

Serena Viola

**INNOVAZIONE E RECUPERO EDILIZIO  
IL CANTIERE VERTICALE**

**LUCIANOEDITORE**

La pubblicazione è stata realizzata con il patrocinio della Regione Campania,  
Legge Regionale 28/3/2002 n5



La pubblicazione è stata realizzata con il contributo della società Alimak Hek SpA.



Vietata la riproduzione anche parziale

© 2004 by LUCIANO EDITORE - Napoli  
Via P. Francesco Denza, 7  
80138 Napoli  
Tel./Fax 0815525472-0815538888  
<http://www.lucianoeditore.com>  
e-mail: [info@lucianoeditore.com](mailto:info@lucianoeditore.com)  
ISBN 88-88141-89-8

## RINGRANZIAMENTI

Questo libro è il risultato di un percorso di ricerca che ha visto coinvolti, studiosi dei settori della tecnologia dell'architettura, del recupero edilizio, dell'ingegneria meccanica ed elettronica, dell'informatica, all'interno del Consorzio Nazionale di Ricerca e Formazione sulla Tecnologia per la Costruzione e la Salvaguardia delle Strutture Edilizie (Corited). La redazione del testo, a quattro anni dal termine delle attività di ricerca, ha costituito una circostanza privilegiata per ripensare in modo critico il processo di informazione-decisione.

La pubblicazione è per me oggi, l'occasione per ringraziare quanti hanno contribuito con la cura attenta e costante a favorire l'avanzamento delle attività di ricerca. In primo luogo, ringrazio, la prof. Gabriella Caterina, responsabile scientifico del progetto e mia maestra, che ha sempre confortato il gruppo di lavoro con indicazioni intuitive e suggerimenti propositivi. Ringrazio, in secondo luogo, tutta la struttura del Corited, il dott. Enzo Indraccolo, l'ing. Aldo Esposito e Antonio Di Vico, che hanno garantito la fattibilità del lavoro di progettazione e prototipazione dell'apparecchiatura. Un pensiero particolare, voglio rivolgerlo alla collega ed amica Antonella Petrai, con cui ho condiviso le responsabilità nel coordinamento delle attività di ricerca in lunghe e feconde discussioni.

Mi risulta, poi, doveroso ricordare tutti i ricercatori e i tecnici, che pur non partecipando alla redazione del testo, mi hanno affiancato nell'elaborazione del progetto e nell'assemblaggio del prototipo:

- i proff. Maddalena Vigo, Patrizia Ranzo, Antonio Bosco, Claudio Grimellini,
- l'arch. Giovanni Villani della Sovrintendenza ai Beni Architettonici ed il Paesaggio e il patrimonio Storico Artistico e Demoetnoantropologico delle Province di Salerno e Avellino,
- il personale delle società Italdada S.p.A. di Avellino e Na.El. di Caserta, impegnato nell'attività di ricerca,
- l'ing. Scardamaglia e i dipendenti tutti della Promec che hanno realizzato il prototipo e supportato le fasi di test,
- le colleghe responsabili all'interno della struttura Corited, di altre linee di ricerca, con cui ho avuto occasione di un fecondo scambio di opinioni.

Voglio inoltre rivolgere un ringraziamento agli archh. Antonio Passaro e Paola De Joanna, che mi hanno sostenuta nella fase di redazione finale della pubblicazione. Un ultimo grazie, infine alla mia famiglia, che mi ha confortata nella fatica.

Serena Viola

*Napoli, 10 novembre 2004*



# Innovazione & Recupero edilizio

## IL CANTIERE VERTICALE

<b>PREMESSA</b>	7
GABRIELLA CATERINA	
<b>1. INNOVARE IL CANTIERE PER IL RECUPERO EDILIZIO</b>	
SERENA VIOLA	
1.1 Istanze di innovazione per il recupero edilizio	11
1.2 Innovazione e ricerca per il cantiere di recupero edilizio	19
1.3 Orientare l'innovazione del cantiere	24
SERENA VIOLA ANTONELLA PETRAI	
1.4 Innovare il processo di informazione-decisione per il recupero	26
1.4.1 Il processo di informazione-decisione per il patrimonio costruito nell'esperienza della Sovrintendenza di Salerno	27
1.4.2 Modello concettuale per la gestione delle attività di informazione-decisione in cantiere	30
<i>ALLEGATO</i>	
TERESA NAPOLITANO	
Strumentazioni innovative per il cantiere: il caso Biber, il caso Gomme, il caso Lama	35
<b>2. PREFIGURARE IL CANTIERE VERTICALE</b>	
SERENA VIOLA	
2.1 Il sistema dei vincoli che orientano le scelte progettuali: il cantiere per la rimozione degli intonaci esterni degradati	41
2.1.1 Vincoli esogeni ed endogeni	43
2.2 Requisiti di progetto	57
2.2.1 Requisiti per la piattaforma di supporto	59
2.2.2 Requisiti per i dispositivi di governo e controllo	60
2.2.3 Requisiti per il dispositivo di posizionamento	62
2.2.4 Requisiti per i dispositivi di rimozione intonaci	63
<i>ALLEGATO</i>	
TERESA NAPOLITANO	
Strumentazioni per la rimozione di intonaco e relativi livelli prestazionali	66

### **3. PROTOTIPARE UN SISTEMA SEMIAUTOMATICO PER LA RIMOZIONE DEGLI INTONACI ESTERNI**

ROCCO SALVATO , ROCCO SALVATO , VINCENZO FERRARO

3.1 Il progetto esecutivo 77

VINCENZO FERRARO

3.2 Il sistema di automazione e controllo 84

ROCCO SALVATO , ROCCO SALVATO

3.3 Ponteggi autosollevanti: customizzazione del prodotto Alimak 87

VINCENZO FERRARO

3.4 Automazione e governo del prodotto Alimak 93

ROCCO SALVATO, ROCCO SALVATO

3.5 Apparecchiatura per rimozione intonaci 94

*ALLEGATI*

ROCCO SALVATO, ROCCO SALVATO, VINCENZO FERRARO

Tabelle riepilogative delle specifiche di progetto 99

### **4. VALIDARE IL CANTIERE VERTICALE PER IL RECUPERO**

TERESA NAPOLITANO

4.1 Operatività e funzionalità della tecnologia prefigurata 109

4.1.1 Test di asportazione dell'intonaco 118

4.1.2 Test di monitoraggio fonometrico e dispersione delle polveri 122

4.1.3 Test di funzionalità 127

GABRIELLA DUCA

4.2 La *cantierabilità* del sistema verticale 129

4.2.1 Criteri per la valutazione della cantierabilità:  
il contributo dell'usabilità 130

4.2.2 Una procedura di test della cantierabilità 133

4.2.3 L'applicazione della procedura di test 135

GIAN BATTISTA GIORDANO

4.3 Sostenibilità economico/prestazionale delle scelte progettuali 139

4.3.1 Definizione di parametri di valutazione 139

4.3.2 Il costo della rimozione degli intonaci 143

4.3.3 La valutazione costi/prestazioni 155

SERENA VIOLA

4.4 Il cantiere "permanente" per la manutenzione  
e il recupero edilizio 165

## PREMESSA

GABRIELLA CATERINA

*“Architetto è colui che con metodo sicuro sappia progettare razionalmente e realizzare praticamente, attraverso lo spostamento dei pesi e mediante la riunione e la congiunzione dei corpi, opere che nel migliore dei modi si adattino ai più importanti bisogni dell'uomo”*

