Roadmap Tecnologiche per la specializzazione intelligente del settore lapideo toscano

DISTRETTO TECNOLOGICO MARMO E PIETRE ORNAMENTALI (DTEMPO)

Relazione finale

A cura di: Manuela Gussoni – DTeMPO/IMM

Carrara, 15 Gennaio 2018

Posizionamento internazionale settore lapideo toscano

Contestualizzazione del comparto di riferimento nel panorama competitivo a livello internazionale (max 1 pagina)

Nel 2016, nel mondo, sono state commerciate 77,3 milioni di tonnellate di pietra ornamentale del valore di circa 24 miliardi di euro. La Cina è il primo paese esportatore con una quota di mercato del 40% sul valore complessivamente esportato di pietra ornamentale. L'Italia è il secondo paese per quota di mercato, con una percentuale del 12,8%. La Turchia occupa invece la terza posizione con una percentuale simile a quella italiana (11,5%) seguita, nell'ordine, da India, Brasile e Spagna.
Sul lato della domanda internazionale di prodotti lapidei, il primo mercato di sbocco per la pietra naturale è quello statunitense, per un valore di 2,2 miliardi, la Cina si colloca invece in seconda posizione con una domanda del valore di quasi 2 miliardi di euro.
La Cina, per il settore della pietra ornamentale, risulta quindi il principale player mondiale sia sul lato dell'offerta, quasi esclusivamente di lavorati, sia sul lato della domanda, quasi esclusivamente di materiale grezzo. La Cina nel suo processo di crescita ha potuto infatti contare su una competitività derivante dalla possibilità di contenere i prezzi grazie a bassi costi di produzione, ma anche su normative poco stringenti relative alla sicurezza e alla riduzione dell'impatto ambientale dei processi produttivi.
La pietra *Made in Italy* rimane tuttavia sinonimo di eccellenza nel mondo e, quando si parla di lavorati di pregio e mercato del lusso, la pietra italiana non ha concorrenti.

Il settore lapideo italiano, di estrazione e lavorazione della pietra naturale, è composto da 10.373 aziende per un totale di 41.094 addetti. Di queste, le aziende di lavorazione della pietra naturale sono 9.313 per 33.629 addetti (INAIL, 2015).
Nel 2016, il settore lapideo italiano ha esportato 3.751.894 tonnellate di pietra ornamentale per un valore complessivo di circa 2 miliardi di euro di cui circa 1,6 miliardi di euro derivanti dall'export di lavorati e circa 400 milioni di euro derivanti dall'export di materiali grezzi (tra i materiali grezzi 58 milioni corrispondono al valore delle esportazioni di granulati e polveri).
Il settore lapideo ha la caratteristica di organizzarsi in distretti poiché le aziende di lavorazione tendono a concentrarsi geograficamente nel territorio attiguo alle cave. In Italia si contano 11 distretti maggiori: il distretto apuo-versiliese, il distretto veneto, il distretto lombardo del botticino classico, il distretto di Custonaci, il distretto del travertino romano, il distretto del porfido e delle pietre trentine, il comprensorio della pietra naturale dell'Alto Adige, il comprensorio del Verbano-Cusio-Ossola, i distretti lapidei pugliesi della pietra leccese e della pietra di Trani, il comprensorio della pietra di Luserna e il distretto marmi di Orosei. Il distretto apuo-versiliese e il distretto veneto, tuttavia, realizzano da soli il 65% del valore complessivo dell'export settoriale di lavorati.

Nel 2016 il distretto veneto torna ad essere il primo distretto italiano della lavorazione della pietra ornamentale con un export di lavorati del valore di 528,7 milioni di euro, seguito dal comprensorio apuo-versiliese che ha registrato un valore di 521,2 milioni.
In Toscana, oltre al comprensorio apuo-versiliese che si estende sul territorio delle province di Lucca e Massa-Carrara, che racchiude un bacino estrattivo di 137 cave attive di cui 78 nel solo comune di Carrara e che annualmente estrae circa 1,5 milioni di tonnellate di blocchi, si rilevano altre aree di estrazione e di lavorazione di pietra ornamentale. Tra i materiali più conosciuti, degni di menzione sono il Giallo Siena, la Pietra di Firenzuola e il Travertino di Rapolano.

Se da un punto di vista internazionale abbiamo evidenziato il ruolo centrale della Cina nel commercio mondiale della pietra naturale, da un punto di vista intersettoriale, il principale settore concorrente per la pietra naturale è quello ceramico e della pietra artificiale. L'Italia è uno dei principali esportatori mondiali di piastrelle in ceramica per le costruzioni: al primo posto tra gli esportatori mondiali fino al 2011, dopo essere stata superata dalla Cina ha mantenuto il secondo posto, conseguendo nel 2016 un rilevante aumento della quota sulle esportazioni mondiali. Questi materiali, nella loro attività di marketing, puntano su un vantaggio di prezzo rispetto alla pietra ornamentale ma anche sulla comunicazione di un vantaggio derivante da una maggiore resistenza e durevolezza rispetto al materiale lapideo, spesso descritto come un materiale delicato nell'arredo d'interni e di difficile applicazione sia nel caso della posa che nel caso di applicazioni su facciate di edifici.
In riferimento al comparto dell'arredo d'interni, forti investimenti settoriali in marketing hanno persuaso Architetti e Interior Designer sui vantaggi che l'utilizzo del materiale ceramico e dei gres porcellanati può comportare e questi ultimi si fanno portatori di questo messaggio presso il cliente finale, inducendolo spesso a preferire il materiale ceramico alla naturalità della pietra ornamentale (vedi Figura 1).

Figura 1: Dogma by Aqua di Ideagroup su Abitare novembre 2017 - Dogma.01 – Base sospesa di rovere naturale e grès statuario

SWOT analysis di comparto

(Compilazione tabella riportata di seguito - max 1 pagina)

Analizzando le peculiarità del settore lapideo toscano, tra i punti di forza troviamo una enorme disponibilità di materia prima di alto pregio: il famoso marmo di Carrara e una moltitudine di altre pietre apprezzate in tutto il mondo. Per menzionarne alcune, ricordiamo il travertino di Rapolano e la Pietra di Firenzuola ma anche la Pietra di Matraia e il Granito dell'Elba.
A questa disponibilità di materiale si aggiunge una eccellenza nelle lavorazioni che scaturisce da una esperienza e una tradizione tramandata da padre in figlio nei secoli.
Il settore delle tecnologie toscano per la lavorazione della pietra naturale è altresì un fiore all'occhiello per tutta la meccanica italiana. Le aziende produttrici di tecnologie per la pietra dotano il settore lapideo italiano dei migliori strumenti per divenire e rimanere l'eccellenza mondiale nella lavorazione artistica e nelle finiture. Assorbono, dal settore lapideo stesso, le informazioni utili per rimanere sulla frontiera dell'innovazione, dando vita a un modello d'innovazione Demand Pull (Market Pull) dove il processo di trasferimento tecnologico inizia con un bisogno del mercato da soddisfare e l'identificazione della domanda traina la tecnologia verso di essa (Von Hippel, 1987).
A tutto questo si aggiunge una naturale propensione delle aziende del settore lapideo verso l'internazionalizzazione che ha permesso al comparto di crescere anche durante il periodo della crisi economica mondiale successiva al 2008. Basti pensare che mediamente l'export incide sul fatturato complessivo delle aziende lapidee circa il 50%, ma per alcune aziende questa percentuale arriva anche al 90%.

Tra i punti di debolezza del settore lapideo toscano, emerge una scarsa propensione delle aziende del settore a collaborare tra loro e a fare rete. Questo ha come risultato l'assenza da parte degli operatori di una visione di sistema del settore e crea un intralcio nell'elaborazione di interventi di politica industriale realmente efficaci.
Basti pensare che, ancora oggi, non esiste un marchio "Marmo di Carrara". L'esistenza di un marchio presuppone il rispetto di un disciplinare di comportamento da parte del gruppo che lo utilizza e al contempo un sistema di tracciabilità atto a certificare ciò che realmente è stato estratto e lavorato a Carrara. La tendenza ad agire individualmente porta gli operatori a rifiutare qualsiasi codice di comportamento "di gruppo" e la scarsa propensione alla collaborazione fa si che si rifiuti qualsiasi forma di tracciabilità che presuppone un controllo e un sistema di comunicazione interaziendale tra le diverse fasi di filiera, nei momenti di ingresso e di uscita dei prodotti intermedi, fino al prodotto finale.
Un'altra debolezza è il basso livello di investimenti effettuati dalle aziende in attività di marketing e comunicazione, soprattutto se lo confrontiamo con quello di settori concorrenti, come quello della ceramica e dei gres porcellanati, che d'altro canto non mancano di sottolineare nelle loro campagne, la più elevata resistenza dei materiali ceramici e quanto il marmo e la pietra naturale siano delicati e difficili da posare.

Infine, un punto di debolezza è l'impatto ambientale che ha inevitabilmente il settore lapideo, soprattutto in fase di estrazione. Questo aspetto costituisce una minaccia nella misura in cui allontana il settore dal resto della società.

Manca per il settore lapideo toscano la licenza sociale a operare su un bene che è della collettività: la montagna. La soluzione risiede in un impegno da parte del settore a creare un valore condiviso attraverso una maggiore attenzione all'ambiente, al sociale e maggiori investimenti in ricerca e sviluppo che possano sviluppare nuovi settori e creare terreno fertile per la nascita di nuove imprese e nuovi posti di lavoro.

Alcuni comparti che sembrano essere promettenti, anche per la creazione di futuri posti di lavoro, sono quello del design e quello del recupero dello scarto per la nascita di nuovi prodotti in un'ottica di economia circolare. Un ruolo fondamentale riveste la formazione che garantisce il passaggio intergenerazionale senza perdita di competenze.

A questo proposito stanno per essere messi a regime due progetti di formazione strategica per il settore lapideo, in cui IMM risulta partner, per la formazione di addetti e tecnici in fase di estrazione e lavorazione.

I progetti coinvolgeranno anche la Scuola del Marmo di Carrara che rappresenta un unicum in tutto il territorio nazionale. Non risulta, invece, nei partenariati sui bandi di formazione strategica 2017/2018 l'Accademia di Belle Arti di Carrara, una realtà importante che potrebbe rappresentare una risorsa anche per la formazione in termini di design. Non esiste, attualmente, un corso di formazione sul design con la pietra naturale.

I punti sopra esposti sono sintetizzati nella Tabella seguente.

Punti di forza	Punti di debolezza
• Disponibilità di una varietà di marmi e pietre ornamentali di ottima qualità. • Eccellenza nelle lavorazioni riconosciuta in tutto il mondo • Tecnologie avanzate per la lavorazione • Esperienza secolare nel settore • Ottimo livello di internazionalizzazione	• Assenza da parte degli operatori di una visione di sistema del settore • Assenza di un marchio e conseguenti diritti di proprietà • Basso livello degli investimenti in marketing • Impatto ambientale del settore
Opportunità future	**Minacce future**
• Rafforzamento del settore attraverso la creazione di valore condiviso e conseguente approvazione sociale • Produzione di nuovi materiali dallo scarto in un'ottica di economia circolare • Registrazione di un marchio • Creazione di un Design District attraverso la collaborazione tra imprese, Accademia e Scuola del marmo e centri di ricerca • Interventi formativi mirati per garantire il passaggio intergenerazionale della conoscenza	• Mancanza di una "Social Licence to operate" • Concorrenza da parte di paesi che prestano scarsa attenzione a problematiche di tipo ambientale e sociale • Concorrenza da parte del settore della ceramica e della pietra artificiale

Elenco roadmap aggiornate rispetto a quelle approvate inizialmente

(max 1 pagina)

Roadmap *(titolo)*	**Ordine di priorità** *(scala 1-5)*	**Tecnologia implementata**	**Settore/ambito di applicazione**
1) Economia circolare per il settore lapideo: soluzioni e sistemi per la valorizzazione degli scarti e per lo sviluppo di nuovi prodotti	1	Utensili per il taglio a secco Impianti di aspirazione e stoccaggio delle polveri in cava Tecnologie per la separazione del carbonato di calcio nelle terre da scavo Impianti per la produzione in serie di diverse varietà di manufatti dagli scarti di produzione (mattoni, lastre, marmette, pietra artificiale, pannelli)	Lapideo Ceramica Pietra artificiale Edilizia Demolizioni Cantieristica nautica
2)Tecnologie per il consolidamento delle bancate e rinforzo dei materiali	2	Resine applicabili in condizioni meteorologiche non ottimali Tecnologie per la resinatura della bancata Tecnologie per il rinforzo dei materiali	Lapideo Settore chimico Nautica Manifatturiero Edilizia in legno
3) Robotica e soluzioni HiTech per il design e l'artigianato artistico	2	Sistemi di sicurezza per l'artigianato artistico e robot di piccola dimensione Realtà virtuale per la formazione nell'artigianato artistico Impianti multi-robot e multi-materiale Internet delle cose (IoT) con la pietra naturale Cybersecurity con il marmo	Lapideo Settore manifatturiero Sicurezza e forze armate Nautica Bancario Aeroportuale Formazione
4)Nanotecnologie per il miglioramento	3	Materiali per superfici ad alte	Chimica

delle caratteristiche fisico-meccaniche e la conservazione dei prodotti finiti e beni culturali		prestazioni (es: Idrofobicità, resistenza al fuoco, antibatterico) Trattamenti superficiali environment –friendly	Nanotecnologie Nuovi materiali Beni culturali Architettura Edilizia Ospedaliero
5) Tracciabilità, sicurezza e sviluppo della catena del valore: automazione dei processi di produzione e comunicazione lungo la filiera	1	Tecnologie per la tracciabilità lungo la filiera Tecnologie per l'automazione e il controllo a distanza dei macchinari Automazione delle procedure di controllo sulla sicurezza	Lapideo Settore manifatturiero Distretti industriali toscani
6) tecnologie di monitoraggio dell'escavazione	3	Sensori in fibra ottica (Brillouin Scattering Technology) Test resine epossidiche Tecnologie per l'automazione dei sistemi di monitoraggio	Lapideo Settore minerario Ingegneria civile geotecnica

- **Elenco roadmap non aggiornate e motivazione**

(max 1 pagina)

L'attività di aggiornamento della Smart Specialisation Strategy per il settore lapideo toscano presentata nel presente report, è il risultato di un processo partecipativo che ha coinvolto circa 70 operatori e esperti di settore in quattro momenti differenti. Sono stati organizzati tre incontri tematici sulle macro-aree di interesse descritte nel piano strategico operativo del Distretto Tecnologico Marmo e Pietre Ornamentali (sostenibilità, automazione/robotica e sicurezza) e un incontro finale di condivisione.
Quello presentato è un lavoro di sintesi delle vecchie roadmap tecnologiche, elaborate nel 2013 dal Polo d'Innovazione del marmo, e di elaborazione di nuove roadmap di cui si è manifestata l'esigenza.

