificate come riportato nella legenda accanto.

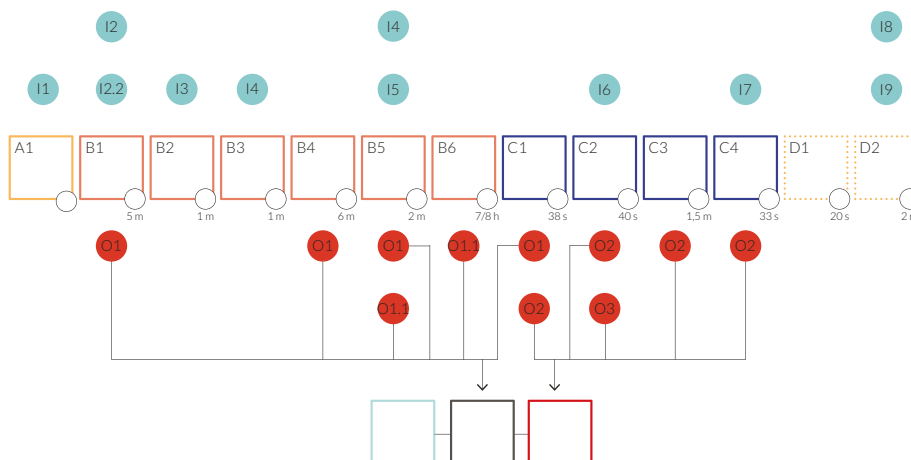
Per ciascuna vetreria è stata condotta l'analisi inventario su un prodotto specifico.



Nicola Moretti

Realizzazione Pesci in vetro soffiato. Per ogni pesce si usano 20 pezzi di canne lunghe 7,5 cm

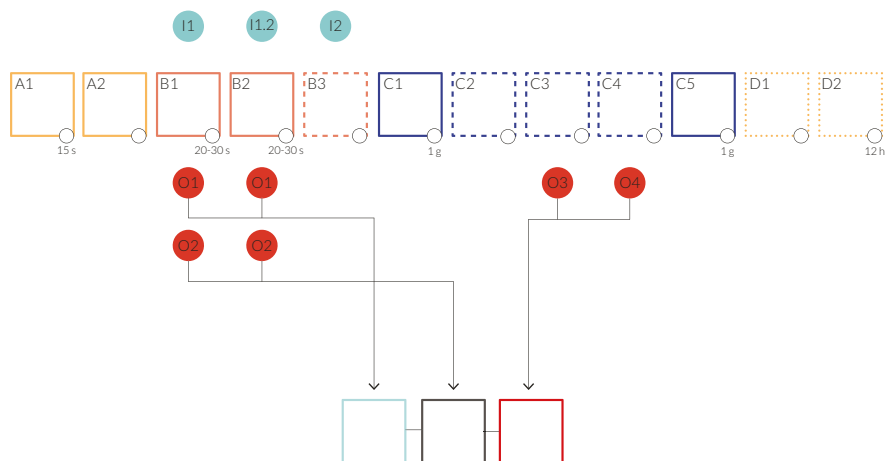
11. Cotisso
12. Canne semilavorate di filigrana con vetro lattimo (Nicola Moretti)
- 12.2. Canne semilavorate colorate blu cobalto (Effetre)
13. Polvere di gesso o talco
14. Cristallo prelevato dal crogiolo del forno
15. Griniglia di vetro colorato
16. Smeriglio (Carburo di silicio)
17. Pietra pomice
18. Base (vetrofusione tra vetro colorato e cristallo)
19. Occhi pesce (perle realizzate a lume)
- A.1 Preparazione e mantenimento della fornace con il cristallo.
- B.1. Taglio delle canne
- B.2. Riscaldamento della piastra metallica con le canne
- B.3. Base di cristallo per canna di acciaio
- B.4. Modellazione del vetro per ottenere il corpo del pesce
- B.5. Coda
- C.1. Taglio con lama diamantata
- C.2. Molatura con smeriglio
- C.3. Levigatura a nastro verticale per definire bocca e bisellatura interna ed esterna della bocca del pesce
- C.4. Lucidatura
- D.1. Lavaggio successivo operazioni di moleria
- D.2. Incollaggio degli occhi e della base
- O.1. Vetro tagliato o avanzi di canne o schegge
- O.1.2 Cristallo e vetro colorato rimasto sulla canna di acciaio usata per preparare la coda.
- O.3. Fango: polvere di vetro mescolata con acqua e/o altro (smeriglio, pomice, sughero)



Costantini Glassbeads

Realizzazione perle di diametro 14 mm e peso di 5 g. Bacchetta opale nera peso iniziale 130 g - peso finale (dopo 12 perle) 80 g. Bacchetta opale bianca peso iniziale 45 g - peso finale (dopo 12 perle) 35 g

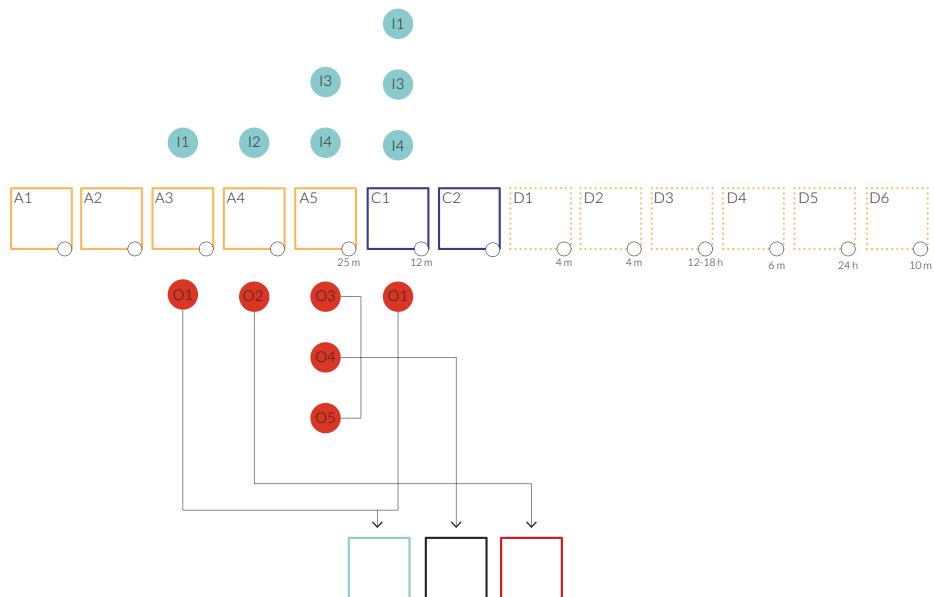
- I1. Bacchetta di vetro opale nera
- I1.1 Bacchetta di vetro opale bianca
- I2. Macie
- A1. Accensione cannello
- A2. Preparazione delle bacchette di vetro
- B1. Realizzazione anima della perla
- B2. Realizzazione decorazione perla
- B3. Decorazione a macie
- C1. Raffreddamento perla con perlite
- C2. Sabbiatura
- C3. Molatura
- C4. Incisione
- C5. Scioglimento bastoncino di rame
- D1. Lavaggio perla
- D2. Asciugatura perla
- O1. Morsi di canna
- O2. Gocce di vetro
- O3. Polvere di vetro e polvere di diamante
- O4. Polvere di vetro



Vetrate artistiche Murano

Vetrata artistica di dimensione 30x30 cm composta da 4 rulli

- I1. Piombo trafilato
- I2. Vetro float
- I3. Rulli fornace
- I4. Lastra
- A1. Progettazione a computer
- A2. Trafilatura piombo
- A3. Taglio piombo
- A4. Prove di taglio
- A4. Taglio vetro
- C1. Rilegatura vetrata
- C2. Saldatura
- D1. Eliminazione impurità
- D2. Sbrinatura
- D3. Asciugatura
- D4. Sgrassatura
- D5. Asciugatura
- D6. Pulitura vetro
- O1. Scarto piombo
- O2. Scarto vetro float
- O3. Scarto rulli
- O4. Scarto lastra
- O5. Scarto moleria



nalisi non solo la produzione di oggetti iconici ma anche una vasta gamma di produzioni e di scarti, rappresentativi di un'attività non soggetta a serialità.

Le percentuali ottenute in questa seconda analisi attestano valori differenti dai primi. Nel caso della lavorazione a lume lo scarto è cresciuto dal 2-3% al 25% per la presenza dei morsi di bacchetta e dei prodotti difettosi (le perle rotte fanno parte di un normale scarto di produzione ma nella prima analisi non ne erano state prodotte). Nel caso di Nicola Moretti invece lo scarto è pari al 45% del vetro utilizzato, valore poco distante da quello stimato con LCA. Lo scarto raccolto da Stefano Bullo durante la realizzazione di diverse vetrature ha fornito un dato inferiore a quello stimato con la prima lavorazione: si è passati dal 60-65% di scarto al 35%, una differenza spiegata dall'impiego di rulli e lastre realizzate su misura, che permettono di ridurre di molto la percentuale di scarto sul totale di vetro lavorato. Ne si desume che differenti tipologie di lavorazioni artigianali danno differenti percentuali e tipi di scarto (img. 02).

La prototipazione

La prototipazione dei compositi in scarti di vetro e matrici ha preso avvio dopo la raccolta di scarti eseguita per un mese da parte dei tre partner aziendali. Si è operato tenendo sempre fede all'intento di realizzare un materiale composito dal ciclo di vita sostenibile, inteso come riciclabile senza *downcycling* della componente vetro, e di lavorare in Murano, con tecniche e strumentazioni compatibili con le lavorazioni in corso presso le vetrerie partner di progetto. Le fasi del lavoro possono essere riassunte in cinque punti:

1. Vaglio e classificazione degli scarti
2. Frantumazione e/o polverizzazione del vetro
3. Classificazione granulometrica del vetro
4. Scelta delle matrici
5. Preparazione dei provini

1. Vaglio e classificazione degli scarti

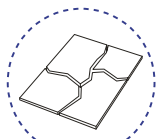
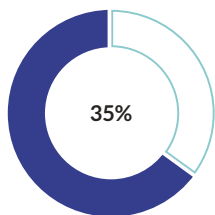
La prima fase consiste nell'eliminazione dei materiali contaminanti gli scarti e nello smistamento del vetro per macro categorie cromatiche.

Attraverso vaglio manuale sono stati raccolti e riconosciuti una serie di materiali inquinanti il vetro, come il rame delle bacchette per la lavorazione a lume, il gesso e il cemento utilizzati come distaccanti o refrattari durante la cottura nei forni, le foglie d'oro e le foglie d'argento impiegate per la decorazione, le parti di specchio e il vetro industriale. La purezza degli sfridi è una caratteristica importante per consentire il reimpiego di questi: solo

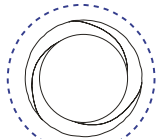
02. Percentuale sfridi a confronto.