Leon Battista Alberti, “Prologo”, *De re aedificatoria*, 1452

*“L'architetto non deve preoccuparsi soltanto dell'oggetto finito, deve anche disegnare gli strumenti, inventare gli attrezzi, che rendono possibile la sua realizzazione. Il risultato finale dipende talmente dal processo di costruzione, che se non si controllerà tutto quello che c'è a monte, il progetto resterà alla mercé dei metodi imposti spesso dalla convenzionalità o dalla pigrizia. L'originalità sarà, inoltre tributaria di un'ingegneria aliena dalla prima ispirazione architettonica...La macchina che produce l'edificio è già l'edificio in larga misura. ..In tutte le epoche, tranne la nostra, l'architetto ha sempre disegnato le macchine: ricordiamoci dei cantieri delle cattedrali gotiche e più tardi di quello di Santa Maria del Fiore a Firenze, l'architetto ha sempre definito gli strumenti assieme all'opera...Conoscere le tecniche è ancora il miglior modo di non esserne schiavi per non cedere al ricatto dell'agire sul pensare, della pratica sull'idea.”*

Renzo Piano, *Dialoghi di cantiere*, Laterza, 1986

L'innovazione è il vettore principale per lo sviluppo e per la competitività del sistema produttivo. Da questo assunto muove questo studio teso alla prefigurazione in termini progettuali, di un nuovo modello di cantiere del recupero edilizio, i cui aspetti di forza vanno riscontrati nell'introduzione di tecnologie per la trasformazione, sia della materia che dell'informazione, appropriate al contesto operativo in cui vengono utilizzate e in linea con le innovazioni che contrassegnano oggi il nostro vivere quotidiano.

Il libro ripropone in chiave critica il percorso di ricerca condotto negli anni tra il 1997-2000, per la progettazione esecutiva e la realizzazione in forma prototipale di un sistema semi-automatico da impiegare in interventi di recupero del costruito esistente, al fine di svolgere i compiti di rimozione di intonaco degradato in corrispondenza dell'involucro esterno. La ricerca è stata portata avanti all'interno del Consorzio di ricerca e formazione Corited<sup>1</sup>, dall'Università di Napoli Federico II, in qualità di partner scientifico, dalla Siemens Informatica, Na.El. s.r.l. e dall'Italdata S.p.A. come partner industriali di riferimento. Il Consorzio Corited, nato come occasione di sviluppo di attività di ricerca tra mondo industriale, Università e Ministero per i Beni e le Attività Culturali, ha portato avanti un lavoro teso alla soluzione delle

---

<sup>1</sup> Il Consorzio Nazionale di Ricerca e Formazione sulla Tecnologia per la Costruzione e la Salvaguardia delle Strutture Edilizie, costituito nel 1992 ha, nel 1997, avviato le attività di ricerca e formazione, sotto la responsabilità scientifica della scrivente.

problematiche poste dal Programma Nazionale di Ricerca e di Formazione sulle Tecnologie per la Costruzione e la Salvaguardia delle Strutture Edilizie, ai sensi della legge 17.02.1982 n°46 “Interventi per i settori dell’economia di rilevanza nazionale”, risultando affidatario del progetto *Tecnologie e prodotti per il rifacimento degli intonaci e la manutenzione delle superfici esterne degli edifici nei centri storici* (Rif. 179205-1341/472)<sup>2</sup>. La linea di ricerca denominata “Identificazione di un’apparecchiatura semiautomatica per la rimozione degli intonaci”<sup>3</sup> all’interno della quale è stata condotta l’esperienza di prototipazione descritta nel libro, costituisce uno dei cinque sottotemi in cui il complesso della ricerca è stato articolato<sup>4</sup>.

L’approccio concettuale che sottende il lavoro, è riconducibile al principio di *unitarietà dei momenti ideativo ed attuativo* per il recupero del costruito esistente. Identificando il processo progettuale per il patrimonio edificato nell’insieme di operazioni tese alla “trasformazione nella conservazione” di un sistema già dotato di propria vita e di proprie prestazioni, il lavoro propone una riflessione sulla sperimentazione operativa del *momento esecutivo* in cui le concettualizzazioni teoriche, elaborate in sede progettuale, possano trovare concreta realizzazione. Gli esiti delle attività progettuali sul costruito esistente discendono in modo equivalente, sia dalle attività di elaborazione concettuale delle specifiche soluzioni, che dalle procedure, dalle tecniche e strumentazioni previste per la fase esecutiva.

Il libro ripropone la metodologia di tipo iterativo che ha informato l’attività di ricerca, attraverso un’articolazione delle fasi di lavoro secondo un processo di “previsione-sperimentazione-revisione”. In particolare, l’approccio metodologico, trova fondamento nell’ipotesi di perseguire l’obiettivo dell’innovazione per il cantiere di recupero del costruito esistente, ricorrendo all’integrazione tra competenze disciplinari differenti espresse da esperti nei settori della tecnologia del recupero edilizio, dell’ingegneria meccanica, ingegneria elettronica, design industriale. Se il progetto di recupero è identificabile con “il governo integrato dei processi conservativi e trasformativi”, la strategia che lo sottende interessa i mezzi per il conseguimento della meta prefigurata. L’appropriata progettazione di quest’ultimi, sia in termini di apparecchiature tecniche da impiegare che di modalità operative, può significativamente

<sup>2</sup> Il percorso di ricerca, coordinato dal Dipartimento di Configurazione e Attuazione dell’Università degli Studi di Napoli Federico II, con la responsabilità scientifica della Prof. Arch. Gabriella Caterina, è stato articolato in cinque linee portate avanti in parallelo: “Sistema diagnostico per la valutazione analitica delle condizioni di degrado e di strumenti integrati per la simulazione dell’evoluzione del degrado degli intonaci” (*linea 1*), “Sviluppo di un’apparecchiatura per la rimozione automatica e semiautomatica degli intonaci esterni” (*linea 2*), alla “Messa a punto di un sistema decisionale da impiegare negli interventi di rifacimento degli intonaci” (*linea 3*), “Messa a punto di nuove malte per il rifacimento di edifici antichi” (*linea 4*), “Sviluppo a livello di prototipo di pannellature in composito a matrice non metallica accoppiato con materiali tradizionali” (*linea 5*).

<sup>3</sup> La documentazione tecnica finale relativa alla linea di ricerca 2.1 “Identificazione di un’apparecchiatura semiautomatica per la rimozione degli intonaci” è stata presentata al Ministero in data 27.11.2000. La commissione di collaudo istituita con decreto 215/Ric del 13 marzo 2001, ha esaminato il prototipo di apparecchiatura per la rimozione degli intonaci in data 6 settembre 2001 ed ha espresso un giudizio favorevole circa la competitività tecnologica raggiunta dal progetto.



incidere sugli esiti globali dell'intervento sul costruito esistente. Progettare il recupero edilizio assume, pertanto, anche il senso di prefigurare tecnologie in grado di garantire la appropriata esecuzione delle soluzioni operative ideate in sede progettuale. Discende da questi assunti, un percorso di ricerca teso alla ridefinizione delle dinamiche di interazione tra patrimonio edilizio esistente e attori dell'intervento di recupero, che perviene attraverso l'ipotesi del "cantiere verticale" alla riconfigurazione spaziale e logistica del sito di lavoro, al ripensamento delle procedure e delle tecniche.