La roadmap 1 sull'economia circolare contiene in se le vecchie roadmap "Valorizzazione e riciclo dei residui di lavorazione per possibili applicazioni industriali" e "Attivazione iniziative pilota per lo sviluppo di un sistema di Life Cycle Assessment (LCA) per il settore lapideo" e "Nuovi materiali per migliorare le prestazioni del filo diamantato"

La roadmap 2 "Tecnologie per il consolidamento delle bancate e il rinforzo dei materiali" contiene, in un nuovo, più ampio contesto, le vecchie roadmap "Trattamenti superficiali delle lastre finalizzati a rinforzo e abbellimento" e "risanamento al cuore delle lastre inserito nel processo produttivo".

Infine la vecchia roadmap "Metodologie innovative per la stima dell'andamento dei volumi in sotterraneo delle varietà merceologiche di marmo" è stata sostituita la nuova e più ampia Roadmap 6 "tecnologie di monitoraggio dell'escavazione"

Sostanzialmente sono tre le vecchie roadmap escluse dal processo di aggiornamento:
"Sviluppo di una piattaforma di Business intelligence per una valutazione intelligente del merito di credito delle PMI" ; "Recupero delle cave dismesse per l'istallazione di impianti di energia rinnovabile" e "Realizzazione e diffusione di un metodo speditivo in situ per la misura della radioattività nelle pietre naturali"
La motivazione dell'esclusione risiede nel fatto che non sono state ritenute prioritarie in primis dal comitato d'indirizzo in fase di discussione inziale e poi nemmeno dalle aziende negli incontri successivi.

Descrizione di ciascuna roadmap

Roadmap N 1

Titolo **Economia circolare per il settore lapideo: soluzioni e sistemi per la valorizzazione degli scarti e per lo sviluppo di nuovi prodotti**
Descrizione Un problema ancora irrisolto del settore di estrazione e lavorazione dei materiali lapidei è quello dell'enorme quantità di materiali residuali prodotti annualmente. Si parla di oltre 3 milioni di tonnellate annue di scarti costituiti da pietre di varie dimensioni, terre e polveri, che attualmente trovano utilizzo solo in piccola parte, in settori già consolidati, con conseguenti ingenti costi di smaltimento e conseguenti problemi di tipo ambientale ed idrogeologico. Diverse fonti autorevoli ritengono che questa situazione sia la responsabile principale dei ricorrenti eventi alluvionali e di dissesto ambientale della zona. Entrambe le fasi di estrazione e lavorazione dei materiali lapidei prevedono il taglio dei materiali e la conseguente produzione di granulati e di polveri di risulta. Nella fase di estrazione, il taglio e il ribaltamento della bancata producono sia blocchi commerciabili (circa 1,5 milioni di tonnellate annue nella Regione Toscana, prevalentemente marmo[1]) sia derivati, costituiti da sfridi della lavorazione in cava, dal materiale di scoperchiatura, dagli informi privi delle caratteristiche per poter essere tagliati e trasformati, frammenti di materiale non commerciabile, scaglie e polveri e, nel caso del più diffuso taglio con l'utilizzo di acqua, marmettola che è sostanzialmente un fango di carbonato di calcio che per essere riutilizzato necessita di ulteriori passaggi tra cui il filtraggio e l'asciugatura. Nella fase di lavorazione che può consistere nella produzione di lastre, piastrelle o lavorazione artistica si produce analogamente marmettola e polveri e altro sfrido in pezzi solidi, lastrame/scaglie/ecc. Nel caso della marmettola, attualmente, possiamo dire che esiste una gestione sistematica di

[1] Vedi: http://www.regione.toscana.it/-/resoconto-rilevamento-dati-su-attivita-estrattive-di-cave-e-torbiere

raccolta, passaggio in filtropressa e conferimento a società specializzate nella gestione di questo genere di residui per la successiva vendita degli stessi, adeguatamente trattati, a settori quali il cartario, alimentare, agricolo, chimico oppure a centrali elettriche a carbone (esempio ENEL di La Spezia[2]).

Non esiste invece una gestione vera e propria delle terre e sulla gestione dei granulati e delle polveri esiste soltanto qualche recente tentativo. Uno dei più significativi è un caso di innovazione organizzativa, che riguarda il territorio di Carrara, che mira a convogliare in un'unica azienda il prodotto di scarto di circa 40 cave per studiarne futuri utilizzi. Inoltre esistono realtà multinazionali che hanno come loro core business la raccolta di granulati per successiva frantumazione e produzione di polveri di carbonato di calcio che vengono poi vendute a un prezzo che si aggira intorno a 1.000 euro/tonn a una moltitudine di settori, primo tra tutti quello di produzione della carta[3]

Per trovare uno sbocco produttivo all'enorme quantità di residui dell'escavazione e lavorazione del marmo, è necessario:
1. Disporre di una tecnologia idonea a recuperare e riciclare i residui della escavazione e lavorazione del marmo e delle altre pietre
2. rendere l'attività di riciclo, non solo eticamente, ma anche economicamente conveniente per le aziende ad esempio studiandone l'applicazione nella produzione di nuovi prodotti
3. Attivare un mercato per tali nuovi prodotti ad esempio attraverso l'introduzione di misure che incentivino l'utilizzo di materiali riciclati e ecosostenibili negli appalti pubblici e nelle nuove costruzioni, in ottemperanza, peraltro alla normativa vigente (Vedi: Art 34 Nuovo codice degli appalti 50/2016 e Direttiva europea 498/2008).

[2] Enel utilizza il carbonato di calcio nel trattamento dei fumi contenenti anidride solforosa derivanti dal processo di combustione e produzione di energia elettrica. Il prodotto che deriva dalla reazione chimica è gesso e anidride carbonica.

[3] Altri settori di utilizzo del carbonato di calcio sono: vernici, plastiche, costruzioni, agricoltura, farmaceutica. Rimandiamo a questo documento per maggiori informazioni: http://www.assindnu.it/attachments/article/517/usi%20vari%20del%20marmo%20sintesi.pdf

Tecnologie da sviluppare:

Le tecnologie ancora da sviluppare o da adottare per permettere lo sviluppo della presente roadmap sono le seguenti:

1. **Utensili per il taglio a secco.** Oggi, in cava, l'utensile di elezione per il taglio a secco è la catena. Le tagliatrici a catena producono materiali residuali a granulometria disomogenea e mediamente avente dimensioni maggiori rispetto a quella che deriva dal taglio con il filo diamantato. La motivazione risiede nello spessore abrasivo maggiore della catena rispetto alla perlina del filo diamantato.
   Il taglio a secco con il filo diamantato produce invece una polvere impalpabile di granulometria molto più omogenea che probabilmente, se non eccessivamente inquinata dal diamante, potrebbe essere immediatamente venduta ai settori come il cartario che ne fa ampia richiesta.
   Il taglio a secco con il filo diamantato non è oggi possibile dal momento che per questioni di sicurezza il filo deve essere gommato (la gomma impedisce alle perline del filo di saltare in caso di rottura) e il taglio senza acqua porta il filo a raggiungere temperature incompatibili con la gomma stessa che lo ricopre. L'acqua ha infatti funzione di raffreddamento e pulizia.
   Il taglio a secco con filo diamantato richiede quindi la ricerca di nuovi **materiali di gommatura più termoresistenti.**
   Il taglio a secco quindi oltre a essere funzionale in termini di risparmio idrico, sarebbe anche funzionale, se effettuato con filo diamantato, alla produzione di materiali residuali di qualità superiore, immediatamente rivendibili o riutilizzabili.
   Una alternativa potrebbe essere lo sviluppo di catene da taglio con spessori più piccoli paragonabili a quelli del filo, un eventuale utensile di questo tipo secondo gli operatori sarebbe preferibile in termini di sicurezza.

2. **Impianti di aspirazione e stoccaggio delle polveri in cava**: oggi l'aspirazione delle polveri in cava è possibile per polveri prodotte da escavazione a secco con tagliatrici a catena ed è offerta come optional da molte aziende produttrici di macchinari da taglio. Nel caso di taglio a secco a filo tali aspiratori necessiterebbero di adattamenti volti a intercettare le polveri prodotte che presentano una granulometria molto piccola, impalpabile. Inoltre Il filo viaggia in un circuito chiuso a 150 km/ora (velocità molto più alta rispetto a una catena) e "spara" polveri anche molto lontano. Queste polveri potrebbero essere riutilizzate in diversi impieghi ma è necessario trovare una tecnologia, oltre che per l'intercettazione, per

l'imballaggio delle stesse e il trasporto agli impianti di trasformazione.

3. **Tecnologie per la separazione del carbonato di calcio nelle terre da scavo.** Oggi risulta ancora irrisolta la problematica di recuperare, dalle terre escavate, il carbonato di calcio presente in grande quantità e che potrebbe essere riutilizzato per altri impieghi.

4. **Impianti per la produzione in serie di diverse varietà di manufatti** dagli scarti di produzione (mattoni, lastre, marmette, pietra artificiale, pannelli). Oggi è possibile produrre mattoni o altri manufatti usando la polvere e gli impianti di produzione di manufatti in cemento. Al fine di variare l'offerta, sarebbe necessario creare un impianto sul modello, ad esempio, dei manufatti ceramici producendo anche lastre di pietra artificiale, pannelli o mattonelle. Secondo alcune stime uno stabilimento di produzione di pietra artificiale (similmarmo) in lastre di dimensioni standard, utilizzando i residui di lavorazione del marmo, avrebbe bisogno di 50/60 mila tonnellate annue.

Gli ambiti applicazione:

Gli ambiti di applicazione di queste tecnologie non riguardano soltanto il settore lapideo ma anche quello delle costruzioni, delle demolizioni o smantellamento ad esempio di infrastrutture o centrali nucleari. Le nuove tecnologie di taglio possono essere usate nell'attività di demolizione così come le tecnologie di aspirazione.
Gli impianti per la produzione di nuovi prodotti derivanti dallo scarto possono essere utilizzati ad esempio in aree terremotate per il recupero delle macerie e la produzione di nuovi manufatti per la ricostruzione.
La produzione di mattoni e altri manufatti da costruzione con la polvere di marmo derivante dall'attività di estrazione permetterebbe alle amministrazioni locali di effettuare investimenti infrastrutturali ecosostenibili. l'utilizzo di materiali riciclati e ecosostenibili negli appalti pubblici e nelle nuove costruzioni è peraltro richiesto alla normativa vigente (Vedi: Art 34 Nuovo codice degli appalti 50/2016 e Direttiva europea 498/2008).

Principali contesti territoriali di applicazione:

L'applicazione di tali tecnologie coinvolge in primis le aree di estrazione e lavorazione di materiali lapidei. Ma potendo essere applicata anche al settore dell'edilizia e delle demolizioni coinvolge l'intero territorio regionale.
E' in fase di studio la possibilità di sviluppare impianti movibili in grado di recuperare i materiali di risulta della fase estrattiva o delle demolizioni (anche in seguito a terremoti o attentati) per la produzione di mattoni direttamente in loco. Tali mattoni *carbon free,* perché prodotti per compressione e non per cottura, potrebbero essere riutilizzati per realizzare opere direttamente nel luogo di demolizione e successiva produzione, senza quindi la necessità di movimentazione e l'impatto ambientale che ne deriva.

Altro contesto di applicazione è il settore della ceramica e della pietra artificiale. Impianti di produzione multi-formato permetterebbero di entrare sul mercato della ceramica riutilizzando uno scarto.
L'impatto in termini di marketing sarebbe ovviamente molto importante sia perché tali prodotti conterrebbero in effetti marmo di Carrara, sia perchè prodotti totalmente green.

Il completo recupero del carbonato di calcio derivante dal processo estrattivo permetterebbe inoltre di valorizzare un prodotto di scarto del settore lapideo vendendolo su altri mercati, *in primis* il settore cartario il cui distretto più importante al mondo si trova proprio sul territorio regionale.
Altre applicazioni del carbonato di calcio riguardano il settore delle vernici, cementi, agricoltura, farmaceutica, solo per citarne alcuni.