Lavorazione
vetrate artistiche

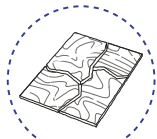
Partner aziendale:
Vetrate Artistiche Murano
di Stefano Bullo



Vetro float



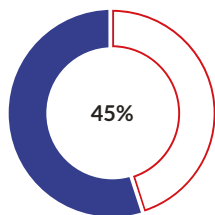
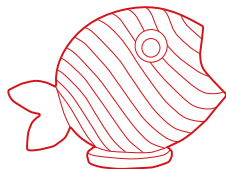
Rullo



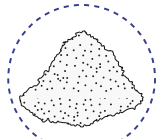
Vetro rullato

Lavorazione
del vetro soffiato

Partner aziendale:
Nicola Moretti



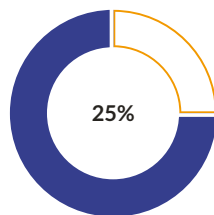
Sfridi



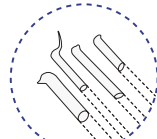
Polvere di vetro

Lavorazione
delle perle a lume

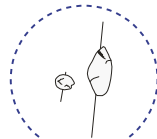
Partner aziendale:
Costantini Glassbeads
di Alessandro Moretti



Gocce di vetro



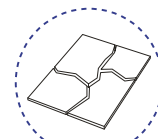
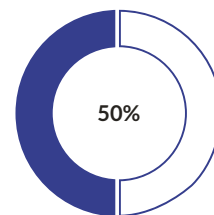
Morsi di bacchette



Perle rotte

Distretto del vetro
artistico di Murano

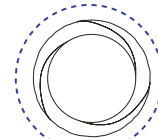
Gli sfridi prodotti dall'intero distretto di Murano ogni anno oscillano dalle 700 alle 1000 tonnellate, che corrisponde al 50% di tutto il vetro usato nelle diverse lavorazioni del vetro artistico



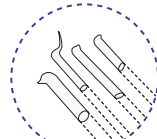
Vetro float



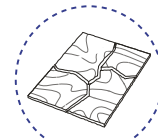
Gocce di vetro



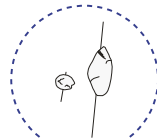
Rullo



Morsi di bacchette



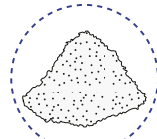
Vetro rullato



Perle rotte



Sfridi



Polvere di vetro

PERCENTUALI SFRIDI

■ Vetro lavorato
■ Sfridi Stefano Bullo
■ Sfridi Nicola Moretti

■ Sfridi Alessandro Moretti
■ Sfridi Murano

con opportuno vaglio è possibile stilare una prima classificazione cromatica, che è tanto più semplice quanto più gli sfridi sono di grande dimensione (ad esempio: i morsi di bacchette e i pezzi di lastre). Gli scarti sono stati divisi in sette macrocategorie cromatiche: rossi, gialli, verdi, blu, viola, nero e bianco opalino, assieme al cristallo (img. 03).

2. Frantumazione e polverizzazione del vetro

Il vetro di scarto, se umido o sporco, è stato lavato e asciugato prima di essere sottoposto a frantumazione. Questa lavorazione degli sfridi, sia di quelli più minuti che degli sfridi divisi per macrocategorie cromatiche, è stata realizzata con differenti tecniche dapprima manuali e poi meccaniche, migliorando l'efficienza del lavoro e consentendo la produzione di materie prime seconde più omogenee per granulometria e caratteristiche fisiche.

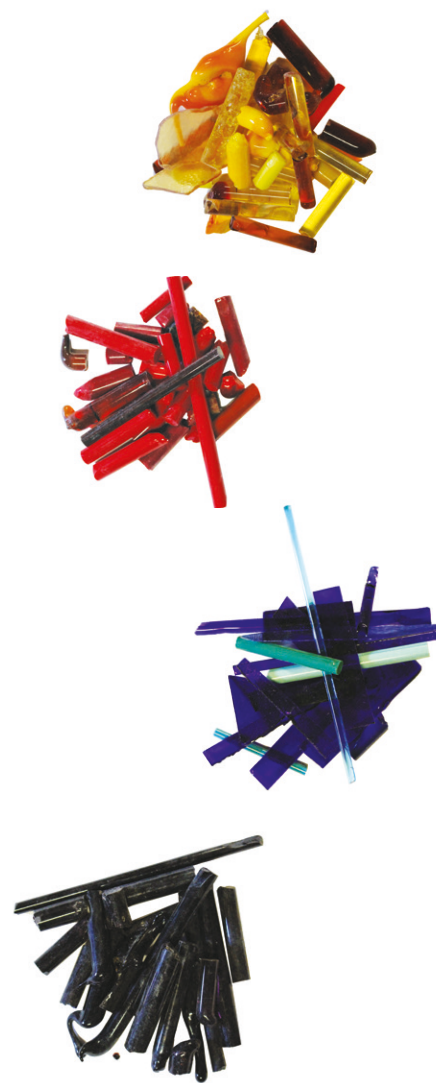
Dapprima sono stati impiegati dei mortai, ma la lavorazione era troppo onerosa in termini di tempo e dava esiti difficilmente iterabili, inadatti al lavoro di prototipazione. Si è scelto quindi di lavorare con un frantumatore meccanico a ganasce e uno a rulli che, sostanzialmente, operano come mulini consentendo di trattare anche grosse quantità di vetro senza particolare sforzo. Con la prima macchina il vetro di scarto viene schiacciato tra una ganasce fissa e una mobile, il frantumatore a rulli è costituito da un telaio sul quale sono montati i rulli: un cilindro fisso e uno mobile, trattenuto da molle. I frantumatori si sono rivelati essere strumenti ideali per la preparazione di campioni destinati sia alle analisi di laboratorio che per la produzione di materie prime seconde in grandi quantità, adatte per essere impiegate nelle lavorazioni artigianali in Murano e per la realizzazione dei provini in composito.

Per la riduzione degli sfridi in elementi di dimensioni ancora più minute è stato utilizzato anche un buratto a rotazione con sfere metalliche: grazie al movimento rotatorio del contenitore del buratto, le sfere metalliche frantumano i frammenti di vetro in dimensioni tanto più piccole quanto più è il tempo per il quale viene lasciata in funzione la macchina. Il procedimento per ottenere della polvere di vetro tramite burattatura richiede molto tempo poiché la rotazione avviene a basse velocità.

3. Classificazione granulometrica

Il vetro frantumato e polverizzato è stato vagliato con setacci a maglie sempre più fini, fino ad arrivare a riconoscere frammenti di vetro della dimensione di 0,5 mm, simili alla sabbia più sottile. I frammenti così lavorati sono stati organizzati in cinque classi di granulometria:

- Granulometria grande $7 > x \geq 5 \text{ mm}$
- Granulometria media $5 > x \geq 3 \text{ mm}$



03. Classificazione cromatica degli sfridi di vetro raccolti dai partner aziendali.

04. Granulometria ottenute dalla frantumazione e burattatura del vetro.

A - Granulometria grande $7 > x \geq 5 \text{ mm}$

B - Granulometria media $5 > x \geq 3 \text{ mm}$

C - Granulometria piccola $3 > x \geq 1 \text{ mm}$

D - Granulometria piccolissima $1 > x \geq 0,5 \text{ mm}$

E - Polvere $x < 0,5 \text{ mm}$



A



B



C



D



E

- Granulometria piccola $3 > x \geq 1 \text{ mm}$
- Granulometria piccolissima $1 > x \geq 0,5 \text{ mm}$
- Polvere $x < 0,5 \text{ mm}$

Le granulometrie grande, media e piccola hanno dimensioni tali per cui è possibile riconoscere le diverse caratteristiche cromatiche dei frammenti che le compongono, questo non è possibile osservando la granulometria detta “piccolissima” perchè il vetro ha dimensioni che non consentono il riconoscimento dei singoli frammenti. La polvere ha una consistenza e un aspetto completamente differente delle granulometrie appena descritte, si presenta come un talco dalla colorazione omogenea ma leggermente sbiadita rispetto ai colori principali del vetro di partenza, la dimensione media dei pezzettini di vetro è pari a $200 \mu\text{m}$, la granulometria più piccola sperimentata durante la ricerca (img. 04).

4. Scelta delle matrici

Un materiale composito è costituito da due o più sostanze, la cui unione dà origine a un prodotto avente proprietà fisiche differenti rispetto a quelle dei singoli elementi che li compongono. Può essere realizzato impiegando un rinforzo che ne assicura resistenza meccanica e rigidità, e una matrice (detta anche legante) che racchiude il rinforzo e che può anche definire la forma del manufatto stesso. In questo caso specifico il vetro di Murano costituisce il rinforzo, le matrici che danno forma al manufatto e tengono assieme i frammenti di vetro sono soluzioni di varia origine che permettano la reversibilità del materiale composito.

Gli esperimenti sono stati effettuati impiegando leganti minerali (gesso alabastrino e cemento bianco), chimici (resine epossidiche), polimeri naturali (PLA) e leganti naturali (colla d’ossa, colla di coniglio, colla di pesce, gomma arabica, gomma copale manila, gomma damar, gomma sandracca, colofonia, caseina in polvere, amido di riso) (img. 05). Questi leganti sono stati impiegati in via esclusiva e successivamente anche in miscela; durante le diverse sperimentazioni sono stati provati oltre trenta tipi di miscele frutto del tentativo di risolvere alcune problematiche che i singoli leganti presentavano durante la fase di lavorazione, di asciugatura, di verifica all’idrosolubilità o, più semplicemente, di scarsa resistenza meccanica.

Infine la ricerca ha prodotto materiali compositi caratterizzati dalla reversibilità del processo, sfruttando le caratteristiche del vetro: in quanto materiale permanente, le proprietà subiscono difficilmente delle alterazioni nel tempo e quindi quando l’unione tra matrice e frammenti di un materiale composito viene dissolta, la componente vitrea può essere recuperata.










05. Alcuni campioni delle matrici testate per la realizzazione del materiale composito: colla naturale (A), resina naturale (B), acido polilattico PLA (C).