Questo libro si inserisce all'interno di un filone di studi di respiro internazionale, che da tempo, vede coinvolti esperti in settori disciplinari compresi tra il recupero edilizio, la cultura del cantiere edile, l'ingegneria meccanica, l'elettronica, chiamati a collaborare per verificare la *trasferibilità tecnologica* di sistemi hardware e software pensati per la produzione industriale, al settore dell'edilizia. Il progetto di apparecchiature automatiche o semiautomatiche, costituisce l'occasione per riferire/trasferire quanto fin ora realizzato in materia di sistemi meccanici ed elettronici per la gestione e realizzazione di operazioni elementari, all'ambito del cantiere di recupero edilizio, rivedendo il complesso dei processi che interessano quest'ultimo, attraverso nuove strumentazioni, modalità operative e tempistica. In questo senso, il testo si inserisce nel quadro generale della revisione del processo progettuale per il recupero edilizio, aprendo alle riflessioni in materia di gestione di un "cantiere remotato". A questo proposito è necessario sottolineare l'importanza che all'interno del lavoro di ricerca, assume l'attività di sperimentazione in situ, per la verifica dell'appropriatezza ed adattabilità di specifiche soluzioni tecniche al contesto del cantiere edile.

La prefigurazione di un nuovo scenario configurativo e logistico per il cantiere di recupero edilizio, discende dalla enucleazione dei caratteri pregnanti che connotano ad oggi, il settore dell'intervento sul costruito, alla luce di un confronto critico tra le potenzialità offerte dalle tecnologie e le esigenze degli operatori. Il cantiere, viene indagato prendendo in esame al contempo, la dimensione soft, legata alle procedure organizzative, gestionali e di programmazione delle attività, con quella hard, di luogo in cui si concentrano persone, macchine e attrezzature per svolgere un'attività materiale. In virtù della profonda interazione che connota le due dimensioni, la riproposizione critica di un nuovo assetto del cantiere incide significativamente su entrambe, coinvolgendo, a partire dalla definizione di nuove dotazioni strumentali per il sito di lavoro, le modalità di conduzione e gestione del lavoro. La ricerca perviene alla prefigurazione di un modello di cantiere di recupero come *ambiente integrato*, in cui le attività di progettazione, conoscenza ed esecuzione, si sviluppano secondo un flusso procedurale continuo, grazie alle sinergie offerte dalle tecnologie utilizzate. La sperimentazione del prototipo di apparecchiatura all'interno di un sito di lavoro nella fase finale di test, pur nei limiti strumentali e procedurali imposti alla penetrazione dell'innovazione, ha dimostrato la correttezza delle ipotesi teoriche a monte del processo progettuale e la fattibilità dei modelli di gestione dell'informazione elaborati.



## 1. INNOVARE IL CANTIERE PER IL RECUPERO EDILIZIO

SERENA VIOLA

### 1.1 Istanze di innovazione per il recupero edilizio

Già nel 1985, Giuseppe Ciribini scriveva: “viviamo, di questi tempi, in un mondo in cui vanno maturandosi mutamenti scientifico-tecnologici e sociali dei quali è ora difficile valutare le conseguenze estreme...Quanto va sotto il nome di terza rivoluzione industriale non è, in effetti, una semplice trasformazione di macchine, come le precedenti, bensì un'evoluzione epocale del pensiero umano, esprimibile sì in termini di maggior rendimento ma, soprattutto, in termini di diversa penetrazione cognitiva”<sup>1</sup>. Nel corso degli ultimi venti anni, grazie alla tecnologia digitale, informatica, telecomunicazioni, media ed elettronica di consumo, settori che si sono sviluppati per molto tempo in modo separato hanno iniziato a convergere verso un insieme di servizi in grado di cambiare radicalmente il contesto entro cui, imprese e singoli individui, si trovano ad operare. Ne è conseguita nei più diversi settori operativi, la trasformazione di modi e tempi per acquisizione ed elaborazione dati, fino alla configurazione di nuovi modelli di interazione tra soggetto decisore ed oggetto della decisione. Da una innovazione di prodotto, si è passati ad un'innovazione che investe radicalmente i processi di gestione delle singole attività, scardinando modi e tempi di attuazione delle operazioni, consolidati nel passato. Il continuo progredire dell'*Information and Communication Technology* ha comportato il ricorso, all'interno di numerosi settori produttivi, ad una ricerca della flessibilità e dell'efficienza attuativa attraverso l'automazione sempre più spinta degli scambi informativi.

Nel campo delle costruzioni, tuttavia, l'innovazione tecnologica, nei suoi più recenti sviluppi, non è riuscita ad incidere in modo radicale, rispetto ai tradizionali processi attuativi, rimanendo relegata alle attività connesse con l'assunzione delle decisioni, l'organizzazione delle sequenze operative, la gestione dei magazzini e delle scorte. Mentre evidenti progressi sono stati compiuti in materia di diagnostica per la conoscenza delle condizioni di stato dei manufatti edilizi, attraverso la messa a punto di strumentazioni di indagine sofisticate, in grado di restituire in modo sinergico, un quadro complessivo esaustivo delle caratteristiche fisiche e dei livelli prestazionali, una mancanza di sinergia tecnologica, connota l'ambito attuativo dell'intervento di recupero. Le cause di quest'ultima, vanno ascritte in gran parte all'approccio culturale con cui progettisti e tecnici, nel corso degli ultimi cinquant'anni, si sono confrontati con la questione dell'intervento sul patrimonio edificato, mettendo a punto prudenti strategie di tutela dell'identità e soddisfacimento delle nuove esigenze espresse dall'utenza. Una estrema cautela ha contraddistinto le modalità attuative per il recupero, generalmente orientate al bilanciamento tra tecniche antiche e nuove, nel rispetto di esigenze di conteni-

<sup>1</sup> Ciribini G., “Perchè il convegno”, *Atti del Convegno Nazionale Società Italiana di Ergonomia Dalla progettazione al prodotto: i contributi dell'ergonomia*, Arese 3-4 Ottobre 1985, Celid, Torino, 1986

mento dei tempi dell'intervento e dei costi<sup>2</sup>. Gli adempimenti attuativi previsti dalle normative in materia di sicurezza per gli operatori, hanno significativamente appesantito sia sul piano processuale, che dei costi, l'intervento sul costruito esistente, dando luogo ad una diffusa esigenza di ripensamento delle strumentazioni e dei prodotti. Quest'ultima trova particolare giustificazione all'interno delle dinamiche che connotano gli attuali scenari di globalizzazione dei servizi, in cui si muovono attualmente le imprese che operano sul costruito. Il termine di confronto tra le imprese, tende sempre più a spostarsi verso la attitudine a gestire la complessità dell'intervento, salvaguardando in modo sinergico, le quattro variabili: qualità dell'operato, costi, tempi, sicurezza degli operatori. Ad un'analisi dei fenomeni che in virtù dei processi di diffusione di una cultura basata sulle logiche dell'Information and Communication Technology, tendono ad investire il settore della cantieristica, emerge, come aspetto pregnante, la tendenza verso la smaterializzazione delle operazioni e la delocalizzazione delle attività. Il cantiere del recupero edilizio viene a configurarsi come il luogo della frammentazione dei processi di conoscenza, di decisione e di attuazione, a seguito della introduzione di nuove figure professionali e nuove possibilità operative fornite dalle strumentazioni. La puntualità dell'intervento, l'efficacia dell'azione di tutela e la rapidità dell'operazione sul manufatto, vengono ad essere direttamente dipendenti dalla dinamica circolazione delle informazioni in progress, dall'interazione tra esperti di domini disciplinari differenti. In questo quadro, l'innovazione del cantiere di recupero edilizio passa per la prefigurazione di strategie di acquisizione e gestione delle informazioni e chiama in causa il trasferimento e il conseguente adattamento, di modelli operativi, attrezzature e strumentazioni propri di altri contesti tecnologici.