Il CaCO3 è utilizzato anche dalle centrali a carbone come l'ENEL di La Spezia per depurare i fumi dall'anidride solforosa e la produzione di gesso di alta qualità. Una curiosità su questo tema è che in Cina, leader mondiale nel commercio internazionale di prodotti lapidei, che ancora oggi ha un numero rilevante di centrali a carbone sul suo territorio, si aprono cave di calcare *ad hoc* con lo scopo di garantire la disponibilità di CaCO3 per depurare i fumi derivanti dalla produzione di energia elettrica, senza considerare che potrebbe essere utilizzato il CaCO3 di risulta di importanti distretti industriali di estrazione e lavorazione di materiali lapidei, come quello di Yunfu che, peraltro, è gemellato con il comune di Carrara.

Target temporali di sviluppo ed adozione della tecnologia (target, tempi, fattori critici).

La tecnologia di taglio a secco con filo diamantato è ancora in una fase embrionale (TRL1) riteniamo tuttavia che lo sviluppo della stessa sia fondamentale per l'ottimizzazione del processo di recupero delle polveri attraverso i sistemi di aspirazione e successiva vendita a svariati settori (es: cartario) o riutilizzo per la produzione di nuovi prodotti da immettere sul mercato dell'edilizia o dell'interior design (es: mattoni o lastre in pietra artificiale). La tempistica per lo sviluppo della tecnologia dipende dallo sforzo profuso nella ricerca, una volta individuato il materiale o la nanotecnologia giusta per sostituire la gommatura del filo. La prototipazione risulterebbe sostanzialmente immediata e la sperimentazione richiederebbe un periodo abbastanza limitato.
La tecnologia per l'aspirazione sostanzialmente esiste, ma deve essere riadattata e adottata (TRL7).
La tecnologia per la produzione di manufatti è sviluppata e operante (esiste già una linea di produzione di mattoni e cordoli) ma deve essere ampliata la gamma di manufatti producibili come lastre, pannelli, mattonelle (MRL3)
Per quanto riguarda la tecnologia per la separazione del carbonato di calcio dalle terre da scavo siamo ancora in una fase di ricerca (TRL1). Le terre contengono per un 70% carbonato di calcio insieme ad altri minerali quindi una tecnologia in grado di separare le due parti risulterebbe utile al recupero.

I fattori critici dello sviluppo di tali tecnologie sono la scarsa attenzione che spesso il tessuto imprenditoriale ripone su questioni riguardanti l'impatto ambientale. Per questo risulta importante incentivare un cambio di mentalità che possa poi essere sostenibile nel tempo perché economicamente conveniente. Se lo scarto diventasse un prodotto vendibile magari nella forma di nuovo prodotto e le tecnologie sopra menzionate, una volta sviluppate, permettessero una semplice e veloce gestione del processo di riciclo e valorizzazione, l'operatore non avrebbe motivo di non porlo in essere.

Asset strategici

Bacini di competenze territoriali legati allo sviluppo della roadmap:

- Aziende aderenti al distretto tecnologico del marmo e delle pietre ornamentali:

Catalyst srl – http://catalyst-group.it/ - Catalyst produce mattoni in polvere di marmo senza cottura e quindi senza emissioni di CO2. Depositaria di un brevetto.
3emme srl - http://www.3emmesrl.it/ - Azienda di produzione di manufatti in cemento produce i mattoni in polvere di marmo per Catalyst
Carrara Marble Way - http://www.carraramarbleway.it/ - neonato consorzio tra circa 40 cave del comune di Carrara avente l'obiettivo di raccogliere i detriti derivanti dal processo di

escavazione. Sta svolgendo attività di ricerca per il riutilizzo di granulati e polveri di marmo.
Marmo Tecnica Carrara – azienda di consulenza in materia di estrazione e gestione della cava. Svolge attività di networking e di sensibilizzazione sul tema dell'economia circolare e di recupero delle polveri.
Cages srlu – azienda di recupero della marmettola e trattamento dei fanghi per la vendita del prodotto ad altri settori come il cartario, agricolo, alimentare. Ha sede a Massa.
Benetti Macchine per la realizzazione di utensili per il taglio a secco
Dazzini Macchine per la realizzazione di utensili per il taglio a secco
Korfmann per la realizzazione di utensili per il taglio a secco

- il Dipartimento di ingegneria dell'Energia, dei sistemi, del Territorio e delle Costruzioni dell'Università di Pisa ripone particolare attenzione al tema della valutazione del ciclo di vita dei prodotti e sta cominciando una attività di ricerca sul settore lapideo. La specializzazione del dipartimento riguarda il risparmio energetico e le tecniche di LCA.

- il Dipartimento di Chimica industriale dell'Università di Pisa

- Scuola Normale Superiore di Pisa tramite il suo laboratorio di nano-scienze e nano-tecnologie (NEST).

-

principali stakeholders regionali industriali (sviluppo/applicazione);

- Tutte le aziende di escavazione e lavorazione di materiali lapidei;
- Alcune aziende aderenti al distretto tecnologico del marmo e delle pietre ornamentali:

Catalyst srl – http://catalyst-group.it/ - Catalyst produce mattoni in polvere di marmo senza cottura e quindi senza emissioni di CO2. Depositaria di un brevetto.
3emme srl - http://www.3emmesrl.it/ - Azienda di produzione di manufatti in cemento produce i mattoni in polvere di marmo per Catalyst
Carrara Marble Way - http://www.carraramarbleway.it/ - neonato consorzio tra circa 40 cave del comune di Carrara avente l'obiettivo di raccogliere i detriti derivanti dal processo di escavazione. Sta svolgendo attività di ricerca per il riutilizzo di granulati e polveri di marmo.
Marmo Tecnica Carrara – azienda di consulenza in materia di estrazione e gestione della cava. Svolge attività di networking e di sensibilizzazione sul tema dell'economia circolare e di recupero delle polveri.

Cages srlu – azienda di recupero della marmettola e trattamento dei fanghi per la vendita del prodotto ad altri settori come il cartario, agricolo, alimentare. Ha sede a Massa.
Benetti Macchine per la realizzazione di utensili per il taglio a secco
Dazzini Macchine per la realizzazione di utensili per il taglio a secco
Korfmann per la realizzazione di utensili per il taglio a secco

- Altri bacini regionali di estrazione di pietra ornamentale (tra gli altri: Giallo Siena, Travertino di Rapolano, Gessi del Vallone srl);
- Omya (https://www.omya.com/) multinazionale, leader mondiale nella produzione di carbonato di calcio
- Aziende del settore delle costruzioni e della produzione di manufatti in cemento (ad esempio l'azienda 3emme srl di Massa ha già la tecnologia e produce, in piccole quantità, mattoni e cordoli in polvere di marmo)
- Studi di architettura
- Aziende del settore della ceramica: 1925 srl - http://www.1925srl.it/
- Distretto industriale della carta (Lucart Group http://www.lucartgroup.com/, Sofidel spa, Cartiera Ansaldi, Cartiera Lucchese…)
- Aziende operanti in altri settori utilizzatori del carbonato d calcio ($CaCO_3$): chimico, farmaceutico, alimentare, pitture e vernici, sottofondi.
- Aziende produttrici di impianti di aspirazione (Ceragioli Carlo; Micheletti by Kwezi)

principali stakeholders regionali della ricerca (sviluppo/applicazione);

- Dipartimento di ingegneria dell'Energia, dei sistemi, del Territorio e delle Costruzioni,
- il Dipartimento di Chimica industriale dell'Università di Pisa
- il Centro di Geotecnologie (CGT) dell'Università di Siena.
- la Scuola Normale Superiore di Pisa tramite il suo laboratorio di nano-scienze e nano-tecnologie (NEST).

Posizionamento internazionale delle stesse (leadership o followership);

Gli stakeholder regionali della ricerca menzionati si collocano, sul tema in oggetto, in una posizione di followers. Viene riposta, ad esempio, una maggiore attenzione sul tema da parte dei Politecnici di Milano e di Torino attraverso l'attivazione di borse di studio e corsi di dottorato. Una buona

produzione scientifica è anche stata prodotta dall'Università di Cagliari (Dip. Di Geoingegneria).
A livello internazionale si distinguono le attività di ricerca sul tema della Natural Stone Association Tedesca e del Marble Institute of America.

-

Stakeholders/competitors extra regionali.

- Aziende del settore della ceramica (es: Distretto di Sassuolo)
- Zone terremotate per il riciclo delle macerie nella produzione di manufatti per la ricostruzione
- Aziende italiane e straniere di produzione di pietra artificiale (es: Silestone di Cosentino - https://www.cosentino.com, Laminam http://www.laminam.it, Breton https://www.breton.it/it/pietra/azienda, Lapitec https://www.tecknoimport.com/prodotto/lapitec)
- Aziende del cartario
- Sistemi di aspirazione (Atlas Copco Stonetec srl ; Centroventilazione srl; Fevi srl; GNC Meccanica Stone; ItalMecc; Maema srl; Martini Aeroimpianti; Tecnoimpianti Engineering)

Principali partnership esistenti:

principali progetti europei di ricerca sviluppo innovazione (titolo/programma/obiettivo);

- Recyslurry – programma Life LIFE10 ENV/ES/000480- progetto europeo per il recupero della marmettola (nel progetto è coinvolta Carrara attraverso il partenariato di IMM)
- QuaResE – Programma LIFE – LIFE11 ENV/CY/000859 - Quarry resource efficiency demonstration Project – progetto per la produzione di nuovi prodotti dallo scarto (mattoni, lastre…)
- Programma LIFE12 ENV/IT/000419 "Minimize the water footprint of the impactful H2O waste in the cutting cycle of natural stone blocks" – progetto per la minimizzazione dell'utilizzo dell'acqua nei processi produttivi (coinvolta la Borghigiana – pietra di Firenzuola)
- Development of advanced tools for the production of artworks using marble powder (INDUSTRIAL WASTES)- FP5 - G1RD-CT-1999-00041

principali partner europei.

- Spagna:

- ASOCIACION DE INVESTIGACION DE INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION (AIDICO);
- Asociación para la Investigación y Desarrollo Industrial de los Recursos Naturales;
- Ialy Ayuntamento de Novelda

- Portogallo:
  - Centro Tecnológico para o Aproveitamento e Valorição as Rochas Ornamentais e Industrais
  - Assimagra
- Italia:
  - LA BORGHIGIANA S.r.l.
- Grecia:
  - GEOANALYSIS SA
- Germania:
  - INTERNATIONAL TECHNOLOGY & PRODUCTS - ITP GMBH
-

Rappresentazione Grafica ROADMAP 1

Economia circolare per il settore lapideo: soluzioni e sistemi per la valorizzazione degli scarti e per lo sviluppo di nuovi prodotti

	Competenze: ingegneria meccanica	Competenze: Ingegneria meccanica, architettura marketing	Competenze: Chimica industriale, ingegneria ambientale, geologia
Fase TRL 1	Utensili per il taglio a secco		Raccolta delle terre e separazione del carbonato di calcio
Fase TRL 7	Tecnologia per l'aspirazione e lo stoccaggio della polvere		
Fase MRL3		Linea di produzione di varietà merceologiche di manufatti con la polvere di marmo	

tempo

Attività 1: Messa a punto di un sistema integrato per l'escavazione a secco e la raccolta e lo stoccaggio delle polveri e delle terre per successiva trasformazione

L'obiettivo della roadmap è quello di fornire al settore lapideo gli strumenti perché la sua economia diventi circolare e l'attività di escavazione sostenibile. Questo presuppone la riduzione dello scarto in cava, il recupero e la gestione efficiente dello scarto prodotto.

Lo scarto in cava consiste in granulati di varia grandezza, fanghi e polveri.
I fanghi sarebbero ridotti al minimo attraverso lo sviluppo di tecnologie di taglio a secco. La tecnologia di taglio a secco con filo diamantato è ancora in una fase embrionale (TRL1) riteniamo tuttavia che lo sviluppo della stessa sia fondamentale per l'ottimizzazione del processo di recupero delle polveri attraverso i sistemi di aspirazione e successiva vendita a svariati settori (es: cartario).
La tecnologia per l'aspirazione sostanzialmente esiste, ma deve essere riadattata e adottata (TRL7).
L'escavazione produce anche terre che andrebbero gestite. Per quanto riguarda la tecnologia per la separazione del carbonato di calcio dalle terre da scavo siamo ancora in una fase di ricerca (TRL1). Le terre contengono per un 70% carbonato di calcio insieme ad altri minerali quindi una tecnologia in grado di separare le due parti risulterebbe utile al recupero.
Le competenze necessarie per lo svolgimento di questa prima attività sono di tipo ingegneristico, chimico e geologico.