06. Fase di preparazione di alcuni provini.



MATRICI	SCARTI DI GRANULOMETRIA GRANDE	SCARTI DI GRANULOMETRIA MEDIA	SCARTI DI GRANULOMETRIA PICCOLA	SCARTI DI GRANULOMETRIA PICCOLISSIMA	POLVERE DI VETRO	SCARTI DI CONTERIA
Cementi - gessi	8	8	8	10	4	4
Polimeri termoindurenti	6	6	8	8	0	8
Polimeri termoplastici	4	8	8	8	4	10
Colle naturali	20	16	14	10	2	4
Gomme naturali	8	8	4	8	2	0
Resine naturali	4	4	4	0	0	0
Amidi	6	10	10	8	0	4
Caseina	6	8	10	8	0	4
NUMERO PROVINI REALIZZATI						302

	Facile lavorabilità, brevi tempi asciugatura, buona resistenza meccanica
	Facile lavorabilità, lunghi tempi asciugatura, buona resistenza meccanica
	Facile lavorabilità, brevi tempi asciugatura, scarsa resistenza meccanica
	Facile lavorabilità, lunghi tempi asciugatura, scarsa resistenza meccanica
	Difficile lavorabilità, lunghi tempi asciugatura, buona resistenza meccanica
	Difficile lavorabilità, brevi tempi asciugatura, scarsa resistenza meccanica
	Difficile lavorabilità, lunghi tempi asciugatura, scarsa resistenza meccanica

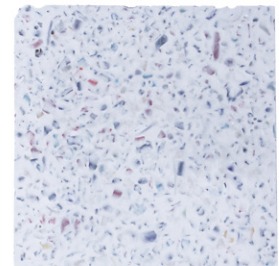
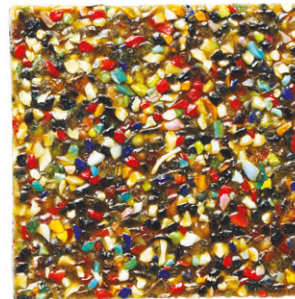
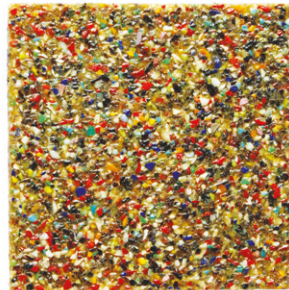
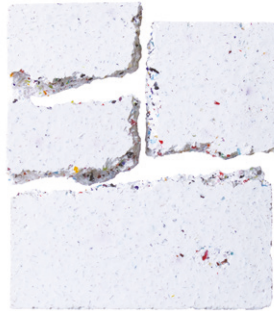
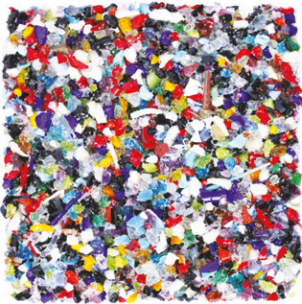
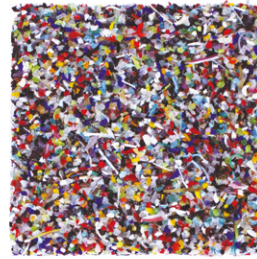
5. Preparazione dei provini

Con i vetri di differenti granulometrie e le matrici descritte sono stati realizzati circa trecento provini di dimensioni 10x10x2 cm impiegando stampi in silicone che permettessero un facile scasseramento delle piastrelle in composito, spesso però compromettendo una adeguata asciugatura dei provini (img. 07). Per ogni abbinamento (matrice e frammenti di vetro) sono state provate differenti percentuali in peso di mescola (a partire 50% di matrice + 50% di frammenti di vetro sino, in alcuni casi, ad arrivare al 25% di matrice + 75% di frammenti di vetro). Ogni variazione di percentuale dà esiti molto differenti e condiziona la lavorabilità e le caratteristiche macroscopiche del materiale prodotto, come durezza, elasticità, odore, colore e trasparenza; ogni abbinamento, per valorizzare le caratteristiche del vetro, ha richiesto una specifica ricetta non sempre facilmente intuibile.

Impiegare matrici naturali consente di ragionare in merito alla sostenibilità e alla reversibilità dei compositi ma costringe ad affrontare problemi di resistenza meccanica, di idrosolubilità e di resistenza alle muffe e ai batteri, problemi che non sempre possono essere risolti con l'impiego di additivi. La trasparenza di alcune matrici offre prodotti piacevoli alla vista, perché valorizzano le cromie degli scarti di vetro e hanno il potenziale di poter essere prese in considerazione per usi in ambito edile o del design (img. 08).

07. Tabella riassuntiva delle matrici e degli inerti realizzati con il vetro di scarto, vi sono indicati i risultati che più valorizzano il vetro di Murano. Per ogni combinazione tra matrice e scarto di vetro sono state realizzate almeno due prove per verificare la riproducibilità dei risultati; inoltre per ogni combinazione si sono provate differenti variazioni delle due componenti, in alcuni casi anche cinque variazioni di percentuali matrice/vetro al fine di migliorare alcuni problemi di lavorazione, estetica e asciugatura.

08. Provini 10x10cm realizzati con frammenti di vetro e diverse tipologie di matrici.

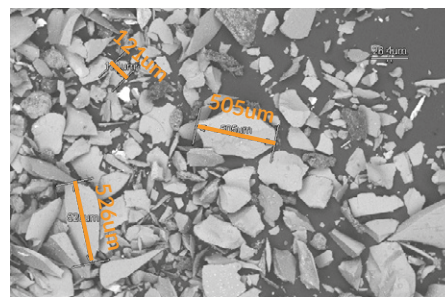


Sono stati realizzati anche provini con matrici più tradizionali (cemento, gesso e resina epossidica), anch'esse capaci di offrire valide possibilità di riutilizzo degli sfridi del vetro. Tra le differenti sperimentazioni, due matrici si sono contraddistinte: il cemento bianco fotocatalitico e la resina epossidica. Il cemento bianco è stato accoppiato con il vetro in forma di polvere e di frammenti più grandi, osservando in diversi casi l'effetto fotocatalitico che gli aggregati inducono all'interno dei cementi additivati con biossido di titanio. Grazie all'interazione dei fotocatalizzatori con la luce, è possibile un abbattimento delle molecole inquinanti presenti in atmosfera e le capacità del vetro di trasmissione della luce potenziano in maniera significativa questo effetto. Proseguire queste sperimentazioni può consentire di ottimizzare l'effetto fotocatalitico prodotto dai materiali compositi con gli sfridi di vetro.

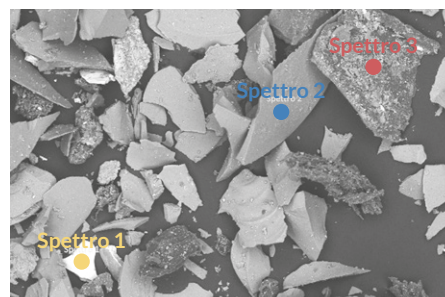
Un secondo legante dalle grandi potenzialità si è rivelato essere la resina epossidica: è una delle più utilizzate per la realizzazione di materiali compositi avanzati ottenuti impiegando fibre di varia natura (carbonio, vetro, carburo di silicio sono solo alcuni esempi). Grazie alla trasparenza della resina è possibile far risaltare la straordinaria varietà cromatica del vetro artistico di Murano, realizzando ad esempio piastrelle di rivestimento per ambienti interni. Su questo materiale composito sono in corso diversi studi per l'ottimizzazione del rapporto vetro di scarto e resina, con l'impiego di agenti accoppianti utili a migliorare la compatibilità tra i due materiali. Infine, si stanno sviluppando approcci a basso impatto ambientale per recuperare i materiali compositi a fine vita (Heriyanto *et al.*, 2019; Zabihi *et al.*, 2020). Buona parte dei provini realizzati presentano delle debolezze in termini di resistenza, ma mostrano di avere proprietà vantaggiose quali l'elasticità e la flessibilità, e caratteristiche come la trasparenza e la sostenibilità, aprendo a prospettive potenzialmente implementabili per l'impiego in ambiti ancora differenti.

Analisi chimico-fisiche su vetro di scarto

Per comprendere meglio la morfologia e la composizione del vetro di scarto, il prof. Alessandro Angelini ha consentito all'utilizzo delle strumentazioni del Laboratorio VTOBETA3L1, in particolare, sono state svolte delle osservazioni al microscopio elettronico a scansione (SEM) corredate da analisi tramite spettroscopia EDX grazie all'aiuto della prof.ssa Angela Maria Stortini. Queste analisi sono di grande interesse per i maestri vetrai perché consentono di comprendere il comportamento del vetro e di ragionare in merito alle sue caratteristiche anche durante i processi di prima lavorazione.



Ve_Mix0004 2021/05/03 10:48 H D8.5 x60 1 mm
Vetro misto



Ve_Mix0005 2021/05/03 10:50 H D8.8 x150 500 um

CAMPIONE 1			
Elemento	Spettro 01 (% Atomica)	Spettro 02 (% Atomica)	Spettro 03 (% Atomica)
CARBONIO	44,8%	40,3%	39,7%
OSSIGENO	41,6%	49,1%	42,4%
SODIO	1,6%	3,1%	2,6%
ALLUMINIO	0,3%	0,2%	-
SILICIO	6,9%	4,9%	5,3%
POTASSIO	3,9%	0,2%	0,5%
CALCIO	-	0,6%	2,1%
PIOMBO	0,9%	-	-
FERRO	-	0,9%	6,7%
RAME	-	0,6%	0,7%

09. Immagine SEM campione 1. Polvere ottenuta da vetro di scarto misto, derivante da un processo di frantumazione manuale tramite mortaio.

10. Immagine SEM campione 1. Particolare dei tre granelli scelti per l'analisi composizionale EDX.

11. Composizione elementare ottenuta tramite EDX di tre frammenti del vetro frantumato tramite mortaio (campione 1).

Il primo campione analizzato è stato di polvere vetrosa ottenuta da scarto misto, derivante da un processo di frantumazione manuale realizzato tramite l'utilizzo di un mortaio. Nell'immagine SEM riportata in figura 09 è possibile osservare una morfologia prevalentemente oblunga, non regolare e in certi casi aguzza della polvere di vetro. Si può ipotizzare che questa morfologia sia dovuta al processo di frantumazione tramite mortaio, che può avere avuto un'azione paragonabile all'esfoliazione, ossia lo sfaldamento dei frammenti di vetro in scaglie. Inoltre, si è osservata la presenza di alcuni granelli che producevano un segnale più intenso (dunque apparivano più chiari nell'immagine) rispetto agli altri. Si è deciso di concentrare l'attenzione su tre granelli di diversa tipologia (img. 10): è stata svolta un'analisi composizionale tramite spettroscopia EDX al fine di determinare la natura delle possibili differenti fasi. In tutti e tre i frammenti analizzati l'elevata concentrazione di ossigeno, di concerto con la presenza di silicio e sodio (img. 11), ha permesso di stabilire la presenza di vetro nei granelli.