Indagare il significato che il concetto di innovazione riferito al cantiere per il recupero edilizio può assumere all'interno dell'attuale panorama tecnologico, costituisce una chiave di indagine privilegiata per prefigurare scenari evolutivi in linea con le attitudini e le potenzialità di sviluppo del settore. Ricorrendo ad un approccio teorico si identifica l'innovazione, con il risultato di un complesso processo con risvolti tecnico-sociali, in grado di determinare l'apertura di nuovi mercati, processo indotto da un atto di creatività economica, ovvero di applicazione economica dell'invenzione. Stante la logistica dei cantieri di recupero e la tipologia di lavorazioni, la cantieristica manifesta una spiccata vocazione all'innovazione incrementale o adattiva, risultato di continui miglioramenti attraverso l'introduzione di piccoli e nuovi elementi innovativi. Condizione che sottende l'innovazione, è l'interazione articolata e non lineare tra inventori, ricerca scientifica, fornitori di beni e investimenti, piccole e medie imprese, clienti finali, istituzioni e sistemi socio-economici. L'innovazione per il cantiere viene, in questi termini, identificata non con il risultato neutro di un percorso lineare della ricerca o del trasferimento unidirezionale verso l'utilizzo produttivo, ma è il processo generato da

---

<sup>2</sup> Caterina G. (a cura di), *Tecnologia del recupero edilizio*, UTET, Torino, 1989

una relazione tra scienza, tecnologia e società. L'innovazione nei processi progettuali e produttivi indotta dalla ICT<sup>3</sup>, ha aperto la strada ad una nuova concezione di innovazione estendibile anche al settore edile, come trasposizione di strumenti e processi consolidati all'interno del settore della produzione industriale.

Il principio che la conoscenza possa assurgere al ruolo di strumento per orientare lo sviluppo sostenibile della società contemporanea, informa le scelte di innovazione prefigurabili per il cantiere di recupero. In linea con gli orientamenti Europei della *knowledge based society*, l'innovazione per il cantiere di recupero può essere oggi ricondotta alla riarticolazione sinergica delle attività di acquisizione, elaborazione e trasferimento delle informazioni, attraverso la riconfigurazione del sito di lavoro, delle strumentazioni e delle procedure. In opposizione con la visione deterministica e tecnologica nord-americana di *società dell'informazione*<sup>4</sup>, si riconduce lo scenario dell'innovazione per il cantiere, al modello di *società della conoscenza* proposto dalla Commissione Europea, nella seconda metà degli anni '90, basato sul principio che la gestione delle informazioni sia condizione per la creazione di servizi e cultura<sup>5</sup>.

Il Consiglio Europeo di Lisbona del marzo 2000, ha fissato per il decennio successivo un ambizioso obiettivo strategico per l'Europa: creare un'economia basata su una conoscenza più competitiva e dinamica, in grado di realizzare una crescita economica sostenibile con nuovi e migliori posti di lavoro e una maggiore

<sup>3</sup> Ciribini G., "Industria e progetto domani", in Gangemi V. e Ranzo P., *Il governo del progetto, la tecnologia per la formazione dell'architetto*, Edizioni Luigi Parma, Bologna 1987

<sup>4</sup> Il concetto di *società dell'informazione* viene messo a punto negli Stati Uniti nei primi anni '70 sulla scia delle intuizioni del sociologo D. Bell autore del testo *The Coming of Post-Industrial Society*, con l'intento di definire i caratteri delle moderne società che, giunte al culmine dell'industrializzazione, concentrano sforzi, capitali e forza lavoro nella produzione di servizi immateriali anziché di beni tradizionali. Dalle riflessioni degli studiosi americani degli anni '70 emerge in modo evidente come *l'economia dell'informazione* contrapposta alla tradizionale *economia dei beni*, abbia trasformato profondamente la società industriale. Spostare risorse dall'hardware al software, dalla realizzazione alla concezione, ha comportato, l'aumento della centralità delle conoscenze teoriche e della scienza, favorendo l'espansione della classe degli esperti, la creazione di nuovi meccanismi meritocratici e la crescita di differenti unità politiche elementari. I ricercatori americani a partire dagli anni '70 hanno evidenziato la centralità del problema dello sviluppo di infrastrutture appropriate per la distribuzione delle informazioni, questione non semplicemente di natura tecnologica, ma di centrale importanza economica e sociale, indispensabile per tenere insieme, coesa, la società.

<sup>5</sup> Nasce il paradigma della *distribuzione* dei servizi di comunicazione, che metterà in grado aziende e cittadini di utilizzare le nuove tecnologie e opportunità. Ecco perché in Europa si parla di società della conoscenza. Questo obiettivo potrà essere raggiunto soltanto grazie a legislazioni armonizzate che liberalizzino i mercati delle telecomunicazioni. Si dispiegherà, così, un ruolo nuovo delle tecnologie: le strutture d'impresa si semplificheranno e le piccole aziende potranno assumere un ruolo innovativo nella produzione di servizi, mentre aumenterà la complessità delle mansioni svolte dalle aziende. La competitività dei sistemi nazionali passerà, in fondo, per la capacità di prevedere le innovazioni anziché adattarvisi. Tutto ciò cambierà il lavoro e la vita degli individui: per vivere e lavorare nella Società della Conoscenza saranno necessari saperi incrementali e la formazione, sinora relegata alla parte iniziale della vita, dovrà espandersi sul suo intero arco. In assenza di una formazione continua, ma anche senza una universalità dei servizi di comunicazione, le nuove tecnologie genereranno atomizzazione anziché integrazione.

coesione sociale. In questa linea, il sostegno e la promozione dell'innovazione scientifica e tecnologica e la formazione costituiscono i nodi fulcro intorno a cui intendono svilupparsi le linee di promozione comunitaria. La *società della conoscenza* è società colta e istruita, capace di sfruttare al massimo il potenziale tecnologico e informativo in modo da trasformare il sistema economico europeo, da sistema basato su risorse naturali e umane, in un sistema basato sulla conoscenza. In questo scenario concettuale, l'innovazione scientifica e tecnologica viene identificata, in sede comunitaria, con il rinnovo e l'ampliamento della gamma di prodotti e dei servizi, nonché dei mercati ad essi associati; l'attuazione di nuovi metodi di produzione, d'approvvigionamento e di distribuzione; l'introduzione di mutamenti nella gestione, nell'organizzazione e nelle condizioni di lavoro, nonché nelle qualifiche dei lavoratori. La transizione dell'Europa verso lo sviluppo sostenibile, è direttamente connessa con la capacità di orientare lo sforzo della ricerca scientifica e tecnologica al progresso economico e sociale con il potenziamento dei valori fondamentali della giustizia, solidarietà, diversità culturali, nonché dello sviluppo dell'imprenditorialità e la creazione, crescita e sviluppo di piccole imprese. In questa prospettiva, la ricerca nel settore delle scienze economiche, politiche, sociali e umane è chiamata a garantire l'adeguata gestione e valorizzazione delle conoscenze.

Il carattere permanente riconosciuto alla tecnologia<sup>6</sup> è l'innovazione, che trova sostanziale manifestazione nella elaborazione di nuove varietà di prodotti, nuovi servizi, e nel complessivo miglioramento della qualità di prodotti e servizi già esistenti. Nel quadro degli indirizzi della politica comunitaria per il decennio 2000-2010, il conseguimento di strategie e strumenti per la conoscenza attraverso l'organizzazione di dati inizialmente disarticolati, rivedendo i processi di modificazione della materia, è una delle linee di sviluppo privilegiate per l'innovazione scientifica e tecnologica<sup>7</sup>. Quest'ultima è considerata un modo di fornire soluzioni ai problemi ad alto valore aggiunto e di creare nuove opportunità di mercato<sup>8</sup>. All'interno di questo scenario, si inserisce la proposta di tecnologie di cantiere per

<sup>6</sup> In quanto "disciplina che tratta dei processi di trasformazione di cui si sostanzia, nel tempo, la produzione culturale di una data società umana". Cfr. Ciribini G. (1987), op.cit.