Attività 2: linea di produzione di varie tipologie di manufatti con la polvere di marmo e immissione sul mercato degli stessi

La tecnologia per la produzione di manufatti è sviluppata e operante (esiste già una linea di produzione di mattoni e cordoli) ma deve essere ampliata la gamma di manufatti producibili come lastre, pannelli, mattonelle (MRL3)
Ancora in fase sperimentale la linea di produzione di pietra artificiale dallo scarto.
Questa fase è temporalmente successiva in quanto necessita di un sistema efficiente di raccolta e gestione dello scarto.
Le competenze necessarie in questa seconda fase sono ingegneristiche ma la produzione di nuovi prodotti da immettere sul mercato richiedono anche competenze di marketing e visto che si tratterebbe di prodotti per il mercato delle costruzioni sono necessarie competente negli ambiti di architettura e design

Roadmap N 2

Titolo: **Tecnologie per il consolidamento delle bancate e per il rinforzo dei materiali**
Descrizione La pietra naturale, proprio per la sua naturalità, può presentare in superficie delle "imperfezioni" che non devono essere considerate difetti ma piuttosto peculiarità che la rendono unica e al suo interno delle fratture che potrebbero provocare la rottura del materiale in fase di lavorazione con conseguente spreco e produzione di scarti. In fase di estrazione, a causa di queste fratture la resa della cava in blocchi si attesta mediamente su una percentuale che va dal 20% al 50%, questo significa che, sul quantitativo totale escavato, solo un 20÷50% è costituito da blocchi immediatamente commerciabili, il resto è scarto riutilizzabile (vedi Roadmap 1). Gli stessi blocchi possono poi avere al loro interno delle fratture che rischiano di romperli in fase di produzione delle lastre. Questo comporta anche un problema di sicurezza per gli operatori nel caso del cosiddetto "franamento" del blocco sul telaio. Nasce da qui l'esigenza di investire in tecnologie per il consolidamento delle bancate e per il rinforzo dei materiali. Queste tecnologie hanno il vantaggio di garantire una migliore resa e una escavazione maggiormente sostenibile e, nello stesso tempo, una maggiore sicurezza e redditività per le aziende. **Tecnologie da sviluppare:** 1. **Resine applicabili in condizioni ambientali non controllate e condizioni meteorologiche non ottimali.** la resinatura della bancata (descritta nel punto successivo), del blocco oppure delle lastre, richiede l'applicazione della resina in un ambiente controllato,

auspicabilmente sottovuoto. La resina epossidica, ad oggi prevalentemente utilizzata, riduce la propria efficacia in situazioni di umidità. Oggi alcune aziende stanno tentando di sviluppare una resina che mantenga le sue proprietà di catalisi anche in situazioni di umidità o basse temperature (TRL3).

2. **Tecnologie per la resinatura delle bancate:** la resinatura delle bancate di cava può aumentare la resa dell'escavazione fino all'80%. Oggi la resa media di una cava è pari a una percentuale che va dal 20% al 50% in termini di blocchi commerciabili, la resinatura delle bancate è in grado di aumentare significativamente questa percentuale. Ad oggi tale tecnologia è in una fase sperimentale e sono state effettuate alcune prove in ambiente di cava che hanno dato dei buoni risultati (TRL5). La resinatura viene oggi effettuata con resine epossidiche che vengono iniettate tra il marmo ed uno strato di materiale impermeabile all' aria precedentemente fissato alla bancata, tale strato di materiale impermeabile all'aria ha la funzione, attraverso l'ausilio di specifiche pompe portatili, di messa in "sottovuoto " della bancata stessa. Tra il materiale impermeabile all'aria ed il marmo della bancata possono essere inseriti materiali di rinforzo. La resina, con tale procedimento, penetra nelle varie rotture collegate con l'esterno della bancata, "saldandole" tra di loro.

   Tale procedura ha i seguenti vantaggi:
   a. Minor scarto di materiale
   b. Minor escavazione a parità di tonnellate estratte.
   c. Maggior sicurezza per gli operatori in quanto una bancata frammentata non resinata, durante il ribaltamento potrebbe non seguire un andamento logico, ovvero intuibile dall'operatore.
   d. Riduzione di tagli a filo diamantato
      Riduzione di materiale di scarto (cocciame, polveri, marmettola etc.)

3. **Tecnologie per il rinforzo dei materiali.** Il rinforzo dei blocchi o delle lastre, prima della movimentazione, evita la produzione di scaglie e il "franamento" del blocco sul telaio. Per "franamento" del blocco si intende la rottura dello stesso durante la fase di taglio, avvenimento che comporta un grave rischio per gli operai addetti (senza considerare il fermo-macchina, la sostituzione del blocco con un altro e la produzione di materiali di scarto). La tecnologia per il rinforzo dei materiali è partita circa 12 anni fa, ma già nel 93 alcune ditte del comprensorio apuo-versiliese effettuavano prime sperimentazioni di resinatura sotto-vuoto. Questi processi di rinforzo di blocchi e lastre consentono una industrializzazione dei processi successivi compresa la fase di movimentazione dei materiali,

sulla o dalla linea, minimizzando il rischio di rottura degli stessi e, al contempo, di infortunio per gli addetti.

Il tentativo della ricerca attuale è quello di realizzare un impianto che gestisca la lavorazione dal blocco alla lastra lucidata in autonomia fino alla fase di stoccaggio. Questi processi automatizzati permettono anche una maggiore tracciabilità del passaggio blocco-lastre. Tracciando il blocco all'inizio della linea, vengono tracciate automaticamente anche le lastre alla fine della stessa, con annesso rilievo fotografico dimensionale e di colore (siamo per questa tecnologia in una fase TRL8). Un sistema 4.0 permetterebbe inoltre la connessione della linea con il sistema gestionale che avrebbe un controllo diretto delle lavorazioni effettuate e dei loro costi, nonché la valorizzazione del materiale stoccato.

Altre tecniche per il rinforzo dei materiali consistono nell'applicazione di un nido d'ape sulla lastra. Questo viene spesso utilizzato in ambito nautico in caso di utilizzo di materiali lapidei in forma di lastre ultrasottili. Il nido d'ape presenta però alcune problematiche relative al suo smaltimento a fine vita.

Gli ambiti applicazione:

Lapideo

Lo sviluppo di resine altamente performanti e di processi automatizzati di resinatura potrebbe essere utile anche nel settore nautico e nel settore dell'edilizia in legno[4] nel caso di consolidamento e manutenzione di opere già esistenti.

Principali contesti territoriali di applicazione:

La resinatura delle bancate si rivela utile nei casi di fragilità dei materiali come, ad esempio, Giallo Siena (dove sono state effettuate con successo delle prove) e Calacatta.

La resinatura delle lastre avviene invece in tutto il mondo per qualsiasi tipo di materiale lapideo.

Questo processo consente una industrializzazione dei processi successivi, grazie a una maggiore

[4] Secondo FederlegnoArredo l'edilizia in legno nel nostro Paese, in questi anni di grave crisi del settore costruzioni è riuscita non solo a crescere in controtendenza, guadagnando quote di mercato, ma anche ad affermarsi all'estero, sfruttando il riconoscimento e la forza del brand «made in Italy».

L'Italia è infatti al quarto posto in Europa per la produzione di edifici prefabbricati in legno, con un valore della produzione che, nel 2015, ha raggiunto i 696 milioni di euro (703,8 milioni secondo il dato di rilevazione comunitario Prodcom), in crescita del 9,9% rispetto all'anno precedente e con una quota di mercato pari al 7,2% del totale dei permessi di costruire in Italia.

resistenza dei materiali e quindi alla possibilità di automatizzare tutte le fasi, compresa la movimentazione, senza rischiare di apportare danni al prodotto.
La ricerca sul tema delle resine e sull'automatizzazione dei processi consente un'applicazione anche in altri contesti come la cantieristica nautica, distretto del mobile e il settore manifatturiero in generale.

Target temporali di sviluppo ed adozione della tecnologia (target, tempi, fattori critici).

La ricerca su particolari tipi di resina con caratteristiche di efficienza anche in condizioni ambientali non ottimali è oggi in una fase di test e sperimentazione (TRL3). La tipologia di resina prevalentemente utilizzata è quella epossidica che però presenta alcune debolezze in caso di umidità.
E' in fase sperimentale anche la tecnologia di resinatura delle bancate di cava. Sono state effettuate alcune prove nella cave di Giallo Siena, materiale particolarmente fragile, che hanno mostrato un buon risultato ma la sperimentazione non è ancora ad uno stadio da poter far affermare l'assoluta affidabilità del processo (TRL5).
La tecnologia di rinforzo dei blocchi e delle lastre è invece a uno stadio (TRL8), il sistema è completo e qualifica e necessita solo di pochi perfezionamenti. E' un sistema che dovrebbe essere adottato su larga scala al fine di minimizzare, durante il processo di produzione e movimentazione, possibili danni ai materiali estratti.
I fattori critici per quanto riguarda lo sviluppo e l'adozione di tecnologie di resinatura della bancata sono la scarsa fiducia che generalmente l'operatore ha verso questi processi in particolare nel bacino di Carrara.
Diverso l'approccio invece di altri distretti come quello del Giallo Siena dove si sono verificate con successo prime sperimentazioni e distretti esteri dove si stanno eseguendo alcune prove.

Asset strategici

bacini di competenze territoriali legati allo sviluppo della roadmap;

- Dipartimento di Chimica industriale dell'Università di Pisa
- Dipartimenti di ingegneria meccanica Università toscane
- Dipartimenti di scienze geologiche Università toscane
- Distretto tecnologico nuovi materiali – Mate
-Distretto tecnologico Marmo e Pietra Ornamentale
(Tenax http://tenax.it/, Prometec srl - http://www.prometec.it/, BestOne srl)
SpinPet SpinOff http://www.spinpet.it/wp-site/it/

principali stakeholders regionali industriali (sviluppo/applicazione);

- Cave di pietra ornamentale con materiali relativamente più fragili e fratturati
  - -Granital Siena
  - -Maccari Marmi
  - -Demetra (Marmo Portoro)

- aziende di lavorazione della pietra ornamentale
- Distretto tecnologico nuovi materiali
- Colorobbia http://www.colorobbia.it/
- -Eurit – Gruppo Colorobbia (realizza prodotti chimici per le ceramiche artistiche)
- -Prometec srl - http://www.prometec.it/
- BestOne srl
- -SpinPet SpinOff http://www.spinpet.it/wp-site/it/
- -Marmi Lame

principali stakeholders regionali della ricerca (sviluppo/applicazione);

- Dipartimenti di Chimica industriale università toscane
- Dipartimenti di ingegneria meccanica università toscane
- Dipartimenti di scienze geologiche università toscane
- -SpinPet SpinOff http://www.spinpet.it/wp-site/it/

posizionamento internazionale delle stesse (leadership o followership);

I processi di resinatura della pietra naturale *Made in Italy* sono ritenuti all'avanguardia e alcune delle aziende produttrici di questo tipo di tecnologie sono leader mondiali.

stakeholders/competitors extra regionali.

I portatori d'interesse per uno sviluppo di un sistema integrato e automatizzato di rinforzo dei materiali dalla cava all'azienda di lavorazione sono tutte le aziende del settore della pietra naturale. La messa a punto di un sistema di resinatura delle bancate, ad esempio, potrebbe ragionevolmente essere d'interesse per un materiale di alto valore ma al contempo fragile, come il Portoro ligure. Sono altresì portatori di interesse aziende del settore chimico e centri di ricerca extra-regionali: CHEM Spec – Milano https://www.chemspec.it – produce prodotti chimici innovativi

Vetriceramici spa - http://www.vetriceramici.com/ - multinazionale leader nel settore pigmenti e inchiostri per le ceramiche
Ariostea - http://www.ariostea.it/ - produce lastre di ceramica simil-marmo
Graniti Fiandre spa - produce lastre di ceramica simil-marmo e gres porcellanato
Florim - https://www.florim.com/it/ - produce gres porcellanato
Istituto superiore per la conservazione ed il restauro . Roma http://www.icr.beniculturali.it/
Mare spa - http://www.mare.com/
General Industria Chimica
Laticrete Europe
Tenax http://tenax.it/

Principali partnership esistenti:

principali progetti europei di ricerca sviluppo innovazione (titolo/programma/obiettivo);
I progetti europei a cui si fa riferimento per questa roadmap sono quelli che riguardano i trattamenti superficiali e quindi in parte identificabili con quelli riportati nella roadmap 4 relativa al miglioramento delle caratteristiche del materiale lapideo.
Le due roadmap sono infatti legate da un filo comune che è quello del trattamento superficiale dei materiali.
La decisione di elaborare due roadmap separate risiede nella priorità che si è deciso di assegnare. La resinatura è ormai un processo di routine nel settore lapideo ed è fondamentale per l'industrializzazione dei processi successivi. Efficienti tecnologie di rinforzo sono strategicamente importanti per la crescita e il posizionamento competitivo del settore.
L'applicazione di trattamenti superficiali e materiali nanostrutturati al materiale lapideo è altresì importante in un'ottica di sviluppo del settore e diversificazione dei prodotti, ma risulta oggi con una priorità inferiore in quanto coinvolge un minor numero di operatori interessati.

principali partner europei.

Il soggetto gestore del DTeMPO non è mai stato partner in uno dei progetti menzionati ma si riportano alcuni enti/istituti che hanno partecipato ai progetti e potrebbero essere validi partner per progetti futuri:

ACCIONA CONSTRUCCION SA
Spain

UNIWERSYTET IM. ADAMA MICKIEWICZA W POZNANIU Poland FUNDACION TEKNIKER Spain Karlsruhe institute of technology Germany Wiedemann GmbH Germany

Rappresentazione grafica della ROADMAP2

Tecnologie per il consolidamento delle bancate e il rinforzo dei materiali

	Competenze Chimica, Nanotecnologie	Competenze geologia, ingegneria	Competenze Ingegneria meccanica e informatica
Fase TRL3	Resine applicabili in condizioni meteorologiche non ottimali		
Fase TRL5		Tecnologie per la resinatura delle bancate	
Fase TRL8			Tecnologie per il rinforzo dei materiali

tempo

Attività1 : sviluppo della tecnologia abilitante: resine epossidiche altamente performanti in condizioni meteorologiche non ottimali (basse temperature o umidità)

Lo sviluppo di resine performanti applicabili anche in situazioni ambientali non controllate e non ottimali è abilitante allo sviluppo delle innovazioni successive che prevedono l'utilizzo

della stessa.
La resina epossidica, oggi prevalentemente utilizzata, riduce la propria efficacia in situazioni di umidità. Alcune aziende stanno però tentando di sviluppare una resina che mantenga le sue proprietà di catalisi anche in situazioni di umidità o basse temperature (TRL3).
Un altro filone di ricerca sulle resine è quello che si pone l'obiettivo di sviluppare trattamenti ecosostenibili e ecocompatibili che riducano al minimo i rischi per la salute degli addetti che li applicano e l'impatto ambientale.