Nel frammento n. 1 (spettro 1, img. 10), l'elevata intensità del segnale SEM è associabile alla presenza di piombo all'interno della sua composizione: ciò perché esiste una forte dipendenza del numero di elettroni retrodiffusi, utilizzati per creare l'immagine SEM, dal numero atomico dell'atomo diffusore. La presenza di vetro al piombo non deve sorprendere, in quanto è possibile che questo derivi dall'utilizzo di vetro realizzato molto tempo addietro e impiegato per vecchie lavorazioni ormai abbandonate.

Per quanto riguarda lo spettro del frammento n. 2, l'elevata concentrazione di sodio e di calcio indica che si tratta di un granello di polvere di vetro silico-sodico-calcico, compatibile con la ricetta che attualmente viene impiegata per realizzare il vetro di Murano. La presenza di ferro può essere giustificata dal fatto che esso sia stato introdotto come colorante nel vetro primigenio; non può essere comunque del tutto esclusa la sua presenza come contaminante, migrato dal contenitore in cui erano conservati gli scarti. Infine, la presenza del rame può essere associata anche in questo caso a una sua aggiunta nel vetro fuso come agente colorante, sebbene potrebbe anche trattarsi di una contaminazione dovuta alla lavorazione delle perle al lume, che comporta l'utilizzo di bacchette in rame per realizzare le perle stesse. Infine, nel frammento n. 3 i due elementi maggioritari sono ossigeno e ferro. È possibile ipotizzare che si tratti di un granello di ossido di ferro (ruggine) ricoperto di minuscoli frammenti di vetro: la presenza di tale materiale è presumibilmente legata a un rilascio da parte del contenitore metallico di stoccaggio del vetro.

L'elevata concentrazione di carbonio rilevata in tutti e tre gli spettri EDX è un artificio strumentale: per poter osservare al SEM campioni di vetro (materiale non conduttore), occorre prima rendere elettricamente conduttore il sistema analizzato. Per fare ciò è stato necessario depositare

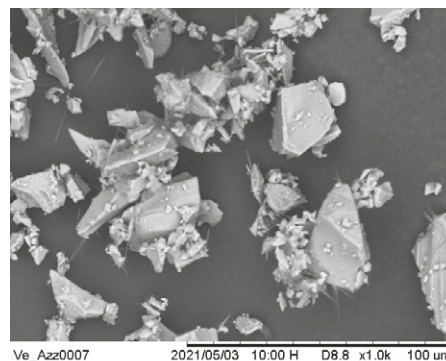
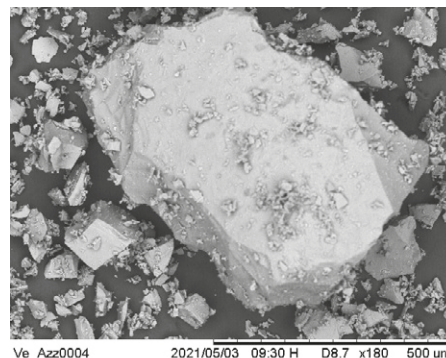
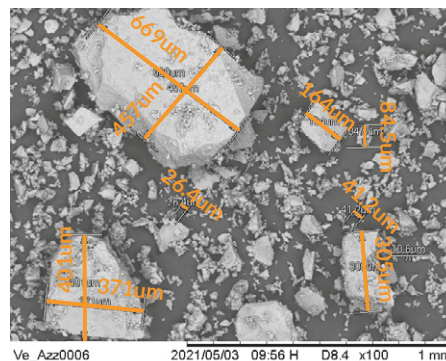
la polvere di vetro su un nastro biadesivo conduttivo a base di carbonio, che ha contribuito in modo importante al segnale complessivo sia dell'ossigeno sia del carbonio.

Mediante la tecnica SEM è stato analizzato anche il secondo campione, costituito da polvere ottenuta da vetro di scarto di unica tipologia e unico colore, il turchese, derivante da un processo di frantumazione tramite burattatura. Dalle immagini ricavate (immg. 12-14) è stato possibile osservare, rispetto al primo campione, una diversa morfologia dei frammenti ottenuti dopo la frantumazione degli scarti. I granelli sono di maggiori dimensioni e costellati da altri più piccoli, alcuni dei quali aderenti ai granelli più grandi. La morfologia di queste piccole porzioni di materiale è tendenzialmente più regolare, meno oblunga e aguzza rispetto al caso precedente, ad eccezione di alcune strutture aciculari visibili a ingrandimenti maggiori. Si può ipotizzare che questa differente morfologia sia indotta dal processo di frantumazione tramite buratto che può aver agito in modo da smussare gli spigoli dei frammenti vetrosi sia per interazione meccanica con le sfere sia tra i frammenti stessi. Questo peraltro spiegherebbe anche l'elevata varietà dimensionale dei frammenti rispetto a primo campione.

L'analisi composizionale tramite spettroscopia EDX ha permesso di determinare su più punti la presenza degli elementi riportati in figura 15. La presenza di ossigeno associata a silicio, calcio e sodio conferma che anche questi granelli di polvere di vetro sono di natura silico-sodico-calcica, compatibili con la ricetta attualmente impiegata per realizzare il vetro di Murano. Diversamente dal caso precedente, in cui la polvere era ottenuta partendo da scarti di diverso colore e tipologia, in questo caso la polvere analizzata era di colore uniforme ed è stato possibile evidenziarne il colorante, che è risultato essere a base di rame. È infatti noto che aggiunte di ossido di rame alla miscela vetrosa inducano una colorazione turchese del vetro.

Gli oggetti

Il lavoro in vetreria e il continuo confronto con i maestri vetrai ha piegato molte volte la metodologia della ricerca alle forme più tradizionali della sperimentazione condotta da chi lavora in bottega. La ricerca apre numerose possibili vie per lo sviluppo di materiali compositi a base di vetro di scarto, propone possibili impieghi per alcuni tipi di questi scarti e si offre al confronto con il lavoro dei partner di progetto. Da questo confronto, oltre che dal desiderio di mettere alla prova i compositi, è nata l'idea di accostare il frutto del lavoro di ricerca alle tecniche tradizionali. Sono stati selezionati tre compositi e realizzati tre oggetti con la collaborazione dei maestri vetrai:



12. Immagine SEM campione 2. Polvere ottenuta da vetro di scarto di un'unica tipologia e colore, derivante da un processo di frantumazione tramite burattatura.

13. Immagine SEM campione 2. Particolare di un frammento di grandi dimensioni.

14. Immagine SEM campione 2. Particolare di frammenti di piccole dimensioni.

gli oggetti e la descrizione della ricerca sono stati per la prima volta esposti al pubblico durante The Venice Glass Week 2021 (img. 22).

Con Alessandro Moretti è stata realizzata una lampada (imgg. 16-17). Tre lastre sono state inserite su di una base in legno prodotta impiegando una vecchia bricola: sono state realizzate due lastre (18x18x1 e 12x10x1cm) con perline di conteria di seconda scelta e un polimero termoplastico che ha la duplice funzione di legare le perle tra di loro e di far passare la luce; la terza lastra (10x6x0,4 cm) è stata ricavata da un semilavorato in vetro di Murano che aveva delle imperfezioni tali da renderlo inadatto ai suoi usi primari. Le due lastre più grandi, realizzate con le perline di conteria, propongono un possibile utilizzo delle perle di scarto, la terza lastra nobilita le imperfezioni del materiale di scarto attraverso il passaggio della luce.

Con Stefano Bullo è stata realizzata una piccola vetrata ispirata alle antiche vetrate veneziane a rulli (imgg. 18-19): tre dischi sono realizzati interamente con scarti e mostrano un vetro extrachiaro decorato con gli scarti ridotti in polvere, il quarto disco è stato ottenuto combinando un polimero termoindurente con frammenti di vetro colorato dalla dimensione compresa tra 0,5 mm e 1 mm. La rilegatura è stata eseguita in piombo, come tradizione per le vetrate veneziane. Sono state indagate le potenzialità di impiego e di valorizzazione estetica della polvere di vetro utilizzata con la tecnica della serigrafia e come colorante steso a pennello tramite medium (sostanza in colore per veicolare i pigmenti). I risultati ottenuti sono molto interessanti poiché permettono di valorizzare il vetro di scarto e mostrano nuove e inedite decorazioni per la realizzazione delle vetrate artistiche.

Con Nicola e Alberto Moretti è stato realizzato un vaso (imgg. 20-21) ispirato alla tecnica dell'incalmo, una delle tecniche più famose e rinomate del vetro muranese, ideata nel XVI secolo ma valorizzata pienamente nella seconda metà del XX secolo, che associa a caldo due forme soffiate per tutto il loro perimetro così da ottenere in uno stesso oggetto l'incontro suggestivo di zone differenziate e, solitamente, di colore diverso. Nel caso del vaso con gli scarti di vetro l'incalmo viene realizzato a freddo, la parte inferiore è prodotta per soffiatura e la parte superiore è data dalla combinazione di un collante naturale con frammenti colorati aventi dimensione compresa tra 5 mm e 3 mm.

CAMPIONE 2	
Elemento	% Atomica
CARBONIO	8,6%
OSSIGENO	64,8%
SODIO	9,3%
ALLUMINIO	0,4%
SILICIO	15,4%
CALCIO	1,2%
RAME	0,3%

15. Composizione elementare ottenuta tramite EDX di vetro frantumato tramite buratto (campione 2).



16-17. Lampada realizzata con l'aiuto di Alessandro Moretti impiegando perle di conteria di seconda scelta.





18-19. Vetrata a piombo realizzata con l'aiuto di Stefano Bullo impiegando vetro di scarto in polvere e di granulometria piccolissima.





20-21. Vaso a incalmo realizzato con l'aiuto di Nicola e Alberto Moretti impiegando vetro di scarto di granulometria media.





La ditta Costantini Glassbeads di Alessio Moretti nasce nel 2006 ma ha alle spalle una lunga tradizione familiare iniziata dal nonno e dal nonno di Alessandro e si è legata alla produzione di corone. Nel 1990 è la cui arte è stata riconosciuta come ditta specializzata nella lavorazione delle perle e realizza collane, bracciali, complementi d'arredo collaborando con innumerevoli case di moda e designer.