<sup>7</sup> La *Carta Europea delle tendenze dell'innovazione*, elaborata in forma sperimentale nel 1999 e in forma operativa nel 2000, offre un quadro dei processi innovativi a livello nazionale e sovranazionale. Il Quadro di valutazione dell'innovazione in Europa è l'elemento centrale della Carta delle tendenze. Presenta venti indicatori dell'innovazione, tra cui: le risorse umane, la creazione di nuove conoscenze, il finanziamento dell'innovazione, i risultati e i mercati dell'innovazione. Nella carta del 2003 sono stati presi in esame in modo più approfondito rispetto alle versioni precedenti, i servizi.

<sup>8</sup> L'innovazione è in aumento nell'Unione Europea, ma l'ultimo *Quadro di valutazione dell'innovazione europea* (2003), realizzato dalla Commissione, conferma che la tendenza non è abbastanza sostenuta: è indispensabile accelerarne il ritmo, se l'UE vuole resistere alla pressione della concorrenza internazionale e realizzare il proprio obiettivo a lungo termine di diventare l'economia basata sulla conoscenza più competitiva al mondo entro il 2010. A tale scopo serve una nuova analisi dei fattori che influenzano le prestazioni dell'innovazione ed un uso più creativo delle opportunità offerte dal sesto programma quadro pluriennale in materia di ricerca.

la gestione dell'intervento di recupero edilizio, in grado di acquisire, elaborare e aggregare informazioni originariamente disarticolate, orientando la decisione operativa e impattando direttamente sull'azione. Ricondurre l'ambito della cantieristica per il recupero edilizio alla società della conoscenza, significa, portare avanti un'azione di rielaborazione e riaggregazione di dati disponibili per sviluppare nuove strumentazioni, trasferire processi conoscitivi, riorganizzare la sequenza di azioni.

All'interno della manualistica di settore, il *concetto di cantiere*, riferito al recupero edilizio ed ambientale, viene assunto nell'accezione di *struttura operativa* connotata da concretezza attuativa, insieme organizzato di professionalità, manualità, sistemi e mezzi direttamente coinvolti nel conseguimento dell'obiettivo intervento sul patrimonio edificato. La definizione proposta, contempera la *dimensione hard* di luogo in cui si concentrano persone, macchine e attrezzature per svolgere un'attività materiale e la *dimensione soft*, legata alle procedure organizzative, gestionali e di programmazione delle attività in esame<sup>9</sup>. Una concettualizzazione teorica viene adottata, al fine di restituire in modo organico la complessità e l'estrema versatilità della realtà dei cantieri di recupero, fortemente caratterizzati, nello specifico delle singole situazioni, da questioni dimensionali, localizzative, ubicazionali legate alla natura dei lavori condotti. Alla descrizione delle condizioni di stato che connotano la cantieristica per il recupero, si perviene mediante enucleazione dei seguenti parametri indicatori:

- attività condotte all'interno del cantiere;
- tecnologie a supporto del cantiere;
- layout dei siti di lavoro, mezzi ed apparecchiature;
- professionalità coinvolte e relativi ruoli.

In virtù della profonda interazione che connota le due dimensioni, hard e soft, la riproposizione critica di un nuovo assetto del cantiere, incide significativamente su entrambe, coinvolgendo, a partire dalle definizioni di nuove configurazioni strumentali del sito di lavoro, le modalità di conduzione e gestione del lavoro. L'organizzazione costituisce la variabile fondamentale in grado di connotare il cantiere di recupero, variabile da cui discende la qualità finale dell'oggetto progettato. Il cantiere è infatti identificabile direttamente con l'organizzazione tecnica dei luoghi in cui si concentrano le operazioni. Il cantiere è pertanto l'impianto in cui si materializza il recupero, occasione spazio-temporale in cui hanno luogo

<sup>9</sup> Aa. Vv. *Storia della tecnologia*, Boringhieri, Torino, 1967

Martini P.A., *L'arte di costruire nel costruito*, Electa, Firenze, 1982

Picone M., *Tecnologia della produzione edilizia*, UTET, Torino, 1984

"Macchine da cantiere", in Aa. Vv., *Manuale di progettazione edilizia*, Vol. IV, Hoepli, Milano, 1995

Maggi P. N. , *Il processo edilizio: metodi e strumenti di ergotecnica edilizia*, (vol.II) CittàStudi, Milano, 1994

Gottfried A. (ed altri), *Ergotecnica edile: applicazioni di metodi e strumenti*, (II ediz.) Esculapio, Bologna, 1995

Vinci M., *Il cantiere edile nel «sistema sicurezza». L'organizzazione della sicurezza nell'area della committenza e nell'area dell'esecuzione delle opere*, Maggioli Editore, Rimini, 1997

le vicende che traggono origine da fattori di ordine economico, sociale, culturale, tecnico, temporale. A differenza di quanto accade per l'edilizia di nuova edificazione, il cantiere per il recupero non costituisce il momento di naturale conclusione dell'esperienza progettuale, ma in virtù delle ricadute indotte dalle attività diagnostiche, si propone come occasione per la revisione degli input progettuali prefigurati<sup>10</sup>. La natura delle operazioni di recupero, condiziona significativamente le caratteristiche, la morfologia, la logistica e la cinematica, propri del cantiere. In questa chiave, aspetti che connotano in modo pregnante il cantiere per il recupero, possono essere ricondotti alla:

- temporalità di esistenza, limitata allo svolgimento delle indagini diagnostiche in situ ed in laboratorio, alla conduzione dell'intervento sui singoli elementi tecnici;
- intrasferibilità della funzione, legata ad un sito ed ad un progetto in progress, per la necessità di adeguare le scelte progettuali in funzione della conoscenza disponibile,
- eterogeneità di operatori presenti ed operazioni condotte,
- mobilità delle postazioni di lavoro.

La morfologia del cantiere di recupero, comunemente definita attraverso la descrizione dello spazio interessato dalle lavorazioni, del perimetro del sito di lavoro, delle aree di lavoro, dalle vie di accesso, dei punti di allacciamento alla rete idrica esterna, elettrica e fognaria, è fortemente caratterizzata dall'ingombro delle attrezzature e degli spazi di pertinenza per la sicurezza degli operatori. Discende da questa individuazione la determinazione della logistica e della cinematica di cantiere attraverso la definizione di recinti ed accessi, posti di lavoro fissi, depositi di mezzi d'opera fissi, magazzini materiali, attrezzature di trasporto, servizi, reti. Quest'ultima, risulta fortemente influenzata dalla necessità di garantire la delimitazione delle aree di lavoro, in rapporto alle istanze di sicurezza degli operatori rispetto alle singole aree di intervento, ai magazzini di stoccaggio attrezzature, ai servizi, alle reti ed in funzione dell'ingombro delle attrezzature.