Attività 2: Applicazione della tecnologia sviluppata (resina altamente performante) nell'ambiente rilevante (cava o laboratorio) attraverso lo sviluppo di tecnologie idonee all'utilizzo della stessa

la resinatura delle bancate di cava può aumentare la resa dell'escavazione fino all'80%. Oggi la resa media di una cava è pari a una percentuale che va dal 20% al 50% in termini di blocchi commerciabili, la resinatura delle bancate è in grado di aumentare significativamente questa percentuale. Ad oggi tale tecnologia è in una fase sperimentale e sono state effettuate alcune prove in ambiente di cava che hanno dato dei buoni risultati (TRL5).
La tecnologia di rinforzo dei blocchi e delle lastre è invece a uno stadio (TRL8), il sistema è completo e qualifica e necessita solo di pochi perfezionamenti. E' un sistema che dovrebbe essere adottato su larga scala al fine di minimizzare, durante il processo di produzione e movimentazione, possibili danni ai materiali estratti. la resinatura della bancata, del blocco oppure delle lastre, richiede attualmente l'applicazione della resina in un ambiente controllato, auspicabilmente sottovuoto.

Roadmap N 3

Titolo **Robotica e soluzioni HiTech per il design e l'artigianato artistico**
Descrizione La differenza tra design e artigianato artistico risiede nell'apporto della mano dell'uomo. Mentre nel design, l'automazione e la robotica arrivano quasi al prodotto finito (fatta esclusione per la fase di finitura che è ancora esclusiva della manodopera artigiana), nell'artigianato artistico la tecnologia arriva a poco più del 50% dell'opera, che alla fine richiede comunque un sapiente intervento di una mano esperta, per non ridursi ad essere un oggetto standardizzato e freddo che poco ha a che fare con l'arte. Il design coniuga requisiti tecnici, funzionali, economici e estetici e la forma che ne risulta è la sintesi di un'attività progettuale di disegno industriale per futura possibile produzione in serie. L'artigianato artistico produce invece opere uniche e la forma che ne deriva è la sintesi della mano e delle emozioni dello scultore. L'artigiano custodisce gelosamente la propria capacità di "smodellatura" che regala l'anima all'opera e solo chi ha questa competenza può godere dell'ausilio del robot senza snaturare la produzione artistica. Tuttavia, anche per l'artigiano, l'utilizzo del robot diventa essenziale in un mercato sempre più esigente che richiede, opere e sculture, in tempi sempre più ridotti. Design e artigianato artistico hanno quindi esigenze diverse, anche in termini di tecnologie applicabili. L'artigianato artistico ha bisogno di strumentazioni efficienti e sicure e manodopera competente ma non ha la necessità di linee di produzione o sistemi automatizzati. Riteniamo sia necessario sottolineare l'importanza di questo comparto del settore della pietra naturale in termini di marketing strategico emozionale, in quanto l'artigianato artistico ha ancora oggi un fondamentale ruolo nella comunicazione di settore, che è visto in tutto il mondo come sinonimo di eccellenza, arte e cultura. Si presenta oggi il rischio di perdere tali competenze e maestranze e emerge, dagli operatori, la necessità un maggior investimento nella formazione di questo comparto che richiede soprattutto molte ore di laboratorio per provare e sperimentare le forme del marmo. Una esercitazione di tipo pratico, che potrebbe essere ragionevolmente coadiuvata da tecnologie di realtà virtuale per il raggiungimento degli obiettivi di formazione dei giovani scultori ma anche per operazioni di marketing e promozione. Il design d'altro canto è un settore in crescita e sono molteplici gli utilizzi del marmo o di altre pietre per la produzione di occhiali da vista, lampade, piatti, lampadari. Ultimamente si sta facendo strada una linea di sviluppo di prodotti interattivi in marmo e altre pietre (tavoli interattivi multi-Touch, basi per la ricarica del cellulare, lampade la cui accensione è controllabile tramite iphone

etc.).
Il Design permette inoltre di recuperare materiali di scarto nella produzione di oggetti di piccola dimensione in un'ottica di economia circolare.
Per quanto riguarda la robotica, negli ultimi venti anni la struttura meccanica dei robot è rimasta praticamente invariata ma sono stati fatti molti passi in avanti per quanto riguarda sicurezza, riduzione degli ingombri e precisione.[5]

Tecnologie da sviluppare:

1. **Sistemi di sicurezza per l'artigianato artistico:** L'artigiano nella sua attività ha bisogno di dispositivi di sicurezza di facile e veloce istallazione e che permettano una ampia visibilità nel campo di lavoro. Istallazioni schermanti per la protezione durante l'attività abrasiva possono ridurre eccessivamente la visibilità tanto da indurre talvolta l'artigiano a adottare comportamenti a rischio.
   Un altro problema connesso con l'attività artigiana riguarda l'uso di strumenti vibratori il cui utilizzo protratto nel tempo può dare luogo a una serie di malattie professionali. Una delle linee di ricerca su questo tema riguarda lo sviluppo di impianti robotizzati di piccola dimensione per l'artigianato artistico.

2. **Realtà virtuale per la formazione artigiana:** Nell'artigianato artistico emerge la necessità di formare giovani scultori con formazione nelle aule ma anche, e soprattutto, presso i laboratori artigiani. La realtà virtuale può essere un soluzione intermedia in quanto permetterebbe virtualmente di entrare in contatto con l'ambiente di lavoro e interagire con esso, per capire e portare ad una conoscenza approfondita e per sperimentare. Permetterebbe la realizzazione di corsi di formazione a distanza e, al contempo, valorizzerebbe il patrimonio storico e culturale che il marmo e la pietra naturale rappresentano. I materiali lapidei delle Apuane sono stati utilizzati in numerosissime opere di architettura di enorme prestigio come, solo a titolo di esempio, la facciata policroma del Duomo di Firenze, il campanile di Giotto, le colonne di Cipollino del Quirinale, i rivestimenti interni del Museo delle Arti e Tradizioni dell'EUR di Roma, quelli del Palazzo Montecatini di Milano e della Borsa del Riso di Vercelli, il cimitero monumentale di Staglieno, in Provincia di Genova. La realtà virtuale potrebbe apportare ai corsi di formazione per il settore lapideo un enorme valore aggiunto permettendo ai giovani di "visitare" queste opere, apprezzare il materiale, comprendere le tecniche di posa e realizzazione. Senza considerare che sarebbe un potente strumento di marketing territoriale.

[5] Versilia Produce (2016) "Apuo-Versilia, area con la più alta diffusione di robot", Feb 2016

3. **Impianti multi-robot e multi-materiale:** Oggi i robot hanno una flessibilità che permette loro di fare quasi qualsiasi cosa, quello su cui la ricerca sta puntando è la realizzazione di impianti multi-robot tra loro comunicanti sul modello industria 4.0. La realizzazione di impianti di questo tipo e la conseguente automatizzazione di processi di produzione complessi può essere applicata in generale a qualsiasi materiale (es: legno, vetro, metallo…). Questo può portare nell'ambito del design a lavorare contemporaneamente materiali diversi su una stessa linea e alla realizzazione di prodotti multi-materiale (legno+marmo, vetro+ marmo etc.) Tale tecnologia è già presente nel comparto automobilistico e potrebbe essere ragionevolmente adattata al settore lapideo, esistono attualmente alcuni prototipi di messa in rete di diverse macchine e la tecnologia è quindi a uno stadio TRL3

4. **Internet delle cose (IoT) con la pietra naturale:** un aspetto che sta ottenendo sempre più attenzione da parte dei designer è quello della realizzazione di prodotti interattivi attraverso l'applicazione di elementi elettronici e sensori ai prodotti lapidei. Sono stati sviluppati, ad esempio tavoli interattivi multi-touch, basi in marmo per la ricarica dei cellulari, ma le applicazioni sono infinite e permettono, con una sinergia tra i settori lapideo e elettronico, la produzione degli elementi più disparati.

5. **Cybersecurity con il marmo** La sicurezza informatica è un problema molto sentito in ambito tecnico-informatico per via della crescente informatizzazione della società e dei servizi (pubblici e privati). Il senso comune individua principalmente nel metallo l'elemento essenziale della interferenza di onde radio ed elettromagnetiche. L'azienda Apple Inc., però, ha elaborato una griglia di interferenza più complessa, che individua in modo generico molteplici materiali che possono creare interferenze secondo una graduazione crescente (da 1 a 9)[6] :

n.	Tipo di barriera	Potenziale di interferenza
1.	Legno	Basso
2.	Materiale sintetico	Basso
3.	Vetro	Basso
4.	Acqua	Medio
5.	Mattoni	Medio
6.	Marmo	Medio
7.	Intonaco	Alto
8.	Cemento	Alto

[6] https://support.apple.com/it-it/HT201542

9. Metallo Molto alto

Il marmo presenta quindi delle proprietà di schermatura ancora inesplorate che richiederebbero un investimento in ricerca e sviluppo per valutarne precisamente entità e caratteristiche. Le proprietà d'interferenza delle pietre possono infatti fornire barriere "fisiche" con ricadute "logiche" nel campo dell'Information & Communication Technology. Se fosse provata questa proprietà di schermatura in un'ottica di sicurezza informatica, i rivestimenti in marmo potrebbero risultare utili in tutti i casi in cui ci sia necessità di un maggior livello di sicurezza (es: impieghi militari, banche, aeroporti…)

Gli ambiti applicazione:

Lapideo
Settore manifatturiero
Sicurezza e forze armate
Nautica
Bancario
Aeroportuale
Formazione

Principali contesti territoriali di applicazione:

I contesti territoriali di applicazione di processi IOT a diverse tipologie di materiale o lo sviluppo di tecnologie multi-robotizzate sono tutti i distretti manifatturieri toscani (marmo, legno, tessile…)
Lo sviluppo di pannelli di marmo per la Cybersecurity avrebbe un utilità in diversi contesti a partire dal settore della nautica e quello militare.
Lo sviluppo di strumenti per la formazione che utilizzino la tecnologia della realtà virtuale (VR) sarebbero una innovazione di prodotto per qualsiasi agenzia formativa che si occupi di corsi per addetti, tecnici e creazione d'impresa in qualsiasi distretto industriale regionale.

Target temporali di sviluppo ed adozione della tecnologia (target, tempi, fattori critici).

La realtà virtuale è oggi un tecnologia ormai matura e l'applicazione della stessa per la formazione artigiana degli scultori richiederebbe soltanto di essere adattata per essere utilizzata nella formazione in questo ambiente di lavoro (MRL2). Alcune applicazioni di questo tipo sono ad esempio state effettuate per l'addestramento in ambito militare.

Lo sviluppo di una tecnologia multi-robotizzata e il conseguente sviluppo di linee di produzione multi-materiale richiede oggi l'adattamento e la messa in rete di tecnologie già esistenti attraverso lo sviluppo di software appositi.
I robot oggi sono infatti in grado di svolgere qualsiasi tipo di mansione ma la loro messa in rete permetterebbe di industrializzare anche la produzione di prodotti multi-materiale (TRL2). Il marmo potrebbe essere, in un'unica linea, unito al legno o al vetro per la produzione di complementi d'arredo o per applicazioni di tipo architettonico e di design.
Se a questi prodotti si riesce a unire elementi di tipo elettronico e sensoristico si entra nell'ambito della IoT, ad oggi a un livello di sviluppo intermedio prototipale (MRL5)
Lo sviluppo di pannelli di marmo cybersicuri, invece, è concettualmente realizzabile date le caratteristiche del marmo ma è necessario approfondire la ricerca e misurare il livello di interferenza del singolo pannello e di diverse composizioni su pavimentazioni e rivestimenti, siamo in una fase TRL2.

Asset strategici
bacini di competenze territoriali legati allo sviluppo della roadmap;

Le competenze necessarie per lo sviluppo di questa roadmap, più legata al tema dell'industria 4.0, sono competenze di tipo informatico ICT e manifatturiero.
L'applicazione di sensori a diverse tipologie di materiale o lo sviluppo di pannelli di marmo "Cybersicuri" richiedono da un lato la conoscenza fisico-meccanica del materiale stesso, quindi competenze di tipo geologico, dall'altro elevate competenze di tipo elettronico e ICT

principali stakeholders regionali industriali (sviluppo/applicazione);

I portatori d'interesse per questa roadmap sono le aziende artigiane del settore manifatturiero relativo a materiali lapidei, legno, vetro.
Potrebbero essere interessati allo sviluppo di pannelli di marmo (o polvere di marmo) cybersicuri cantieri nautici e militari, banche aeroporti (Pisa e Firenze)
Tra le principali aziende produttrici di impianti robotizzati della Regione Toscana:
T&D Robotics
QDesign
Scienzia Machinale

Utilizzatori di Robot:
Robot City - http://www.robot-city.com/
Torart - http://www.torart.com/
Henraux spa - http://www.henraux.it/it/index.asp
Garfagnana Innovazione - http://www.garfagnanainnovazione.it/it

principali stakeholders regionali della ricerca (sviluppo/applicazione);

Centro di ricerca "Enrico Piaggio" Pisa
Laboratorio di Robotica Sant'Anna di Pisa
Dipartimento di Ingegneria robotica e dell'automazione Pisa
Istituto di Tecnologie della Comunicazione dell'Informazione e della Percezione di Pisa
Accademia di Belle Arti Carrara
Scuola del Marmo di Carrara

posizionamento internazionale delle stesse (leadership o followership);

A proposito di automazione industriale, l'Italia è nella top ten dei produttori mondiali di robot industriali: lo affermano i dati della Federazione Internazionale di Robotica (IFR), che riconosce al nostro Paese il sesto posto nella classifica mondiale, dietro a Cina, Corea Del Sud, Giappone, Stati Uniti e Germania.
l'Italia è anche il secondo produttore europeo di robot industriali dopo la Germania, con una quota annuale media di 6mila e 700 unità vendute, contro le 20mila tedesche.
Il posizionamento internazionale dei centri di ricerca sopra menzionati è tuttavia di leadership soprattutto con riferimento alle applicazioni per il lapideo

stakeholders/competitors extra regionali.