Costantini Glassbeads by Alessandro Moretti è stata fondata nel 2006 ed ha a lungo una tradizione che risale al nonno di Alessandro, il quale produceva corone di perle. Nel 1990 Alessandro acquisisce dalla famiglia 90 quintali di perle di corone prodotte dalla ditta specializzata nella lavorazione delle perle e realizza collane, bracciali, complementi d'arredo collaborando con innumerevoli case di moda e designer.



andro
le una
i-
mpre
2001
50
del
17 di-
La
delle
e
on fu-
Mura-
mer
2001
and
n the
art
mica
ni
a kam-
y, fin-
n colla-
es and



V.A.M. "Vetrate artistiche Murano" di Stefano Bullo nasce nel 2014 ma la sua storia risale al 1964, quando grazie a Michela Fiorato, madre di Stefano, nasce la ditta "Vetrate a Piombo Artistiche", e ancor prima, a partire dalla fine degli anni '70 quando il padre di Stefano impara il mestiere della Vetrate. Quella di Stefano è una piccola realtà aziendale unica nel suo genere a Murano. Si occupa della produzione e del restauro di vetrate artistiche, in particolare modo di quelle tradizionali veneziane e realizza anche decorazione su vetro a smalti e serigrafia.

V.A.M. "Vetrate artistiche Murano" was founded by Stefano Bullo in 2014 but its history goes back to 1964, when "Vetrate a Piombo Artistiche" was founded by Stefano's mother Michela Fiorato and even earlier, in the second half of the '70s, when Stefano's father learned the art of glassmaking. Stefano's company is small and unique in its kind in Murano: it deals with the production and restoration of artistic glass windows, especially traditional Venetian ones, and also carries out decoration on glass with enamels and serigraphy.



Nicola Moretti è un c. dei Fratelli Alberti e Nicola Moretti è una piccola azienda Muranese a gestione familiare con alle spalle una storia che ha inizio a metà del 1900 e che fa dei Fratelli Moretti la quinta generazione di una famiglia da sempre impegnata nella lavorazione del vetro di Murano. L'azienda è specializzata nella lavorazione del vetro soffiato e della vetrofusione ma Nicola Moretti, dal 2004, insegna l'arte del vetro in scuole italiane che stranieri.

Nicola Moretti è un c. dei Fratelli Alberti e Nicola Moretti è una piccola azienda Muranese a gestione familiare con alle spalle una storia che ha inizio a metà del 1900 e che fa dei Fratelli Moretti la quinta generazione di una famiglia da sempre impegnata nella lavorazione del vetro di Murano. L'azienda è specializzata in glassblowing and glass fusing and, in addition, since 2004 Nicola Moretti has been teaching the art of glass in Italian and international schools.



22. L'esposizione di Murano Pixel a Ca' Dolfin (una sede dell'Università Ca' Foscari Venezia) in occasione di The Venice Glass Week 2021. Nel mese successivo la mostra è stata ospitata nell'ex cotonificio di Santa Marta (una sede dell'Università luav di Venezia).

Note finali/Considerazioni

La ricerca ha sin da subito mostrato quanto vario sia il vetro e quanto ampia è la gamma di possibili lavorazioni, trasformazioni e sperimentazioni che coinvolgono contemporaneamente le tecniche antiche e le nuove tecnologie di studio e di intervento sul processo di produzione. Le formulazioni del vetro sono numerose e possono essere modificate intervenendo sulle sue componenti chimiche, e ogni variazione influisce sulle caratteristiche e le proprietà del vetro finito: questo è il campo d'azione per lavorare con il vetro di scarto, del quale è difficile conoscere a priori la formulazione. Esistono poche sperimentazioni, tra queste vi è l'esperienza raccontata dal maestro Lino Tagliapietra secondo cui alle Maldive è stato calibrato il coefficiente di dilatazione del vetro delle bottiglie al fine di poterlo utilizzare assieme al vetro delle murrine. La presenza del dipartimento di chimica di Ca' Foscari nel team di ricerca ha consentito di approntare delle analisi di laboratorio mettendo in luce quanto l'artigianato possa essere supportato dalla ricerca scientifica; altrettanto importante è il contributo di Luav, ateneo del progetto, operativo al fine di creare linguaggi interdisciplinari e connessioni tra competenze differenti.

Una pronta collaborazione tra maestranze e scienza è ancora da consolidare e ha in serbo potenzialità che meritano di essere esplorate e approfondite. In questa occasione è stato provato il riuso a freddo degli scarti, apparentemente più semplice e immediato da esperire rispetto alle lavorazioni a caldo sebbene, anche in questo caso sono necessarie strumentazioni e conoscenza acuta delle proprietà di ciascun materiale coinvolto e solo così si possono sviluppare prodotti dalle prestazioni adeguate alle aspettative.

Un anno di ricerca è un periodo sufficiente per comprendere le radici del tema che si affronta, per raccogliere dati utili alla definizione e alla contestualizzazione del tema, per appassionarsi ad una declinazione dei propri studi e per sviluppare, di conseguenza, un pensiero critico a riguardo. Un anno di ricerca dà la possibilità di formulare alcune risposte ma, soprattutto, apre a quesiti e a possibili altri temi di indagine. Questo anno ha gettato un amo nella marea delle infinite possibilità di sviluppo del lavoro ma, soprattutto, chiede più tempo per acquisire una visione completa, per le verifiche delle sperimentazioni e il miglioramento delle prototipazioni, per rendere la ricerca utile a possibili start-up e per consolidare l'interazione con le antiche tecniche di lavorazione del Vetro di Murano, anche dialogando con un mercato che con sempre maggiore interesse affronta i temi del riuso e del riciclo.



MVRANO PIXEL

MURANO PIXEL è una ricerca finanziata con fondi POR-FSE 2014-20 dalla Regione Veneto e condotta da un team di ricercatori delle Università Iuav e Ca' Foscari che ha l'obiettivo di progettare i ricicli degli sfondi di lavorazione del vetro artistico di Murano attraverso l'analisi delle lavorazioni tradizionali e la produzione di nuovi materiali e prodotti.

La ricerca quindi adotta un approccio multidisciplinare che tiene assieme storia, artigianato, chimica e progettazione, tradizione da una parte e innovazione dall'altra per definire un processo e un modo operanti che attraverso dinamiche di economia circolare, non declinano lo scarto del vetro di Murano solamente come un problema ambientale, sociale ed economico, ma come una risorsa in grado di valorizzare quelle competenze e tradizioni antiche che rendono unica l'isola di vetro.

Responsabili scientifici

Stefano Centenaro

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

Paola Careno

Filippo De Benedetti

ECONOMIA CIRCOLARE PER GLI SCARTI DI VETRO ARTISTICO DI MURANO

CIRCULAR ECONOMY FOR MURANO GLASS WASTE

Ogni anno l'isola produce dalle 700 alle 1000 tonnellate di sfondi e 200 tonnellate circa di scarto derivati dalla lavorazione a freddo (materiali per un volume equivalente di 300 metri cubi di scarto di vetro in varie forme. 392 metri cubi di vetro possono consentire la realizzazione di 31.250.000 calici di vetro. Per spostare 392 metri cubi di vetro da Murano alla discarica sono necessarie 91 imballazioni da 11 tonnellate, a pieno carico. Il vetro viene definito un materiale "permanente" perché può essere riciclato indefinidamente senza che si alterino le proprietà intrinseche ma gli affascinanti colori dei manufatti artistici in vetro di Murano lo rendono difficile da riciclare. Per questa ragione è considerato un rifiuto speciale e deve essere opportunamente smaltito fuori dall'isola.

Each year the island produces from 700 to 1000 tons of glass waste and about 200 tons of waste derived from coldworking, which corresponds approximately to a volume of 392 cubic meters of glass waste in various forms (1). Consider that with 392 cubic meters of glass it is possible to create 31,250,000 glass goblets and that to move 392 cubic meters of glass from Murano to the landfill, 91 blue boxes, fully loaded, are needed. Glass is considered a "permanent" material because it can be recycled indefinitely without altering its intrinsic properties. However, the fascinating colors of the artistic Murano glass products make it difficult to recycle. For this reason, it becomes a special waste and particular attention must be paid for its proper disposal outside the island.

50 %

Scarti prodotti da Murano

392 m³

31.250.000

91

392 m³

31.250.000

91

392 m³

31.250.000

91

LA RICERCA

THE RESEARCH

Nel corso della ricerca sono state osservate le lavorazioni tradizionali del partner aziendale muranesi (Costantino Capobasso, Nicola Moretti, Vetrate Artistiche Murano) e attraverso l'analisi dell' ciclo di vita dei prodotti (LCA) è stata quantificata la percentuale di scarto di vetro per ogni lavorazione. Gli sfondi di lavorazione sono stati riciclati, analizzati e catalogati. Quelli di dimensioni maggiori sono stati smistati per colore, gli sfondi invece, troppo piccoli per essere smistati, sono stati frantumati al fine di ottenere diverse granulometrie. Per esplorare i possibili scenari di riuso degli scarti di vetro il team è andato alla ricerca di virtuosi casi studio privilegiando categorie e modalità che non sacrificano le qualità estetiche del vetro di Murano. Ha inoltre maturato l'intenzione a sperimentare un materiale composito che non fosse l'ennesimo rifiuto speciale a fine vita. Per questa ragione i frammenti di vetro sono stati inglobati principalmente in colle, resine naturali e altri materiali sostenibili, che garantiscono il recupero del vetro, composti da prestazioni migliori sono stati selezionati per realizzare tre oggetti diversi, composti da differenti tipologie di vetro e differenti materiali, mantenendo comunque un legame con le tecniche tradizionali di cui gli scarti sono output.

During the research, the traditional glass manufacturing processes of our Murano business partners (Costantino Capobasso, Nicola Moretti, Vetrate Artistiche Murano) were observed and through the life cycle assessment of the products (LCA), the percentage of glass waste was quantified for each glass manufacturing process. Then, glass waste was collected, analyzed and classified accordingly. The larger ones were sorted by color, while the others, too small to be sorted, were crushed in order to obtain different grain sizes. In order to identify the possible scenarios for the reuse of Murano's artistic glass waste, the team searched for outstanding case studies that emphasize the aesthetic qualities of glass. Then, on the basis of these case studies, the team also developed composite materials that were not another special waste at the end of its life. In order to do this, glass fragments were incorporated mainly in glues, natural resins and high sustainable materials, which guarantee the recovery of glass. If needed, the best performing materials were then selected to create three different objects, made out of different types of glass and different materials, while maintaining a link with the traditional techniques of which the waste is an output.

23. Gli assegnisti da ricerca (in ordine da sinistra): Stefano Centenaro, Paola Careno e Filippo De Benedetti.

MASSIMO MORETTI

Fondatore di Wasp

Wasp è un'azienda leader nel settore della stampa 3D, impegnata anche nella formazione. Si fa portavoce di approcci diversi alla progettazione, con particolare attenzione alla sostenibilità. Pensiamo per esempio al progetto GAIA, la prima casa stampata in 3D o al più recente progetto TECLA.