L'istanza di innovazione del cantiere, prende oggi, le mosse dalla possibilità di ripensare in termini propositivi la logistica e la cinematica all'interno del sito operativo in cui si svolge l'azione di recupero. Ipotesi che sottende questa azione è la necessità di rivedere in modo congiunto il progetto di recupero in termini di requisiti e di soluzioni tecniche perseguibili alla luce dello scenario attuativo prefigurabile, sia come sequenzialità delle azioni di cantiere che come modalità di interazione tra operatori coinvolti nelle decisioni e nell'esecuzione materiale. Si prefigura dunque, un modo diverso di interagire con l'oggetto costruito, introducendo la possibilità, grazie alle tecnologie innovative, di controllare e monitorare a

<sup>10</sup> Aa.Vv., *Il cantiere della conoscenza. Il cantiere del restauro, Atti del convegno di Bressanone*, Libreria progetto, Padova, 1989

Zago F., "Progetto e cantiere", in *Recuperare*, n22 e 23 Peg, Milano, 1986

Bosia D., Ciribini A., Marchiano R., "Opere provvisorie per l'edilizia. I ponteggi mobili", *Recuperare* n.50, Peg, Milano, 1990



distanza le lavorazioni e le trasformazioni indotte in corso d'opera. La determinazione di un ambito disciplinare specifico ed al contempo innovativo per la caratteristica del recupero edilizio, si è andata delineando, solo nel corso degli ultimi anni, a partire dalla presa d'atto in sede teorica, dell'inadeguatezza delle prassi di intervento consolidate, da un lato, per il restauro e, dall'altro, per l'edilizia di nuova edificazione. In particolare, il fatto che il recupero interessi tutto il tessuto edificato esistente, essendo rivolto sia al costruito dei centri storici che alle periferie, condiziona in modo sostanziale la tipologia, i modi e i tempi delle lavorazioni da condurre. All'interno del cantiere per il recupero edilizio di antica concezione, la dicotomia più evidente è riconducibile al contrasto tra principi e finalità dell'intervento e logiche di organizzazione delle lavorazioni ai fini del conseguimento di un'efficienza produttiva. In un'ipotesi di ri-articolazione del momento esecutivo per il recupero edilizio, attraverso la rivisitazione integrata delle procedure di elaborazione progettuale, diagnosi e attuazione, si prefigura il trasferimento di dispositivi e strumentazioni da altri ambiti operativi, per la configurazione di nuove modalità di conduzione delle attività di cantiere. In questa chiave, il confronto critico, tra le scelte operate nel corso degli ultimi trent'anni in materia di recupero edilizio e le procedure messe in atto all'interno dei siti di intervento sul costruito esistente, costituisce il supporto teorico di riferimento per la determinazione di ipotesi di innovazione. Quest'ultime prendono le mosse dalle difficoltà riscontrate all'interno delle attività di programmazione e progettazione del recupero edilizio, nel configurare in modo iterativo il passaggio dalle fasi decisionali a quelle conoscitive, e successivamente a quelle attuative. Assunto concettuale da cui muove la definizione delle esigenze per l'innovazione del cantiere del recupero è la presa d'atto di una significativa distanza tra i principi teorici che connotano il recupero edilizio come disciplina, e le procedure attuative messe in atto all'interno di interventi di varia dimensione e natura. Uno scollamento tra prassi operativa e tecnologie di intervento segna in modo inconfondibile, sia sul piano dell'organizzazione delle attività che del layout delle attrezzature, il cantiere per il recupero edilizio. Al contrario di quanto avveniva nei secoli precedenti, quando si tornava ad intervenire su manufatti edilizi preesistenti adottando sostanzialmente le tecnologie originarie, a partire dai primi anni del '900 l'intervento sul costruito preesistente si carica di valenze specifiche dettate da una collettiva acquisizione della consapevolezza circa la singolarità ed irripetibilità delle tecniche realizzative adottate del manufatto su cui si interviene, e via via dall'impossibilità di reperire sia i materiali preesistenti, che le strumentazioni originarie. La disamina circa le esigenze che informano il ripensamento del cantiere, può essere affrontata per successivi approfondimenti tematici, a partire dall'enucleazione di istanze di riferimento che in modo unitario accomunano tutte le condizioni e modalità di intervento sul patrimonio edilizio esistente, fino a scendere nel dettaglio dei requisiti di progetto specifici per una tipologia di lavorazioni da condurre sul patrimonio edificato. La formulazione di esigenze di progetto per la definizione di una struttura organizzativa e strumentale appropriata alle operazioni di

recupero edilizio, prende le mosse dall'esame delle istanze che informano il processo di informazione-decisione nel recupero del costruito esistente:

- contemporaneità spaziale e temporale dei processi di conoscenza e decisione alla luce delle analisi realizzabili in situ,
- sequenzialità delle decisioni, in uno scenario di singole lavorazioni interdipendenti tra loro e rispetto alle scelte dei decisori,
- irreversibilità di alcune decisioni in grado di condizionare quelle future limitandone il campo di scelta,
- cumulabilità delle scelte per i decisori che, nel tempo diventano attori di un processo di apprendimento in grado di ridurre l'incertezza sostanziale e procedurale (attraverso l'acquisizione delle informazioni del "saper fare").

Esaminando nel dettaglio il layout del cantiere per il recupero, è possibile evidenziare come risulti generalmente condizionato dai limiti operativi e localizzativi propri del patrimonio edilizio esistente. Quest'ultimi possono essere ricondotti sinteticamente a :

- esiguità degli spazi in cui si opera (spazi all'aperto o al chiuso) e immediate vicinanze,
- difficoltà nello stoccaggio dei materiali per il lavoro,
- difficoltà di accesso dei mezzi per l'approvvigionamento,
- difficoltà di accesso delle apparecchiature e strumentazioni di cantiere,
- invasività dei ponteggi,
- messa in sicurezza degli edifici circostanti,
- presenza di utenti,
- necessità di opere provvisorie.

Sul piano strettamente operativo, per quanto concerne l'esecuzione delle singole attività necessarie al recupero del manufatto edilizio esistente, le esigenze di innovazione possono essere ricondotte a :

- controllabilità delle opere in corso di realizzazione e decisione,
- precisione di intervento,
- appropriata qualifica professionale degli operatori,
- contenimento tempi di intervento.

Affrontando la tematica dell'innovazione per il cantiere di recupero, in termini di gestione delle lavorazioni, si riconducono le esigenze a:

- disponibilità di una memoria delle lavorazioni attraverso il ricorso a tecnologie in grado di garantire la raccolta di informazioni sugli ordini impartiti, sui consumi, sui test di collaudo,
- messa a punto di un sistema informativo in grado di correlare tipologie di lavorazione, interruzioni, cause, al fine di ottimizzare i processi di intervento,
- controllo dei costi.

L'istanza che se ne deduce è quella della specifica determinazione dell'insieme di spazi di lavoro e di servizio, percorsi ed accessi che risultino appropriati rispetto alle condizioni del recupero edilizio, ovvero alla molteplicità di situazioni contestuali rilevabili caso per caso, tenendo in conto le ricadute indotte dall'articola-

zione e distribuzione di quest'ultimi rispetto al conseguimento del risultato operativo in termini di tempi e costi. In quest'ottica si propone una classificazione, sulla scorta di quanto messo a punto per la realtà produttiva dell'industria, che differenzia gli spazi del cantiere in relazione alla discretizzazione dei luoghi in spazi interessati dall'intervento operativo e per lo stoccaggio dei materiali, delle attrezzature, per il montaggio delle strutture di accesso ai volumi di lavoro, spazi di sosta, spazi di percorrenza pedonale e carrabile.

## **1.2 Innovazione e ricerca per il cantiere di recupero edilizio**

L'esame delle strade che l'innovazione tecnologica per l'edilizia percorre oggi, è la chiave di analisi privilegiata per la individuazione di linee di sviluppo perseguibili ai fini di una riconfigurazione dei processi di intervento per la riqualificazione, manutenzione, riuso, trasformazione, del costruito esistente. Lo scenario di riferimento in cui si inquadra il ripensamento dei processi e delle procedure, delle attrezzature e strumentazioni, delle professionalità coinvolte, è connotato da un profondo dualismo:

- da un lato, è possibile verificare la continua reiterazione di consolidati modelli gestionali nell'attuazione dei processi di intervento sul costruito esistente,
- dall'altro si registra da più parti l'aspettativa per tecnologie e strumentazioni più flessibili ed appropriate al costruito preesistente.