International Federation of Robotics
Università degli Studi di Genova - Dipartimento di Informatica, Bioingegneria, Robotica e Ingegneria dei Sistemi
Istituto Italiano di Tecnologia di Genova
C.E.A.R. Centro Europeo di Automazione e Robotica Srl di Brescia
Laboratorio Di Robotica, DEI, Università degli Studi Di Padova
SIR S.p.A. - Soluzioni Industriali Robotizzate – Modena
Breton spa
Omag spa
Socomac srl – sitemi di automazione

Principali partnership esistenti:

principali progetti europei di ricerca sviluppo innovazione (titolo/programma/obiettivo);

Nome progetto: "SLIM (Strong, Lightweight and Indestructible Marble)" - Project ID: 744671 Programma SME Instruments: L'azienda italiana BUDRI ha sviluppato un metodo che consente la produzione di strati di marmo molto sottili da rivestire con materiali compositi con resine per produrre un marmo forte, flessibile e leggero di 1 mm per usi nel settore delle costruzioni ma anche per montature di occhiali di lusso e oggetti di design.

Nome progetto: AROSU (Artistic robotic surface processing for stone) programma FP7-SME (Germany)

principali partner europei.
GIBSON & CO LIMITED - http://shop.g-gibson.com/
Regno Unito
KUKA Roboter CEE GMBH- https://www.kuka.com/it-it
Austria
Association for Robot in architecture - http://www.robotsinarchitecture.org
Austria
TECHNISCHE UNIVERSITAT DORTMUND
Germania
KLERO GMBH ROBOTERAUTOMATION
Germania
BUDRI spa - http://www.budri.com/it/
Italy

Rappresentazione Grafica ROADMAP 3
Robotica e soluzioni HiTech per il design e l'artigianato artistico

	Competenze informatiche, Industria 4.0	Competenze geologiche e Industria 4.0	Competenze ICT, Istituti d'arte, aziende artigiane, Industria 4.0
Fase TRL2	Impianti multi-robot e multi-materiale	Cybersecurity con il marmo	
Fase MRL5	Internet delle cose (IoT) con la pietra naturale		
Fase MRL2			Realtà virtuale per la formazione nell'artigianato artistico

tempo

Attività 1: Ricerca e sviluppo per la produzione industriale di nuove categorie di prodotto di design anche multimateriale

Oggi i robot hanno una flessibilità che permette loro di fare quasi qualsiasi cosa, quello su cui la ricerca sta puntando è la realizzazione di impianti multi-robot tra loro comunicanti sul modello **industria 4.0.** La realizzazione di impianti di questo tipo e la conseguente automatizzazione di processi di produzione complessi può essere applicata in generale a qualsiasi materiale (es: legno, vetro, metallo…). Questo può portare nell'ambito del design a lavorare contemporaneamente materiali diversi su una stessa linea e alla realizzazione di prodotti multi-materiale. Lo sviluppo di una tecnologia multi-robotizzata e il conseguente sviluppo di linee di produzione multi-materiale richiede oggi l'adattamento e la messa in rete di tecnologie già esistenti attraverso lo sviluppo di software appositi.
(TRL2)
Sempre in un'ottica di Industria 4.0 la ricerca sta puntando sulla realizzazione di prodotti interattivi attraverso l'applicazione di elementi elettronici e sensori ai prodotti lapidei. Se a questi prodotti si riesce a unire elementi di tipo elettronico e sensoristico si entra nell'ambito della IoT, ad oggi a un livello di sviluppo intermedio prototipale (MRL5)
Lo sviluppo di pannelli di marmo cybersicuri, invece, è concettualmente realizzabile date le caratteristiche del marmo ma è necessario approfondire la ricerca e misurare il livello di interferenza del singolo pannello e di diverse composizioni su pavimentazioni e rivestimenti, siamo in una fase TRL2.

Attività 2: Formazione delle maestranze dell'artigianato artistico

Nell'artigianato artistico emerge la necessità di formare giovani scultori con formazione nelle aule ma anche, e soprattutto, presso i laboratori artigiani. La realtà virtuale può essere un soluzione intermedia in quanto permetterebbe virtualmente di entrare in contatto con l'ambiente di lavoro e interagire con esso, per capire e portare ad una conoscenza approfondita e per sperimentare. Permetterebbe la realizzazione di corsi di formazione a distanza e, al contempo, valorizzerebbe il patrimonio storico e culturale che il marmo e la pietra naturale rappresentano.
La realtà virtuale è oggi un tecnologia ormai matura e l'applicazione della stessa per la formazione artigiana degli scultori richiederebbe soltanto di essere adattata per essere utilizzata nella formazione in questo ambiente di lavoro (MRL2)

Roadmap N 4

Titolo **Nanotecnologie per il miglioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche e la conservazione dei prodotti finiti e beni culturali**
Descrizione Nanotecnologie e trattamenti superficiali che migliorino le caratteristiche fisico meccaniche dei prodotti lapidei e ne migliorino la durabilità attraverso una azione protettiva utile anche nella conservazione dei beni culturali. Nanotecnologie che attribuiscano al prodotto lapideo proprietà aggiuntive ad esempio "mangiasmog", proprietà antibatteriche o proprietà igienico-sanitarie. Un esempio è il cemento fotocatalitico di Italcementi che ha una funzione di auto-pulizia e disinquinamento con il quale è stato costruito il padiglione Italia a Expo2015. Tale cemento esteticamente bianco e brillante è stato prodotto attraverso l'utilizzo di polvere di marmo. Trattamenti antibatterici applicabili sul marmo potrebbero avere utile applicazione nei rivestimenti di scuole e ospedali. **Tecnologie da sviluppare:** 1. **Materiali per superfici ad alte prestazioni**. Lo sviluppo di nanotecnologie utili a migliorare le caratteristiche fisico meccaniche dei materiali lapidei favorirebbe l'apertura di nuovi mercati dove sia utile il rispetto di certi livelli di sicurezza e una maggior durabilità dei materiali stessi. Si parla di nanotecnologie e trattamenti superficiali che permettano al materiale lapideo di risultare idrofobo, autopulente, resistente al fuoco, con proprietà antibatteriche etc. L'applicazione trova applicazione nel settore dei beni culturali e del restauro di opere architettoniche in caso di trattamenti superficiali ad azione protettiva. 2. **Trattamenti superficiali environment-friendly** ad esempio fotocatalitici oppure "mangiasmog".

Gli ambiti applicazione:

Agroalimentare
Nanotecnologie
Nuovi materiali
Beni culturali
Architettura
Edilizia
Ospedaliero

Principali contesti territoriali di applicazione:
Tutto il patrimonio artistico toscano in marmo e pietra ornamentale
Settore delle costruzioni
Ospedali
Scuole e asili
Nautica e navale
Agroalimentare

Target temporali di sviluppo ed adozione della tecnologia (target, tempi, fattori critici).
La tecnologia è ad uno stadio avanzato di sviluppo deve soltanto essere adattata e applicata al materiale lapideo. Siamo a uno stadio di MRL8 in cui sono state sperimentate alcune applicazioni al lapideo ed è possibile avviare una linea pilota di trattamento dei materiali lapidei con materiali nanotecnologie ad alte prestazioni.

Asset strategici
bacini di competenze territoriali legati allo sviluppo della roadmap;

Distretto tecnologico toscano Nuovi Materiali
Colorobbia
Tenax
Toscana Nanotech
SpinPet Spinoff
Dipartimenti di chimica industriale università toscane
Consorzio Polo Tecnologico Magona

principali stakeholders regionali industriali (sviluppo/applicazione);

Aziende di lavorazione materiali lapidei per pavimentazione e rivestimenti
Aziende dell'artigianato artistico
Aziende chimiche e del settore materiali compositi e nanostrutturati
Colorobbia
Tenax
Toscana Nanotech
SpinPet Spinoff
COMPNEXT SRL
Vetriceramici spa
Aziende del settore ceramica: Ariostea, Graniti Fiandre, Florim

principali stakeholders regionali della ricerca (sviluppo/applicazione);
Distretto tecnologico toscano Nuovi Materiali
Dipartimenti di chimica industriale università toscane
Conservazione beni culturali
Consorzio INSTM- Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali

posizionamento internazionale delle stesse (leadership o followership);
Il posizionamento internazionale dei centri di ricerca sopra menzionati è di leadership soprattutto con riferimento alle applicazioni per il lapideo

stakeholders/competitors extra regionali.
Settore ceramica e rivestimenti d'interni

Conservazione Beni culturali
CHEM Spec – Milano https://www.chemspec.it
Istituto superiore per la conservazione ed il restauro . Roma http://www.icr.beniculturali.it/

Principali partnership esistenti:

principali progetti europei di ricerca sviluppo innovazione (titolo/programma/obiettivo);

Nano-cathedral – H2020-NMP-2014-two-stage "Material-based solutions for protection or preservation of European cultural heritage" - http://www.nanocathedral.eu
Stonecore – Programma FP7-NMP- " Futuristic nanotechnology helps preserve history"

NANOPIGMY (More than color: Applying nanotechnologies for the multifunctional ceramic pigments development)- Programma FP7-NMP-280393 **Principali partner europei.** Il soggetto gestore del DTeMPO non è mai stato partner in uno dei progetti menzionati ma si riportano alcuni enti/istituti che hanno partecipato ai progetti e potrebbero essere validi partner per progetti futuri: ACCIONA CONSTRUCCION SA Spain UNIWERSYTET IM. ADAMA MICKIEWICZA W POZNANIU Poland FUNDACION TEKNIKER Spain Karlsruhe institute of technology Germany Wiedemann GmbH Germany

Rappresentazione grafica ROADMAP 4

Nanotecnologie per il miglioramento delle caratteristiche fisico meccaniche e la conservazione dei prodotti finiti e beni culturali

	Competenze Ingegneria e chimica
Fase MRL8	Materiali per superfici ad alte prestazioni.
Fase MRL8	Trattamenti superficiali environment-friendly

tempo

Attività 1: Applicazione dei trattamenti superficiali esistenti ai prodotti lapidei e ai beni culturali

La tecnologia è ad uno stadio avanzato di sviluppo deve soltanto essere adattata e applicata al materiale lapideo. Siamo a uno stadio di MRL8 in cui sono state sperimentate alcune applicazioni al lapideo ed è possibile avviare una linea pilota di trattamento dei materiali lapidei con materiali nanotecnologie ad alte prestazioni.

Roadmap N 5

Titolo

Tracciabilità, sicurezza e sviluppo della catena del valore: automazione dei processi di produzione e comunicazione lungo la filiera

Descrizione

Questa roadmap fa riferimento a tutte le tecnologie per l'automazione dei processi produttivi con il duplice obiettivo di aumentare la sicurezza sul luogo di lavoro e garantire una maggiore tracciabilità dei materiali.

L'automazione permette di aumentare la sicurezza nella misura in cui allontana l'operatore nel caso di processi produttivi rischiosi (vedi processi di escavazione, resinatura dei materiali, taglio e movimentazione)

La tracciabilità dei materiali in caso di automazione dei processi di lavorazione e movimentazione è immediata. Il tentativo della ricerca attuale è quello di realizzare un impianto che gestisca la lavorazione dal blocco alla lastra resinata e lucidata in autonomia fino alla fase di stoccaggio. Questi processi automatizzati permettono anche una maggiore tracciabilità del passaggio blocco-lastre. Tracciando il blocco all'inizio della linea, vengono tracciate automaticamente anche le lastre alla fine della stessa.

E' utile evidenziare anche l'utilità di sviluppare soluzioni per automatizzare la comunicazione lungo la filiera in processi verticali non integrati. In un settore fortemente caratterizzato e super-specializzato, come quello lapideo toscano, l'introduzione dei concetti della produzione snella (lean manufacturing) potrebbero generare, a basso costo, importanti ricadute sulla produttività generale ed un valido aiuto al fine di efficientare gli sprechi con benefici facilmente intuibili anche dal punto di vista dell'ottimizzazione di risorse naturali limitate come il marmo.

Tecnologie da sviluppare:

Tecnologie per la tracciabilità dei prodotti: La tracciabilità della produzione è prioritaria per la Regione Toscana che ha scommesso soprattutto sulla qualità dei propri prodotti.