L'azienda si propone di utilizzare la fabbricazione digitale come mezzo per sostituire la fabbricazione industriale. L'approccio industriale è vincolato alla realizzazione di impianti per sviluppare produzione di massa, l'approccio digitale invece è più snello e dedicato all'offerta di pezzi fatti su misura: ogni prodotto è unico ed è frutto di un approccio diverso nel quale il protagonista non è la grande industria ma l'artigianato diffuso, cioè migliaia di piccole produzioni. Vogliamo aprire e percorrere una strada che è indubbiamente affascinante ma irta di problemi da risolvere come la ripetibilità di risorse, la qualità finale dei prodotti e dei servizi, il trasferimento delle informazioni e dei saperi. Ci sono delle somiglianze con la storia di Murano,

con la rete di connessioni che mantiene viva e innovativa la produzione del vetro.

Noi realizziamo delle macchine e produciamo dei casi studio che contribuiscono a comunicare le potenzialità degli strumenti digitali: questo è il nostro campo d'azione. Le macchine sono di varie dimensioni e le più piccole sono dedicate ai materiali tecnici avanzati mentre le più grandi possono essere adatte a vari campi di applicazione, dalla meccanica alla micromeccanica, fino alla medicina o alla chirurgia (per fare protesi). La scalabilità della macchina permette di scalare anche concetti e conoscenze modificando i materiali si può infine arrivare anche alla scala dell'architettura, si possono stampare intere abitazioni, come dimostriamo con TECLA, il nostro ultimo caso studio sperimentale.

Quali materiali utilizzate per la stampa?

Ci ispiriamo alla vespa vasaia che costruisce la propria casa utilizzando quello che trova sul posto. Identifichiamo i materiali con i quali lavora-

re a partire dal luogo, dal contesto con il quale ci interfacciamo e con il quale facciamo rete.

La terra è un caso esemplare perché è ovunque: quindi abbiamo sviluppato sistemi di estrusione per argilla, ceramiche, porcellane, diverse paste per diversi settori, anche quello alimentare. Abbiamo quindi messo a punto un processo che definiamo Liquid Deposit Model (LDM) e che non esisteva al tempo in cui abbiamo iniziato a produrre macchine: la stampa 3D è un campo in grande espansione e chiunque può dare un contributo.

Ad esempio, impiegando i sistemi di stampa 3D (i sistemi di movimentazione degli assi e i sistemi di estrusione) si può lavorare e fare ricerca sui materiali al fine di renderli stampabili. Viceversa, se certi materiali non sono stampabili, si può lavorare sugli estrusori. Lo sviluppo delle nostre tecnologie è frutto di una continua commistione di esperienze, e se a Murano avete trovato tanto vetro da riciclare si può lavorare ad un estrusore per il vetro, all'insegna di una continua commistione tra input e output.

Le potenzialità sono entusiasmanti, ma c'è qualche limite nella stampa 3D?

I limiti sono la conoscenza, il trasferimento del sapere, la capacità di riutilizzare queste tecnologie.

Chiaramente le variabili sono tante (i cambi di materiale, il sistema di estrusione, il diametro, etc.), decine e migliaia in ogni progetto e in ogni sperimentazione: a volte non sembra di lavorare solo con la scienza, la ricerca sembra un percorso di divinazione. Basta che cambi di poco la temperatura dell'ambiente, l'umidità del materiale o dell'ambiente stesso, la velocità di stampa (...) e il risultato è diverso: è dunque impossibile replicare esattamente lo stesso processo di stampa 3D in un contesto quale possono essere le botteghe artigiane, i laboratori dei fab-lab o gli spazi delle piccole e medie imprese.

Ciò che invece si può replicare (e che è importante replicare) è la formazione e la possibilità di trasmettere conoscenza, affinché più persone abbiano le competenze per utilizzare queste attrezzature

e mantenersi aggiornati sulle continue variazioni tecnologiche.

Il processo della sedimentazione della materia richiama molto quello che già esiste in natura...

Sì, non a caso Wasp si ispira alla vespa vasaia, e sono molti gli animali che costruiscono depositando materiale informe e modellando le forme a seconda delle esigenze, del luogo, del clima, etc. Da milioni di anni gli animali sono depositari di questo sapere che credo sia parte del loro DNA: dov'è scritto il G-code del nido della vespa vasaia? Secondo me l'unica ipotesi plausibile è il DNA, anche perché razze diverse fanno nidi diversi, con forme diverse ed estetiche diverse.

In natura questo lavoro e questo sapere si evolve a dei ritmi ideali, noi invece viviamo di e con reti di sperimentatori, studiosi e progettisti: le informazioni girano rapidamente e in pochi mesi (a volte in pochi giorni) le cose cambiano.

“Solo gli strumenti di fabbricazione digitale danno origine ad una nuo-

MASSIMO MORETTI

va generazione di artigiani”. È una vostra frase che ci ha colpito molto, è anche il tema della ricerca di Murano Pixel. Ci stiamo accorgendo come gli ultimi anni siano caratterizzati da una maggiore sensibilità ambientale, che vuole investire in dinamiche di Economia Circolare e industria 4.0 anche nel mondo dell’artigianato. Quali realtà sono più interessate a utilizzare la stampa 3D nel proprio lavoro?

Quando descrivevo e mostravo i processi e i prodotti della stampa 3D spesso mi veniva detto “questa cosa è fatta dalla macchina, non è fatta a mano”. Ho sempre sostenuto che questa cosa “è fatta a mente” perché riuscire a programmare, trasferire alla macchina tutte le informazioni scelte da progetto e definire le caratteristiche specifiche dell’oggetto che ho ideato sono fasi caratterizzanti l’artigianato. Serve una competenza che sconfini con l’arte non solo nel momento in cui stampo in 3D ma anche a monte perché le macchine devono essere programmate e il programma essere istruito in merito ai materiali,

vanno definiti anche i processi sulla post-produzione, che poi diventano strumenti. Lavorare con la stampa 3D assomiglia in tutto e per tutto ad un lavoro artigiano: serve progettualità, conoscenza degli strumenti ed è necessario anche produrre e gestire i materiali con i quali si lavorerà. Quando mi viene chiesto come distinguere il lavoro fatto da una macchina da quello fatto dall’uomo, penso spesso che ciò che può essere fatto da una macchina non sia degno di essere fatto dall’uomo. All’interno di un processo di lavoro ampio e articolato, la macchina può seguire le lavorazioni grossolane mentre all’uomo spetta il tocco finale: un po’ come succedeva nelle scuole d’arte, il maestro aveva il compito di ideare e dava, con il suo speciale tocco, il carattere finale dell’opera, i lavoratori erano invece impegnati nelle fasi intermedie del lavoro. Penso che le macchine possano essere dei validi aiutanti, possano liberare dal lavoro più pesante in modo da lasciare più spazio alla sperimentazione, all’ideazione e all’arte, che sono attività di esclusiva competenza dell’uomo. Stiamo vivendo un’evoluzione nella

produzione industriale: prima l’uomo era a servizio della macchina ora invece, grazie alla fabbricazione digitale, la macchina è al servizio dell’uomo. Questo è un passaggio di qualità perché le macchine sono più intelligenti perché accedono a molti dati in maniera automatica, cosa che prima era impossibile. Per questo sostengo che le macchine sono i nostri nuovi aiutanti.

È un cambiamento culturale importante, frenato in parte anche da un diffuso scetticismo nei confronti della fabbricazione digitale. Sembra che sia ancora poco condivisa l’idea di una collaborazione tra uomo e macchina e che non necessariamente l’uno sostituisca l’altro.

Per questo motivo bisogna continuare a sperimentare e condividere le esperienze, ce ne sono migliaia e possono aiutare a superare lo scetticismo nei confronti delle macchine. Ad esempio, WASP ha fatto dei lavori interessanti con un artista che “disturba” la macchina, inserendo delle varianti imprevedibili, e questo fattore imprevedibile carat-

terizza l'opera. In questo caso, ma non solo in questo, le forme di collaborazione tra uomo e macchina non si limitano solo alla produzione di beni di consumo, possono spaziare in numerosi altri ambiti.

Oggi il mondo sta vivendo la pandemia COVID-19 con conseguenti crisi in vari ambiti: la vostra azienda come si sta ponendo nei confronti di questa condizione?

Compresa l'entità della pandemia abbiamo subito orientato le nostre risorse al servizio della comunità, quindi abbiamo attivato ricerche e progetti dedicati ai sistemi di protezione individuale (mascherine, caschi, visiere, etc.) Eravamo consapevoli della nostra inadeguatezza, ma la cosa più importante era reagire: il nostro approccio è stato quello di fare il possibile con i mezzi che avevamo a disposizione.

Nei mesi successivi abbiamo dedicato il tempo a migliorare la nostra modalità di lavoro in generale, in relazione a quanto stava accadendo nel mondo: con il mercato fermo abbiamo investito moltissimo sulla ricerca

e lo sviluppo dei nostri prodotti, per pensare a nuovi sistemi di produzione. L'evoluzione tecnologica degli ultimi anni ha avuto una crescita esponenziale e continuerà in tale direzione, e noi dobbiamo restare al passo con questi cambiamenti.

MATTEO SILVERIO

Designer

Da molti anni lavori e sperimenti nel campo del vetro artistico, a stretto contatto con i maestri vetrai. La ricerca più recente ha portato allo sviluppo del progetto VERO², dedicato alla stampa 3D di oggetti in vetro. Si tratta di un progetto che riguarda gli strumenti e la materia da utilizzare, e allo stesso tempo indaga le forme che il vetro stampato può assumere. Da dove nasce questa idea? Quali sono le potenzialità di questo progetto?

VERO² nasce come idea nel 2019, strettamente connessa al concetto Circular Economy, che è l'obiettivo comune di tutti i miei progetti. Da anni lavoro a Murano e mi sono spesso posto il problema degli scarti, ne vengono prodotti molti e di vario genere, gran parte dei quali possono essere riutilizzati anche se la maggior parte delle volte questo non viene fatto. Così mi sono chiesto se le nuove tecnologie come la stampa 3D, a cui sono molto interessato, possono contribuire a recuperare il vetro scartato: è possibile stampare il vetro di scarto e riciclarlo senza scaldarlo? Questo è stato il punto di

partenza. Un po' presuntuosamente mi sono chiesto: è possibile diventare una specie di maestro vetraio del vetro di scarto? Un piccolo *glassmaker*? Ho fatto ricerca e iniziato a studiare varie mescole, prima con solo scarti poi anche impiegando materia prima, ho sperimentato diverse granulometrie e, gradualmente, ho capito che stavo lavorando a delle mescole che potevano essere adatte per la stampa 3D. Inizialmente impiegavo l'acqua come legante perchè partivo da un'immagine fanciullesca del bimbo che gioca con sabbia e acqua, che poi è anche la base delle tecnologie additive. L'acqua è stato solo il punto di partenza, sono seguiti numerosi esperimenti con diverse tipologie di leganti, combinati in maniera differente e con varie granulometrie di vetro: dopo numerosissime sperimentazioni sono arrivato, finalmente, a definire una miscela adatta alla stampa 3D. In queste ricerche il supporto dell'azienda WASP, leader nel settore della tecnologia additiva, è stato fondamentale: mi hanno dato la possibilità di utilizzare specifiche tecnologie e di confrontarmi con loro costruendo un dialogo utile a percor-

rere strade nuove nell'ambito della ricerca e della sperimentazione.