La limitatezza degli investimenti, sia in termini di capitale umano che economico nella ricerca, sperimentazione, prototipazione di strumentazioni e di procedure di intervento per il recupero, sono aspetti che contrassegnano in modo molto significativo il panorama operativo sia in ambito pubblico che privato. D'altro canto, la difficoltà nel recepire l'innovazione da parte dei soggetti coinvolti nel processo di recupero edilizio è un parametro significativo, nell'esame delle attitudini e predisposizioni del settore, alla messa a punto e diffusione di nuovi beni di consumo, nuovi metodi di lavoro, nuove forme di organizzazione.

Seguendo un approccio critico, è possibile distinguere all'interno degli sforzi tesi a modellizzare, progettare e prototipizzare soluzioni innovative per il cantiere, da un lato le esperienze tese a prefigurare strumentazioni in grado di risolvere specifici problemi tecnici e costruttivi, dall'altro le esperienze di riconfigurazione della logistica di cantiere, dell'articolazione di attività, della interazione tra i soggetti coinvolti all'interno dei processi attuativi. In particolare, all'interno di contesti operativi geograficamente e culturalmente distanti da quello Europeo, generalmente segnati da una forte propensione alla sperimentazione e alla ricerca di soluzioni tecniche innovative, si è andato attestando lo sforzo di elaborare strumenti specifici in grado di risolvere alcuni dei problemi costruttivi, riferendo i principi, gli strumenti e i metodi dell'automazione industriale all'ambito della costruzione. Le prime esperienze di catalogazione e sintesi delle ricerche sull'introduzione di componenti automatizzate per il cantiere della costruzione, risalgono alla fine degli anni '70 e sono state condotte in Giappone. Un catalogo compilato dal Japanese Council for Construction Robot, nel 1978, riportava che a quella data nel

solo Giappone erano stati sviluppati 550 prototipi di robot per le costruzioni<sup>12</sup>. Alla fine degli anni '80, uno studio internazionale dell'agenzia Battelle<sup>13</sup> testimonia lo stato della ricerca, in USA ed in Europa. A questa data, la maggior parte degli sforzi di ricerca è orientata alla messa a punto di applicazioni in grado di garantire salute e sicurezza degli operatori e aumento della generale produttività nel settore edilizio. Ancora alla fine degli anni '80, il lavoro Battelle testimoniava come i Giapponesi fossero leader nel settore della ricerca mondiale per automazione dei processi di costruzione. Nel corso degli anni '80, circa 76 imprese Giapponesi hanno intrapreso la strada dello sviluppo e prototipazione di tecnologie con attitudini e poteri simili a quelli dell'uomo, da adoperare nel settore della nuova edificazione. La messa a punto di soluzioni caratterizzate da un alto livello di automazione, controllo remoto, telecontrollo ha trovato pieno sviluppo. I risultati teorici raggiunti e i prototipi realizzati possono essere indicativi del clima culturale che informava queste esperienze di automazione per la costruzione, in particolare permettono di individuare le esigenze che accomunavano il lavoro in Giappone, Nord-America, Europa con una spinta verso l'aumento della produttività in cantiere, uso sempre più efficiente dei materiali, l'incremento della qualità, della sicurezza, e la diminuzione dei tempi di lavoro. Negli anni '90 molte ricerche sono state condotte sinergicamente negli Stati Uniti ed in Giappone, con l'intento di favorire la messa a punto di strumenti e metodi per la progettazione, in un'ipotesi di costruzione automatizzata, in cui la forma e il dimensionamento dell'architettura, nel complesso e nelle singole parti, discende direttamente dalle tecnologie per la sua realizzazione. A partire dagli anni '90, l'automazione nella costruzione viene introdotta nell'ipotesi di poter riprodurre, in modo sequenziale, condizioni spaziali e dimensionali sempre note e costanti.

Nonostante gli sforzi economici e progettuali, in Europa l'industria delle costruzioni non ha raggiunto prima degli anni '90, significativi risultati nella progettazione e prototipazione di sistemi innovativi per il cantiere edile. I paesi europei che nel decennio '90, si sono confrontati con le tematiche dell'innovazione del cantiere, sono stati la Svezia, il Regno Unito, la Germania occidentale. Lo sforzo che li ha accomunati è riconducibile al tentativo di realizzare meccanismi in grado di lavorare in condizioni contestuali imprevedibili, caratterizzate da estremo dina-

<sup>12</sup> Taylor, M.D., Wamuziri, S.C. & Smith I.G.N., "21st Century Japanese Construction Mechatronics", Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Civil Engineering, 2003

Taylor, M.D. & Wamuziri, S.C., "Strategic construction mechatronics valuation: a real option-pricing approach", *Journal of Financial Management of Property and Construction*, Vol.7, No. 2, 75-90, 2002

Taylor, M.D. , "Modelling the value of construction mechatronics investment opportunities",

*ARCOM Doctoral Workshop*,

Akintoye A., *Simulation and Modelling in Construction*, 26<sup>th</sup> October, University of Edinburgh, 2001

<sup>13</sup> Battelle è un'organizzazione indipendente di ricerca con una consolidata esperienza internazionale in previsioni di natura economica e tecnica. I risultati della ricerca vengono pubblicati sul numero di agosto 1987 della rivista *Robotic today*, della Society of Manufacturing Engineers, in un articolo dal titolo "Robotic and other forms of automation in the construction industry", Battelle, Columbus, Ohio.

mismo e da elevata ostilità. In particolare, lo sforzo dei ricercatori è stato orientato a contrastare le problematiche poste dalla complessità dei siti di lavoro, dalla necessità di sviluppare una sensoristica dedicata, e di superare la frammentazione dell'industria delle costruzioni. A partire da questi obiettivi, la ricerca si attesta su due linee differenti:

- da un lato, la messa a punto di strumentazioni dalle dimensioni limitate in grado di svolgere specifici compiti in modo semiautomatico,
- dall'altro, sistemi integrati che gestiscono in modo continuo la realizzazione interferendo anche sulla progettazione<sup>14</sup>.

Particolare rilievo assumono le esperienze progettuali, condotte in Giappone, Inghilterra e Stati Uniti, per la definizione di procedure di progettazione orientate, specificamente pensate per l'impiego di appositi macchinari di cantiere. L'integrazione tra forma e struttura dell'oggetto architettonico da realizzare e tecnologie a supporto dell'esecuzione, per l'edilizia di nuova realizzazione, costituiscono un tentativo di risposta alle istanze di rapidità, economia, sicurezza e accuratezza per le costruzioni<sup>15</sup>.

A partire dai primi anni '90, l'impegno principale assunto in Europa in tema di cantieristica è identificabile nel trasferimento delle Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione al processo di progettazione, attuazione e gestione del cantiere edile, con il prioritario obiettivo di migliorare l'efficienza dell'interazione fra i soggetti<sup>16</sup> coinvolti nelle decisioni e nelle azioni. Le linee di ricerca perseguite

<sup>14</sup> Al primo caso afferiscono strumentazioni come:

- la macchina telecomandata per spianare il calcestruzzo (teleoperated concrete trowelling machine) della Okimec Construction system Inc. messa a punto in Giappone negli anni '90,
- il robot per costruzioni interne modulari del prof. Tomas Bock di Monaco di Baviera,
- la piattaforma umanoide Honda per le costruzioni.

Alla seconda categoria afferiscono:

- il sistema a telaio per la realizzazione di strutture in c.a. Obayashi Corporation Big Canopy,
- la Contour crafting technology,
- la Brokk remote demolition technology.