Quando si parla di tracciabilità in genere si pensa al settore agroalimentare, in realtà, sarebbe auspicabile sviluppare sistemi di tracciabilità efficienti anche per altre categorie di prodotto. In linea con quanto riportato nell'Art. 55 della legge 35/2015 della Regione

Toscana, risulta prioritario individuare sistemi di tracciabilità efficienti che permettano di valorizzare i prodotti locali e incentivare la filiera lapidea. La stessa commissione europea ha aperto nel 2015 una consultazione pubblica sulla possibile estensione del marchio IGP ai prodotti non agricoli alla quale IMM ha risposto relativamente all'opportunità di estendere l'Indicazione Geografica protetta al marmo di Carrara.[7]

Tale operazione richiede però l'adozione di sistemi di tracciabilità efficienti che permettano agli operatori, in modo semplice e immediato, di certificare l'estrazione e la lavorazione in loco.

Oltre ai più tradizionali codici a barre, RFid, QRcode, una linea di ricerca, ad esempio, riguarda la *Video Content Analysis* ossia la possibilità tecnica di analizzare automaticamente contenuti video al fine di determinare eventi spaziali e temporali, tradizionalmente applicata ai campi della salute, automotive, trasporti, home e industrial automation, safety & security. Una sorta di videosorveglianza intelligente che permetterebbe di riconoscere e tracciare il blocco attraverso tutte le fasi di lavorazione senza l'applicazione di codici o etichette. Le tecnologie si fondano su algoritmi che possono essere implementati quali meri software per macchine di comune diffusione o strumenti software-hardware specializzati quali unità di elaborazione video.

1. **Tecnologie per l'automazione e il controllo a distanza dei macchinari:** il controllo a distanza permette di ridurre il rischio del operatore in processi produttivi complessi. E' una tecnologia disponibile per alcune attività di cava e per alcuni processi che potrebbero mettere l'operatore in condizione di rischio a causa di possibili incidenti o rischi per la salute ad esempio per l'inalazione di fumi e polveri.

2. **Automazione delle procedure di controllo sulla sicurezza in cava e tecnologie per sburocratizzare la sicurezza sul lavoro**: Un esempio di automazione dei processi di comunicazione riguarda lo sviluppo di sistemi digitalizzati 4.0 per facilitare interventi sistematici di informazione specifica e di allerta situazionale, di monitoraggio e di feedback in materia di sicurezza dei comportamenti nelle attività lavorative. L'obiettivo è quello di migliorare la cultura della sicurezza, la consapevolezza negli operatori, le buone prassi sperimentate, la raccolta di indicatori utili per il miglioramento, senza appesantimenti burocratici di ostacolo alla gestione e, di conseguenza, all'efficacia della prevenzione. Una tecnologia che richieda "meno carta" e quindi un minor appesantimento burocratico dovrebbe trovare applicazione sia nei processi produttivi (in cava e al piano), sia nei necessari processi di controllo e manutenzione su macchinari e impianti. Questo

[7] http://ec.europa.eu/internal_market/consultations/2014/geo-indications-non-agri/docs/contributions/individuals-and-others/carrara-marble_en.pdf

risulterebbe in linea con il Piano di Formazione Strategica 2016 - 2020 della Regione Toscana, il quale, nell'Allegato 3 - comma 4, prevede, "con riferimento a mansioni e ambiti di rischio elevati, brevi interventi di formazione su specifiche tematiche, anche al fine di promuovere buone prassi e corretti comportamenti.

Gli ambiti applicazione:

L'ambito di applicazione delle presenti tecnologie è, oltre al lapideo, il settore manifatturiero in generale.

L'ambito produttivo in cui la tracciabilità dei prodotti è stata maggiormente applicata è quello agroalimentare, tuttavia si rende necessario certificare la filiera anche in altri distretti industriali manifatturieri che hanno particolari esigenze e caratteristiche.

L'automazione dei processi produttivi e di comunicazione agevola ad esempio lo sviluppo di un sistema di tracciabilità efficiente, oltre ad aumentare la sicurezza sul posto di lavoro.

Principali contesti territoriali di applicazione:

Le tecnologie di tracciabilità e di automazione dei processi produttivi ed di comunicazione, una volta sviluppate potrebbero trovare applicazione in tutti i distretti industriali toscani (pelle, carta, calzaturiero, tessile, oro, nautica)

Target temporali di sviluppo ed adozione della tecnologia (target, tempi, fattori critici).

Lo sviluppo della tecnologia relativa alla tracciabilità dei processi produttivi presenta, da tempo, alcune criticità legate alla necessità di trattare l'argomento anche sui tavoli istituzionali vista la ricaduta politica e fiscale di un processo di questo tipo.

La tecnologia deve essere inoltre di facile applicazione per evitare un appesantimento dei processi produttivi con conseguenti ricadute negative sul settore.

Tecnologie di tracciabilità e automazione dei processi di produzione e comunicazione si intersecano quindi nel triplice obiettivo di aumentare a sicurezza, creare valore e monitorare il reale andamento del settore.

Le tecnologie per la tracciabilità esistenti richiedono un adattamento per l'applicazione nel settore lapideo (MRL3). Le tecnologie di automazione dei processi produttivi sono in una fase più avanzata MRL8. Per l'automazione dei processi di comunicazione siamo in una fase prototipale (MRL5)

Asset strategici

bacini di competenze territoriali legati allo sviluppo della roadmap;

principali stakeholders regionali industriali (sviluppo/applicazione);

distretti industriali toscani (marmo, pelle, carta, calzaturiero, tessile, oro, nautica), forme aggregative di imprese, quali consorzi, anche in forma di società, raggruppamenti temporanei di impresa, contratti di rete
Camere di commercio – uffici anticontraffazione

principali stakeholders regionali della ricerca (sviluppo/applicazione);
L'Università di Siena ripone particolare attenzione al tema della tracciabilità e ha un master su Alimenti di qualità e loro tracciabilità e ha dato vita ad alcuni spinoff universitari sul tema come VidiTRUST srl

Dipartimenti di ingegneria robotica e dell'automazione di Pisa
Ingegneria elettrica e dell'automazione di Firenze

posizionamento internazionale delle stesse (leadership o followership);
Posizione di leadership per quanto concerne le tecnologie di tracciabilità per il il settore agroalimentare

stakeholders/competitors extra regionali.
Altri distretti industriali del Made in Italy
Ethos Media Group srl – sta sperimentando gli strumenti di Video Content Analysis

Principali partnership esistenti:
principali progetti europei di ricerca sviluppo innovazione (titolo/programma/obiettivo);

Programma FP4-BRITE/EURAM 3 - Integrated manufacturing and production automation for the ceramic tile industry

principali partner europei.
Cognex Corporation - http://www.cognex.com/facilities-europe.aspx (Cognex Corporation è il principale fornitore a livello mondiale di sistemi, software e sensori di visione e di lettori ID industriali utilizzati nell'automazione dei processi produttivi)

European Commission – DG Enterprise and Industry

Eindhoven University of Technology (TU/e) - Department of Technology Management
Paesi Bassi

Universiteit Maastricht (UM)-Institute for Knowledge and Agent Technology (IKAT)
Department of Computer Science

Rappresentazione grafica ROADMAP 5

Tracciabilità, sicurezza e sviluppo della catena del valore: automazione dei processi di produzione e comunicazione lungo la filiera

	Competenze informatiche, Industria 4.0	Competenze Ingegneristiche, informatiche, Industria 4.0
Fase MRL8		Tecnologie per l'automazione e il controllo a distanza dei macchinari
Fase MRL5		Automazione delle procedure di controllo sulla sicurezza
Fase MRL3	Tracciabilità dei prodotti	

tempo

Attività 1: Aumentare a sicurezza sul luogo di lavoro favorendo l'adozione di tecnologie per l'automazione dei processi produttivi e di comunicazione

Il controllo a distanza permette di ridurre il rischio del operatore in processi produttivi complessi, la tecnologia è sviluppata e utilizzata per alcune applicazioni.

Un esempio di automazione dei processi di comunicazione riguarda lo sviluppo di sistemi digitalizzati 4.0 per facilitare interventi sistematici di informazione specifica e di allerta situazionale, di monitoraggio e di feedback in materia di sicurezza dei comportamenti nelle attività lavorative. Esisto prototipi che richiedono la sperimentazione nell'ambiente rilevante.

Attività 2: Sviluppo di un sistema di tracciabilità snello e poco impegnativo per gli operatori

La tracciabilità della produzione è prioritaria per la Regione Toscana che ha scommesso soprattutto sulla qualità dei propri prodotti. Oltre ai più tradizionali codici a barre, RFid, QRcode, una linea di ricerca, ad esempio, riguarda la *Video Content Analysis* ossia la possibilità tecnica di analizzare automaticamente contenuti video generalmente utilizzati a fini di sicurezza e sorveglianza per determinare anche eventi spaziali e temporali. Tradizionalmente applicata ai campi della salute, automotive, trasporti, home e industrial automation, safety & security. Una sorta di videosorveglianza

intelligente che permetterebbe di riconoscere e tracciare il blocco attraverso tutte le fasi di lavorazione senza l'applicazione di codici o etichette. Le tecnologie per la tracciabilità esistenti richiedono un adattamento per l'applicazione nel settore lapideo (MRL3).

Roadmap N 6

Titolo **Tecnologie per il monitoraggio dell'escavazione**
Descrizione La seguente Roadmap si fonda sull'idea di utilizzare i progressi tecnologici nel campo della sensoristica per il monitoraggio di zone geologicamente complesse e ad alto rischio infortuni. Le attività di monitoraggio del territorio hanno assunto un ruolo centrale nelle scienze della terra data la progressiva attenzione verso le problematiche del rischio geologico, specialmente nelle aree vulnerabili per la presenza di attività antropiche. Le aree di cava posseggono tutte le prerogative di rischio geologico per cui un sistema di monitoraggio si rende necessario: si tratta di ambienti dinamici, continuamente perturbati ed in evoluzione. Esistono attualmente diversi sistemi per il monitoraggio che presentano le più svariate caratteristiche in termini di accuratezza, invasività, copertura areale e costi. I tradizionali sistemi di monitoraggio geotecnici costituiti da estensimetri, fessurimetri ed inclinometri consentono di acquisire informazioni direttamente dalla superficie e dal sottosuolo di un versante in movimento sia in terra che in roccia. Negli ultimi dieci anni si sono diffusi sistemi di monitoraggio topografici che utilizzano i principi e gli strumenti del rilievo geodetico per il controllo degli spostamenti di punti o aree selezionate. Vengono utilizzati dispositivi GPS, stazioni totali robottizzate, interferometri terrestri e sistemi Laser Scanner. Contemporaneamente, da alcuni anni sta aumentando lo sviluppo e l'impiego dei sensori in fibra ottica in vari settori delle attività umane quali l'ambiente, la medicina, l'automazione industriale e le telecomunicazioni. I sensori a fibre ottiche sono utilizzati per misurare e monitorare corpi soggetti

a varie tipologie di stress quali deformazione, spostamenti, variazioni di temperatura e pressione. Questa recente tecnologia è utilizzata con ottimi risultati per il monitoraggio di opere di ingegneria civile ed in via sperimentale con buoni risultati per il monitoraggio di pareti in roccia. I sensori a fibra ottica costituiscono una tecnologia di ultima generazione in grado di fornire misure accuratissime di spostamenti in tempo reale in differenti luoghi e simultaneamente, a costi minori rispetto ai tradizionali sistemi di monitoraggio meccanici ed ottici. La loro sperimentazione nelle cave di marmo sia a cielo aperto che in sotterraneo costituisce un elemento di sicura novità. Esse per la loro particolare morfologia, caratterizzata da ammassi rocciosi strapiombanti, pareti aggettanti e gallerie sono luoghi ideali per lo sviluppo sperimentale di un tale sistema di monitoraggio.

L'uso di sensori distribuiti in fibra ottica garantisce la flessibilità dei sistemi di monitoraggio, riconoscendo segnali di cedimenti con maggior precisione e anticipo rispetto alle tradizionali tecniche, con conseguenze dirette in termini di miglioramento della sicurezza delle maestranze sul luogo di lavoro. Un tale sistema di monitoraggio consente inoltre di poter programmare razionalmente l'attività estrattiva a breve e medio termine nel rispetto delle norme di sicurezza e nell'interesse dell'attività produttiva.

Nell'ambito dello sviluppo delle ricerche nel settore si rende auspicabile e significativo la realizzazione di un sistema di monitoraggio di ultima generazione che faccia uso delle fibre ottiche e di confrontarlo con le tecniche tradizionali di monitoraggio delle pareti di cava. Un efficace sistema di vigilanza della stabilità delle pareti di cava non invasivo accoppiato ad un sistema di trasmissione dei dati in tempo reale che potrebbe garantire un netto miglioramento delle condizioni di sicurezza sul lavoro delle maestranze. Le attività di cava vengono svolte generalmente in aree ristrette e adiacenti alle pareti oggetto di coltivazione ed i fenomeni di crollo non consentono tempi utili di fuga. In questo contesto risulta necessaria un'attività di controllo che permetta di monitorare efficacemente i segni premonitori e il manifestarsi e l'evolvere di deformazioni e spostamenti dell'ammasso roccioso.

Le linee guida di riferimento per le attività necessarie per la progettazione e la realizzazione di un sistema di monitoraggio mediante fibre ottiche sono di seguito schematicamente descritte:

1) Acquisizione dei dati geologico - tecnici esistenti e scelta dei settori di cava da sottoporre a monitoraggio: censimento e acquisizione di tutti i dati utili all'attività di ricerca, loro organizzazione in sistema informativo territoriale, integrazione dei dati eventualmente mancanti con indagini di sito mirate e scelta delle pareti da monitorare.