La stampa 3D del vetro è molto differente rispetto a quella del PLA (acido polilattico)?

Sì, è tutt'altra cosa, è come confrontare un monopattino e una Ferrari, e la stampa del vetro è molto differente anche dalla stampa dell'argilla. La stampa 3D produce oggetti a freddo: il vetro però è ottenuto da un processo di cottura della polvere, come fare? In questo, i maestri vetrai con cui ho un rapporto di lunga data, mi hanno aiutato molto nel trovare il giusto processo di cottura: il pezzo stampato in 3D non deve cuocersi troppo ma neanche troppo poco. E anche qui, dopo numerosi esperimenti, siamo riusciti a definire la temperatura giusta per stampare elementi piani. Si tratta di una tecnica completamente diversa dalle tradizionali tecniche di lavorazione del vetro e di lavorazione con la stampante 3D, è un processo che consente di produrre oggetti nuovi. Gli esperimenti sono proseguiti con l'obiettivo di riuscire a stampare og-

getti solidi, sviluppando in verticale i risultati ottenuti per la realizzazione di elementi piani: un risultato fresco di stampa è un elemento alto 10cm, un piccolo contenitore in vetro dalla forma completamente nuova, mai realizzata prima in vetro.

I tuoi progetti sottolineano due aspetti importanti: la sostenibilità e la circolarità della materia, e il rapporto con gli artigiani. Queste due componenti sono il fondamento di una sensibilità che, come dici tu, dovremmo cercare di avere sempre.

Abbiamo il dovere di mettere in discussione e provare a trasformare in meglio il modo di produrre le cose, è la responsabilità della nostra generazione come lo è stato di tante generazioni precedenti che si sono confrontate con la produzione e la sua evoluzione. Il consumismo è ormai uno standard di vita a cui tutti ambiscono: consumiamo, produciamo, compriamo, buttiamo e ricompriamo. Buttiamo il più delle volte cose che sono ancora utili e che possono ancora funzionare. Oggi facciamo funzionare discariche ed

inceneritori e contemporaneamente si estrae nuova materia prima per poi processarla e creare prodotti, in continuazione. Questo non va bene. Perciò quando progetto un processo di produzione materiale, come appunto la stampa 3D del vetro, sto molto attento a quanto si produce e quanto si spreca. Idealmente non si dovrebbe sprecare nulla, tutto dovrebbe ritornare all'interno di un processo produttivo, in maniera circolare. Avevo approfondito questo aspetto con il progetto *Precious Cap*, un assegno di ricerca svolto nel 2017 con l'Università Ca' Foscari Venezia e dedicato all'uso della plastica all'interno dell'università, in particolare modo all'HDPE (polietilene ad alta densità) di cui sono fatti i tappi di plastica. In quella ricerca ho avuto modo di approfondire il concetto di circolarità, che ho cercato di riportare anche in altri processi, tra cui quello del vetro.

Il rapporto con l'artigianato è stato costruito inizialmente anche con fatica: sono arrivato in questo mondo come uno straniero e poi, nel tempo, oltre a trovare dei professionisti con i quali confrontarmi e con i

MATTEO SILVERIO

quali lavorare ho costruito anche delle grandi amicizie. Molte cose le faccio più per piacere che per lavoro o su commissione e tutti gli artigiani, non solo gli artigiani muranesi condividono con me questa curiosità e questo approccio. Loro sono i detentori di un sapere prezioso e unico, a cui tengono molto, soprattutto a Murano, perché percepiscono fortemente il valore storico della loro conoscenza e del loro fare: talvolta traspare un po' di gelosia nella gestione di questo sapere, che si traduce nella capacità di custodire le tecniche di lavoro. L'importante è non fermarsi a queste, ma andare avanti e farsi contaminare dalle nuove conoscenze, e quindi anche da nuovi strumenti e tecnologie.

Il legame che descrivi con l'artigianato storico apre al confronto tra modi di pensare e linguaggi molto differenti tra loro. L'artigiano in questi anni ha dato un plusvalore al tuo lavoro? Ritieni di aver dato anche tu un plusvalore all'artigianato attraverso le ricerche con la tecnologia additiva?

Gli artigiani mi hanno dato tutto,

specialmente quelli di Murano. Lentamente hanno aperto le loro porte, e mi sono avvicinato al loro sapere. Hanno capito che ero lì per imparare, sperimentare, con l'obiettivo di migliorare. Ciò che voglio fare attraverso le mie ricerche è "contaminare" il loro lavoro senza però prevarcarlo. Nel tempo è stato compreso questo mio approccio e soprattutto l'utilità che può avere nell'artigianato del vetro: quindi quello che faccio è produrre dialogo e contaminazione tra arti, mestieri e tecnologie e, alla base di tutto, c'è il profondo rispetto per la capacità e il saper fare dei maestri vetrai. Ho passato molto tempo come osservatore, in bottega ho imparato le regole del lavoro e della materia, e da lì ho iniziato a fare ricerche e a collaborare in maniera più attiva con i maestri vetrai.

A Murano hai stabilito anche il tuo studio professionale: conosci bene la realtà di quest'isola e ci hai raccontato di artigiani che insieme a te contaminano le tecniche tradizionali con le nuove tecnologie. Tuttavia l'immagine più diffusa di Murano è associata alla sua immagine

storica e quasi statica: cambierà secondo te? Come immagini la Murano del futuro?

Se mi aveste fatto questa domanda prima dell'acqua alta di quel novembre del 2019, ancora prima della pandemia, vi avrei dato una risposta un po' diversa e forse anche più chiara. Adesso mi sto facendo anch'io molte domande, e non voglio essere retorico nel dire andrà tutto bene.

Murano vive da più trent'anni una crisi profonda, che oramai più che economica è esistenziale. Ho avuto modo di collaborare indirettamente per un anno alla *Voce di Murano*, uno storico giornale dell'isola che è stato riproposto da giovani professionisti locali come Caterina Toso, Stefano Bullo e altri. Ogni mese veniva ristampata un'edizione passata, degli anni Settanta ad esempio, ed è interessante vedere che molti titoli di allora, potrebbero andare bene anche oggi, non sarebbero fuori luogo, e questo testimonia una certa staticità o ripetitività delle questioni o, ancora, una mancata soluzione delle criticità che dunque persistono nel tempo. Per cambiare la situazione o propor-

re nuove possibili soluzioni servono nuove voci ma le nuove generazioni non sempre sono affezionate alla storia e al lavoro delle proprie famiglie, e non imparano a essere imprenditori. Per cambiare serve molta intraprendenza e molta conoscenza del passato e del presente di Murano. Una volta si faceva bottega, pian piano si acquisivano competenze, conoscenze, sviluppando una sensibilità che consente di leggere e comprendere Murano. Ma questa sfera dell'apprendimento ormai manca: è un problema che porta a una crisi sistemica che non è solo economica. Parlo di una crisi di vocazione e anche di aspirazione, di ambizione, di ingegno e di fiducia in un possibile futuro per Murano che sia differente dallo stato di crisi.

Da quel novembre 2019 ci sono stati grossi problemi di fronte ai quali siamo stati costretti a restare fermi (nel caso dell'acqua alta), o addirittura chiusi in casa (nel caso della pandemia). Questo ha obbligato a un'analisi del contesto e al confronto con noi stessi; in alcuni casi questo ha portato a tirare fuori il meglio di noi stessi, delle nostre capacità e