2) Caratterizzazione strutturale e geomeccanica e analisi di stabilità dei siti prescelti da monitorare mediante fibre ottiche: studio strutturale e caratterizzazione geomeccanica di estremo dettaglio, a diverse scale e con diverse tecniche degli ammassi rocciosi da monitorare, rappresentazione tridimensionale delle discontinuità e analisi di stabilità.

3) Progetto del sistema di monitoraggio mediante fibre ottiche e del sistema d'acquisizione dati: progetto di un sistema di monitoraggio per mezzo di sensori distribuiti in fibra ottica di ultima

generazione ad elevata risoluzione spaziale e temporale nelle pareti prescelte
4) Installazione e avvio del sistema di monitoraggio e controllo periodico dei dati acquisiti con metodi topografici tradizionali: Installazione delle fibre ottiche e avvio dell'attività di monitoraggio. Analisi finale dei dati e stesura di un protocollo di riferimento per il monitoraggio in tempo reale estendibile ad altre aree d'interesse.

Tecnologie da sviluppare:

La tecnica di fissaggio dei sensori alla massa marmorea costituisce un elemento critico. E' necessaria un'attività preliminare di sperimentazione in laboratorio della scelta della resina più adatta all'adesione fra il filo della fibra ottica e la massa marmorea che consenta una tenuta duratura anche in condizioni climatiche estreme.
La procedura manuale di fissaggio della fibra alla parete in condizioni ambientali critiche (pareti strapiompanti alte alcune decine di metri) necessita della ricerca di pistole per resina maneggevoli di facile utilizzo.
Realizzazione di un sistema di early warning mediante web-app dedicata ed un gestionale web-oriented basati su codice PHP e sulle ultime specifiche HTML5, in modo da poter essere interamente compatibili con ogni tipologia di PC, tablet e smartphone.
E' attualmente in fase di sperimentazione un progetto presentato in partnership da tre cooperative del Distretto lapideo Apuo-versiliese (Cooperativa Cavatori Lorano, Società Cooperativa fra i Condomini Lavoratori dei Beni Sociali di Levigliani e Cooperativa Apuana Vagli Sopra), uno spin-off universitario e il Centro di GeoTecnologie dell'Università degli Studi di Siena, finalizzato alla sperimentazione di un sistema di monitoraggio dei fronti di cave di marmo potenzialmente instabili mediante l'utilizzo di fibre ottiche, integrato con un apparato di trasmissione remota dei dati.

Gli ambiti di applicazione:

I sensori a fibre ottiche trovano impiego in ambienti ostili e difficilmente accessibili, hanno volume e peso sensibilmente ridotti, facilità di controllo da remoto, possibilità d'integrazione di più sensori sulla stessa fibra ottica ed elevata sensibilità in fase di rilevazione. Queste prerogative tecniche, il loro crescente utilizzo che ne testimoniano l'affidabilità, unitamente al basso costo costituiscono concrete premesse per una diffusione su più larga scala di questa tecnologia.
Nel settore specifico dell'escavazione delle pietre ornamentali i sensori a fibre ottiche possono essere utilizzati nel monitoraggio di pareti di cava potenzialmente instabili sia a cielo aperto che in sotterraneo.
In generale i monitoraggi con fibre ottiche trovano correntemente impiego nei settori dell'Ingegneria Civile (scavi in sotterraneo) e della geotecnica (monitoraggio versanti in frana sia in

terra che in roccia).

Principali contesti territoriali di applicazione:

Tutte le aree interessate da attività di coltivazione in cui siano presenti pareti di roccia potenzialmente instabili. L'aspettativa prioritaria dell'attività di ricerca consiste nel garantire un miglioramento effettivo delle condizioni di sicurezza sul lavoro nelle aree di cava. I fenomeni di crollo sono tristemente noti per aver mietuto vittime nelle cave di marmo apuane anche nel recente passato e costituiscono uno dei maggiori elementi di rischio a cui sono sottoposte le maestranze. Il monitoraggio continuo e la disponibilità in tempo reale della conoscenza delle mutate condizioni di stabilità del versante a causa di eventi meteorici, vibrazioni connesse con l'attività antropica, scosse di terremoto, assestamenti naturali del versante costituiscono il presupposto essenziale per l'avvio di attività di messa in sicurezza preventiva e di interdizione all'accesso di aree a rischio di crolli.

Target temporali di sviluppo ed adozione della tecnologia (target, tempi, fattori critici).

I sensori a fibre ottiche trovano impiego in ambienti ostili e difficilmente inaccessibili, hanno volume e peso sensibilmente ridotti, facilità di controllo da remoto, possibilità d'integrazione di più sensori sulla stessa fibra ottica ed elevata sensibilità in fase di rilevazione. Queste prerogative tecniche, il loro crescente utilizzo che ne testimoniano l'affidabilità, unitamente al basso costo costituiscono concrete premesse per una diffusione su più larga scala di questa tecnologia.
Target: Realizzazione di un sistema di monitoraggio sperimentale di ultima generazione che faccia uso delle fibre ottiche e metodi di confronto con le tecniche tradizionali di monitoraggio delle pareti di cava.
Tempi: La tempistica per lo sviluppo della tecnologia è legata alla scelta della resina adatta al fissaggio della fibra ottica alla massa marmorea, ai tempi tecnici di realizzazione del progetto, alle operazioni di fissaggio e al collaudo del sistema roccia/fibra ottica/centralina elettronica di acquisizione dati/sistema di early warning.
Fattori critici: Interpretazione della misura del dato di spostamento e sua depurazione dai rumori di fondo dovuti alle attività antropiche (passaggio di macchine pesanti, camion e caterpillar, funzionamento di macchinari da taglio nei pressi dell'area di monitoraggio). Il superamento di questo fattore critico è affidato alla contemporanea attività di monitoraggio eseguita con metodi tradizionali fotogrammetrici di affidabilità consolidata.
La tecnologia è attualmente in fase di sperimentazione e validazione

Asset strategici

bacini di competenze territoriali legati allo sviluppo della roadmap;

- Aziende del distretto tecnologico del marmo e delle pietre ornamentali (principalmente quelle operanti nel settore dell'escavazione).
- Dipartimenti di Scienze della Terra delle Università Toscane
- Dipartimenti di Ingegneria meccanica ed Ingegneria elettronica delle Università Toscane
- Distretto Tecnologico Nuovi Materiali.

principali stakeholders regionali industriali (sviluppo/applicazione);

- Imprese titolari di concessioni di escavazione di pietre ornamentali in Toscana: Il "Piano d'indirizzo territoriale con valenza di piano paesaggistico" recentemente approvato dalla Regione Toscana ed ancora le direttive inerenti l'organizzazione e la localizzazione delle attività estrattive dell'ente Parco delle Alpi Apuane/Regione Toscana ("Piano per il Parco 2014") tendono ad incentivare lo sviluppo della coltivazione in sotterraneo meno impattanti dal punto di vista paesaggistico. La programmazione, lo sviluppo e il mantenimento delle attività estrattive in ambiente sotterraneo impongono la continua attività di monitoraggio delle condizioni di stabilità della massa marmorea e la conoscenza di estremo dettaglio delle caratteristiche geometriche, fisiche e meccaniche delle discontinuità che la caratterizzano. La verifica dell'affidabilità del metodo di monitoraggio tramite fibre ottiche potrà consentire la diffusione ad altre realtà a vocazione estrattiva tale metodologia.
- Altri bacini regionali di estrazione di pietre ornamentali.
- Settori ingegneristici in cui si rende necessaria attività di monitoraggio strutturale (ingegneria civile, Ingegneria geotecnica, Ingegneria dei materiali, Oil and Gas).

principali stakeholders regionali della ricerca (sviluppo/applicazione);

- Il Centro di GeoTecnologie dell'Università degli Studi di Siena è impegnato come compito statutario in attività di sviluppo sperimentale ed innovazione tecnologica e vanta la partecipazione a numerosi progetti nazionali e all'estero nel campo della geologia di base e della geologia applicata.
- Il Laboratorio di geologia tecnica del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze realizza prove geotecniche su campioni di terreno, prove per la classificazione e la caratterizzazione geomeccanica di ammassi rocciosi rocce e discontinuità, prove geotecniche su aggregati e prove in situ su terreni e rocce.

- Dipartimenti di Ingegneria meccanica ed Ingegneria elettronica.

posizionamento internazionale delle stesse (leadership o followership);

- Le ricerche compiute nell'ambito delle attività estrattive e di monitoraggio da parte del Centro di GeoTecnologie dell'Università degli Studi di Siena hanno fornito numerosi dati tecnici oggetto di pubblicazioni scientifiche in riviste internazionali inerenti alle attività di ricerca sopra descritte, ponendolo in posizione di leadership nell'ambito del settore.

stakeholders/competitors extra regionali.

- "School of mines" University of Exeter in Cornovaglia
- Simon Fraser University e University of British Columbia entrambe in Canada
- Optosensing Srl (SpinOff Universitario del Federico II di Napoli)

Principali partnership esistenti:

principali progetti europei di ricerca sviluppo innovazione (titolo/programma/obiettivo);

Progetto in essere finanziato dalla Regione Toscana:
"Monitoraggio in tempo reale delle pareti di cava mediante utilizzo di fibre ottiche"
Partner del progetto:
COOPERATIVA CAVATORI LORANO SOCIETÀ COOPERATIVA
SOCIETA' COOPERATIVA FRA I CONDOMINI LAVORATORI DEI BENI SOCIALI DI LEVIGLIANI
COOPERATIVA APUANA - VAGLI SOPRA - SOCIETÀ COOPERATIVA
SPINOFF - UNIVERSITÀ DI SIENA
CENTRO DI GEOTECNOLOGIE DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SIENA
Programma:
Il progetto, presentato in partnership da tre cooperative del distretto lapideo apuo-versiliese, uno spin-off universitario e il Centro di Geotecnologie dell'Università degli Studi di Siena, concerne la realizzazione di un sistema di monitoraggio dei fronti delle cave di marmo potenzialmente instabili mediante l'utilizzo di fibre ottiche, integrato con un apparato di trasmissione remota dei dati.
Obiettivo:
sviluppo di un sistema più efficiente e meno costoso rispetto agli attuali, in grado di segnalare in tempo reale gli spostamenti negli ammassi rocciosi, indizi di mutata stabilità e fonti di rischio potenziale.

Principali partner europei.

Nazioni in cui l'attività estrattiva costituisce un settore di rilievo:

Portogallo (Carlos Mata Export, Casais Robustos Apartado 67; Grupo Galrão - Pedra Natural; Dimpomar, Rochas Portuguesas, Lda. Herdade da Vigária)
Spagna (Levantina Autovía Madrid-Alicante, s/n 03660 Novelda (Alicante) España; Mármoles Visemar Slu)
Paesi con avanzate conoscente nel settore geotecnico:
Inghilterra - Imperial College London, Kensington, Londra SW7 2AZ, Regno Unito

Rappresentazione Grafica ROADMAP 6

Nuove tecnologie di monitoraggio dell'escavazione

	Competenze: Ingegneria elettronica	Competenze: Ingegneria meccanica	Competenze: Geologiche, Ingegneria elettronica ed informatica
Fase TRL 1	Sensori in fibra ottica (Brillouin Scattering Technology)		
Fase TRL 4		Test in laboratorio per la valutazione della risposta meccanica resine / marmo	
Fase TRL 7			Tecnologie per l'automazione dei sistemi di monitoraggio

tempo

Attività 1: Analisi delle possibilità di impiego delle fibre ottiche per il monitoraggio di pareti di cava e sperimentazione in laboratorio finalizzata alla ricerca delle resine più adatte all'adesione fra il filo della fibra ottica e la massa marmorea che consenta una tenuta duratura anche in condizioni climatiche estreme.

Attività 2: Progetto, messa in opera e collaudo del sistema di monitoraggio e del sistema di early warning

Di seguito è riportata la legenda per i livelli TRL (*Technology Readiness Level*) e MRL (Manufacturing Readiness Level) adottati negli schemi tipo sopra richiamati.

TRL1	Principi di base osservati	MRL1	Implicazioni manifatturiere di base individuate
TRL2	Concetto della tecnologia formulato	MRL2	Concetto di produzione identificato
TRL3	Prova sperimentale del concetto	MRL3	Sviluppo del proof of concept manifatturiero
TRL4	Validazione in laboratorio del concetto	MRL4	Capacità di produrre la tecnologia in ambiente di laboratorio
TRL5	Validazione della tecnologia nell'ambiente rilevante (ambiente rilevante industriale nel caso delle tecnologie chiave e abilitanti)	MRL5	Capacità di produrre componenti prototipali in ambiente idoneo alla produzione
TRL6	Dimostrazione nell'ambiente rilevante (ambiente rilevante industriale nel caso delle tecnologie chiave e abilitanti)	MRL6	Capacità di produrre un prototipo di sistema, o sottosistema, in ambiente idoneo alla produzione
TRL7	Dimostrazione nell'ambiente operativo	MRL7	Capacità di produrre sistemi, sottosistemi e componenti in un ambiente di simulazione della produzione
TRL8	Sistema completo e qualificato	MRL8	Linea pilota dimostrata. Possibilità di avviare la produzione a bassi regimi
TRL9	Sistema ormai finito e perfettamente funzionante in ambiente operativo (di produzione competitiva nel caso delle tecnologie chiave ed abilitanti, o nello spazio)	MRL9	Produzione in piccola scala; possibilità di avviare la produzione a regime
		MRL10	Produzione a regime e lean production in atto