della nostra progettualità. Nell'ultimo anno ho visto tanta voglia di fare, un po' di autocritica, certamente una grande voglia di ricominciare e di voltare pagina. Credo possa essere il momento giusto per discutere su questioni che prima erano considerate più che degli standard, dei tabù.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2018). *La Ue vieta il cadmio, Murano senza colori*. Disponibile su https://www.ilgazzettino.it/pay/nordest_pay/la_ue_vieta_il_cadmio_murano_senza_colori-3754891.html (ultima consultazione luglio 2021).
- Baldo Gian Luca, Marino Massimo (2008). *Analisi del ciclo di vita LCA. Gli strumenti per la progettazione sostenibile di materiali, prodotti e processi: environmental life cycle thinking, life cycle assessment (Lca), life cycle design (Ecodesign), comunicazione ambientale, environmental product declaration (Epd®), climate declaration, ecolabel, carbon footprint*. Milano: Edizioni Ambiente.
- Barovier Mentasti Rosa, Mollo Rosanna, Framarin Patrizia, Siaccaluga Maurizio, Geotti Anna (a cura di) (2003). *L'età del vetro. Storia e tecnica del vetro dal mondo antico ad oggi*. Milano: Skira Editore.
- Barovier Mentasti, Rosa (2009). *Vetro veneziano (1890 -1990)*. Venezia: Arsenale Editore.
- Barovier Mentasti, Rosa (2015). *Murano. Una storia di vetro*. Venezia: Gambier&Keller Editori.
- Barovier Mentasti, Rosa (2011). *Vetro veneziano contemporaneo. La collezione della Fondazione di Venezia*. Venezia: Marsilio.
- Barovier, Angelo (1996). *Lessico vetrario muranese*. Murano: Consorzio Vetri.
- Barovier, Marino (1999). *Il vetro a Venezia. Dal moderno al contemporaneo*. Milano: 24 Ore Cultura.
- Barucco, Maria Antonia (2014). Innovazione semantica. In Barucco M.A. (a cura di), *Durabilità, longue durée*. Roma: Aracne Editrice.
- Barucco, Maria Antonia (2015). *Progettare e costruire in acciaio sagomato a freddo*. Monfalcone: Edicom Edizioni.
- Bauman, Zygmunt (2003). *Vite di scarto*. Bari: editori Laterza.
- Bidegaray, Anne-Isabelle; Nys, Karin; Silvestri, Alberta et al. (2020). *50 shades of colour: how thickness, iron redox and manganese/antimony contents influence perceived and intrinsic colour in Roman glass*. In *Archaeological and Anthropological Sciences*, vol. 12, n. 109.
- Bompan, Emanuele; Brambilla, Iaria Nicoletta (2016). *Che cos'è l'economia circolare*. Milano: Edizioni Ambiente.
- Bourhis, Eric Le (2014). *Glass: mechanics and technology*. Hoboken: Wiley\
- Buono, Mario; Capece, Sonia; Laudante, Elena (2018). *Design e Artigianato 4.0. Identità culturale territoriale e innovazione*. In Lotti, Giuseppe; Trivellin, Eleonora (a cura di), *MD Journal. DESIGN E TERRITORI*, pp. 28-39, disponibile su: https://issuu.com/materialdesign/docs/mdj_05_pagine_singole_issuu/30 (ultima consultazione luglio 2021).
- Confartigianato (2017). *Industria 4.0 e valorizzazione della biodiversità produttiva. Il Manifesto degli artigiani per una cultura digitale 4.0*. Disponibile su <https://www.confartigianatoliguria.it/sites/default/files/risorse/news/allegati/Manifesto%20CONFARTIGIANATO%20Industria%204-0.pdf> (ultima consultazione luglio 2021).
- De Ligny, Dominique; Möncke, Doris (2019). *Colors in Glasses*. In Musgraves, David, Hu, Juejun, Calvez, Laurent (a cura di). *Springer handbook of glass*. New York: Springer, pp. 297-339.
- Dekker, Floris; Kool, Lars; Bunschoten, Anton et al. (2020). *Syntheses of gold and silver dichroic nanoparticles; looking at the Lycurgus cup colors*. In *Chemistry Teacher International*, Vol. 3, N. 1, pp. 20190011.
- DGR Riconoscimento (Bur n. 123 del 29/12/2015). Disponibile su <https://www.innoveneto.org/reti-e-clusters/distretti-industriali/vetro-artistico-di-murano-e-vetro-del-veneziano/> (ultima consultazione luglio 2021).
- Doremus, Robert (1994). *Glass science*. Hoboken: Wiley.
- Dorigato, Attilia; Boffelli, Martina; Leperdi; Sarah (2002). *L'arte del vetro a Murano*. Venezia: Arsenale Editrice.
- Fondazione per lo sviluppo sostenibile (a cura di)(2016). *Il riciclo del vetro e i nuovi obiettivi europei per la circular economy*. Disponibile su <https://www.assovetro.it/documento/dossier-il-riciclo-del-vetro-e-i-nuovi-obiettivi-europei-per-la-circular-economy/> (ultima consultazione luglio 2021).
- Freestone, Ian (2015). *The Recycling and Reuse of Roman Glass: Analytical Approaches*. In *Journal of Glass Studies*, Vol. 57, pp. 29-40.
- Glass Alliance Europe (2019). *Production Breakdown By Sectors*. Disponibile su https://www.glassallianceeurope.eu/images/cont/production-breakdown-by-sectors-2019_file.pdf (ultima consultazione luglio 2021).
- Heriyanto; Pahlevani, Farshid; Sahajwalla, Veena (2019). *Effect of glass aggregates and coupling agent on the mechanical behaviour of polymeric glass composite*. In *Journal of Cleaner Production*, Vol. 227, pp. 119-129.
- Hummel, Rolf (2006). *Understanding Materials Science: History, Properties, Applications*. New York: Springer.
- Ji, Chunhui; Wu, Zhiming; Lu, Lulu et al. (2018). *High thermochromic performance of Fe/Mg co-doped VO₂ thin films for smart window applications*. In *Journal of Materials Chemistry C*, Vol. 6, N. 24, pp. 6502-6509.
- Lamberti, Manuela (2020). *Murano allo stremo, vetro e turismo ko: Qui è un deserto*. Disponibile su: https://www.ilgazzettino.it/nordest/venezia/covid_murano_crisi_vetro_turismo-5611415.html (ultima consultazione luglio 2021).
- Lebullenger, Ronan; Mear, François (2019). *Glass Recycling*. In Musgraves, David, Hu, Juejun, Calvez, Laurent (a cura di). *Springer handbook of glass*. New York: Springer, pp. 1353-1373.

- Marzo, Mauro (2019). *Para un proyecto del limite entre tierra y agua en la laguna de Venecia*. In *Proyecto y ciudad*, vol. 10, pp. 111-126.
- Mccloy, John (2019). *Frontiers in natural and un-natural glasses: An interdisciplinary dialogue and review*. In *Journal of Non-Crystalline Solids: X*, Vol. 4, p. 100035.
- Mehrabi, Tina; Mesgar, Abdorreza S.; Mohammadi, Zahra (2020). *Bioactive Glasses: A Promising Therapeutic Ion Release Strategy for Enhancing Wound Healing*. In *ACS Biomaterials Science & Engineering*, Vol. 6, N. 10, pp. 5399–5430.
- Morse, David; Evenson, Jeffrey (2016). *Welcome to the Glass Age*. In *International Journal of Applied Glass Science*, Vol. 7, N. 4, pp. 409–412.
- Paynter, Sarah; Jackson, Caroline (2016). *Re-used Roman rubbish: a thousand years of recycling glass*. In *Post-Classical Archaeologies*, Vol. 6, pp. 31-52.
- Pearn, Sophie; Bennett, Andrew; Cuthill, Innes (2001). *Ultraviolet vision, fluorescence and mate choice in a parrot, the budgerigar *Melopsittacus undulatus**. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. Vol. 268, N. 1482, pp. 2273–2279.
- Pellizzari, Anna; Genovesi, Emilio (2017). *Neomateriali nell'economia circolare*. Milano: Edizioni Ambiente.
- Piano operativo 2020-2030 (Lr n.13 del 30 maggio 2014) Disponibile su: <https://www.innoveneto.org/reti-e-clusters/distretti-industriali/vetro-artistico-di-murano-e-vetro-del-veneziano/> (ultima consultazione luglio 2021).
- Pinet, Olivier; Vernaz, Etienne; Ladirat, Christian *et al.* (2021). *Nuclear Waste Vitrification*. In Richet, Pascal (a cura di). *Encyclopedia of Glass Science, Technology, History, and Culture*. Hoboken: Wiley.
- Redazione Today economia (2019). *Artigianato, la crisi sembra senza via d'uscita: in 6mila hanno "chiuso bottega"*. Disponibile su: <https://www.today.it/economia/crisi-artigianato.html> (ultima consultazione luglio 2021).
- Redazione Venezia Today economia (2016). *Un impianto per il recupero e il riciclo del vetro: l'idea per far uscire Murano dalla crisi*. Disponibile su <https://www.veneziatoday.it/cronaca/vetro-murano-confindustria-ministero.html> (ultima consultazione luglio 2021).
- Salone del Mobile Milano (2019). *I designer "global thinker" del SaloneSatellite 2019. Dai designer under 35, linee progettuali chiare per realizzare il "buon design"*. Disponibile su <https://www.salonemilano.ru/highlights/oltre-il-design/i-designer-global-thinker-del-salonesatellite-2019> (ultima consultazione luglio 2021).
- Scholze, Horst (1991). *Glass nature, structure, and properties*. New York: Springer.
- Secundus, Gaius Plinius; Semi, Francisco (1978). *Naturalis historia*. Pisa: Giardini.
- Shelby, James E. (2005). *Introduction to Glass Science and Technology*. Londra: Royal Society of Chemistry.
- Stahel, Walter (2019). *Economia circolare per tutti. Concetti base per il cittadini, politici e imprese*. Milano: Edizioni Ambiente.
- Stazione Sperimentale del Vetro (2011). *Progetto di ricerca industriale. Eliminazione dei composti dell'arsenico dalla miscela vetrificabile nelle produzioni artistiche muranesi e sostituzione con materie prime alternative non pericolose*. Disponibile su https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/reach/relazione_finale_progetto_arsenico.pdf (ultima consultazione luglio 2021).
- The European Container Glass Federation (2019). *FEVE statement on the recyclability of coloured glass bottles*. Disponibile su: <https://feve.org/wp-content/uploads/2019/11/FEVE-paper-on-glass-recyclability-vdef.pdf> (ultima consultazione luglio 2021).
- Tosi, Andrea (2004). *Murano e il distretto del vetro: aspetti socio-economici*. In *L'isola di Murano, Insula Quaderni* n° 19 anno, pp. 13-19.
- Trouth, Paul (2017). *Murano: removing arsenic brings benefits to health and the environment*. Disponibile su: <https://newsletter.echa.europa.eu/home/-/newsletter/entry/murano-removing-arsenic-brings-benefits-to-health-and-the-environment> (ultima consultazione luglio 2021).
- UNESCO (2020). *L'arte delle perle di vetro*. Disponibile su <https://ich.unesco.org/en/RL/the-art-of-glass-beads-01591> (ultima consultazione luglio 2021).
- UNI EN ISO 14040:2021. *Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento*.
- UNI EN ISO 14044:2018. *Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida*.
- Varshneya, Arun (2012). *Fundamentals of Inorganic Glasses*. Sheffield: Society of Glass Technology.
- Verheijen, Oscar; Hubert, Mathieu (2019). *Batch Chemistry and Reactions*. In Musgraves, David, Hu, Juejun, Calvez, Laurent (a cura di). *Springer handbook of glass*. New York: Springer, pp. 1231-1254.
- Vogel, Werner (1994). *Glass Chemistry*. New York: Springer.
- Zabihi, Omid; Ahmadi, Mojtaba; Liu, Chao *et al.* (2020). *A Sustainable Approach to the Low-Cost Recycling of Waste Glass Fibres Composites towards Circular Economy*. In *Sustainability*, Vol. 12, N. 2, pp. 641.
- Zanotto, Edgar; Mauro, John (2017). *The glassy state of matter: Its definition and ultimate fate*. In *Journal of Non-Crystalline Solids*, Vol. 471, pp. 490–495.



febbraio 2022
Digital Team, Fano

Murano, Venezia e la sua laguna sono un emblema del vivere civile, della stratificazione della storia e della fragilità dell'ecosistema culturale, ambientale e sociale che ne ha consentito lo sviluppo e la vita sino ad oggi. Ogni epoca è contraddistinta da sfide, crisi e, soprattutto, da un qualche cosa di speciale che ne ha caratterizzato il sentimento di ripartenza, il progetto di sviluppo e il percorso di crescita.

Dedicare una ricerca all'Economia Circolare del vetro di Murano significa accettare la sfida di un confronto tra uno dei più noti simboli della storia e una nuova declinazione dell'ecologia del vivere.

Una sfida che attesta la forza vitale di Venezia e che mette in campo due atenei, un gruppo di giovani ricercatori, varie realtà imprenditoriali. Ma soprattutto, questo libro descrive una ricerca aperta, che si offre al dialogo e all'interazione, per lo sviluppo di futuri risultati e di interazioni che vanno ben oltre i confini della laguna di Venezia.

16,00 €

ISBN 979-12-5953-015-8



9 791259 530158