<sup>15</sup> Ching F.D.K., *Architecture: form space and order*, J Wiley and Sons, New York, 1996

Howe A. S., *A new paradigm for life-cycle management of Kit-of-parts building systems*, Doctoral dissertation, University of Michigan, 1998, University Microfilms International, N.9909905

Howe A.S., Ishii I., Yoshida T. , "Kit-of parts: a review of object-oriented construction techniques", *Atti dell'International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 16)*, 22-24 September 1999, Madrid Spain, International Association for Automation and Robotics in construction (IAARC), London, 1999

Howe A.S. , "Designing for automated construction", *Automation in construction*, n9, p259-276, 2000

Howe A.S., "The ultimate construction toy: applying kit-of-parts theory to habitat and vehicles design", *Atti del 1st Aerospace Architecture Symposium (SAS2002)*, 10-11 October 2002, Houston Texas, 2002

<sup>16</sup> Nell'ambito del III Programma Quadro di R&S (1992) viene attivato all'interno del programma RACE, il progetto BRICC (BRoadband Integrated Communications for Construction). Nel IV Programma Quadro (programma ACTS), sono stati attivati i progetti CICC (Collaborative Communications for Construction), MICC (Mobile Integrated Communications for Construction) e RESOLV (REconstruction using Scanned Laser and Video), che hanno favorito lo sviluppo di prototipi orientati al settore edile.

in seno alla Commissione Europea in materia di innovazione per il cantiere a partire dalla seconda metà degli anni '90, emergono dallo studio strategico Secteur, commissionato nel '93 per evidenziare il livello dell'innovazione conseguito in rapporto a quello atteso<sup>17</sup>. La penetrazione di nuove tecnologie per il cantiere è ostacolata in Europa dalla predominanza di un patrimonio costruito frutto della cultura preindustriale, di sovente interessato da condizioni di degrado elevate, da difficoltà di accesso ai siti di lavoro, dalla presenza dell'utenza. In questo scenario, i programmi quadro europei, perseguono l'impiego in modo sperimentale delle ICT per la messa a punto di:

- ambienti di supporto al lavoro di gruppo con la creazione di procedure standard per il lavoro a distanza e sviluppo di strumenti informatici e telematici;
- sistemi di supporto alle decisioni con partecipazione dei diversi attori del progetto;
- sistemi di pianificazione delle lavorazioni basati su modelli di produzione e logistica, contabilizzazione integrata con la progettazione;
- metodologie per la gestione della rete di forniture.

Sul finire degli anni '90, anche in Europa, si consolida sul piano concettuale la consapevolezza, che l'introduzione della automazione e della robotica a supporto della gestione del ciclo di vita per il patrimonio costruito, possa indurre un contenimento dei costi della manutenzione, senza compromettere le condizioni di qualità e sicurezza per gli operatori e gli utenti<sup>18</sup>. Le esperienze di ricerca<sup>19</sup> hanno dato luogo alla prototipazione di applicazioni software e hardware particolarmente spinte per la esecuzione di specifici compiti e l'organizzazione di attività di cantiere<sup>20</sup>, con ricadute tuttavia, quasi nulle rispetto all'assetto operativo comune del settore.

<sup>17</sup> Atkins WS., International Ltd., *Secteur – Strategig study on the construction sector*, Commission of the European Communities, 1993

<sup>18</sup> Cobb D.W., *Basis for the development of a coherent strategy for UK research in automation and robotics in buildings and structures, the Robobuild report*, part-sponsored by the Institution of Civil Engineers R&D Enabling Fund and BRE Ltd, March 1998

<sup>19</sup> Bernstein H., "Moving innovation into practice for a sustainable future", *Keynote speech made at the Technology watch and innovation in the construction industry Conference* 5 april 2000, Brussels co-organised by CIB and Belgium Building Research Institute

<sup>20</sup> Cfr. Sivo G. e altri, "Tecnologie innovative per l'integrazione ed il coordinamento dei processi manutentivi in edilizia. esperienze e prospettive", ad esempio i prototipi :

- "DINO (Drawing Information on Notes) - Applicativo software - sviluppato in ambiente Lotus Notes - contenente l'archivio dei disegni CAD relativi ad un progetto, in grado di aggiornare automaticamente tutti i partner sulle nuove revisioni dei disegni, consentendo a ciascuno di accedere all'archivio secondo i privilegi di accesso legati alla propria qualifica (originatore, revisore, supervisore, ecc.);
- caschetto multimediale - Dispositivo integrato nel caschetto di sicurezza che consente al personale in cantiere di partecipare ai meeting con consulenti ed esperti "remoti";
- container per comunicazioni - Casupola di cantiere contenente i dispositivi di comunicazione fissa e mobile necessari in cantiere (wireless LAN, ricetrasmittitore satellitare, ecc.);
- integrazione dei dati col mondo reale - I sistemi di posizionamento (tipo GPS) e localizzazione pos-

Affrontando il tema del perseguimento dell'innovazione per il recupero edilizio, una riflessione specifica deve essere dedicata, alle innovazioni tecnologiche che hanno impattato significativamente rispetto alla gestione del processo, modificando l'approccio progettuale di singole fasi, la durata e i costi delle attività. E' in particolare, nella fase diagnostica che si è registrata la maggiore disponibilità ed interesse del mercato verso un'apertura a nuove potenzialità strumentali e tecnologiche. La messa a punto e la sperimentazione in cantiere di una sensoristica dedicata per la diagnosi delle condizioni fisiche del patrimonio edificato e la determinazione dei livelli prestazionali, ha costituito l'occasione per approfondire in modo tematico, il percorso di conoscenza del costruito e snellire le fasi progettuali ed attuative. La messa a punto di strumentazioni e protocolli di diagnosi, non ha, tuttavia, inciso significativamente sul complesso del processo di recupero edilizio, al cui interno le singole attività diagnostiche restano ancora profondamente scollegate.

Un impatto molto limitato rispetto all'innovazione delle procedure di intervento sul costruito esistente, è quello determinato, nel corso dell'ultimo decennio, dalla diffusione delle tecnologie web. L'Information and Communication Technology ha indubbiamente, ridefinito i confini dello spazio di mercato in cui si muove il recupero edilizio. Tuttavia, le potenzialità della rete hanno inciso, ad oggi, in modo molto limitato, rispetto ad una riconfigurazione dei processi di intervento sul patrimonio, non riuscendo a costituire un'occasione per modificare i modelli di condivisione dell'informazione, di assunzione delle decisioni, di conduzione dell'intervento materiale<sup>21</sup>. Le possibilità tecnologiche offerte dal web non hanno costituito, all'interno della prassi operativa del recupero edilizio, l'occasione per ripensare l'organizzazione interna dell'impresa, la gestione del personale, per valorizzare gli aspetti formativi. Mentre la diffusione della posta elettronica ha modificato le modalità di scambio informativo tra gli attori coinvolti nel processo progettuale, la telefonia mobile e l'integrazione tra web e cellulare, costituiscono i presupposti per documentare in video l'attività di cantiere e trasmetterla con il supporto della banda larga.

---

sono essere usati nei cantieri per consentire agli operatori dotati di pc portatili di richiamare automaticamente informazioni tecniche associate alla propria posizione;

- database evoluto di "oggetti" di progetto - una visione della gestione dei dati che va oltre il semplice modello di progetto "ad oggetti". Gli "oggetti" di progetto comprendono infatti, la gamma completa di entità che i team impiegano nel lavoro quotidiano, dai complessi processi aziendali ai semplici oggetti fisici. Tale approccio permette di rappresentare la struttura reale di un progetto, come questo evolve dalla fase di progettazione preliminare alla realizzazione ed alla gestione manutentiva, fino alle procedure di destrutturazione.

<sup>21</sup> Per quanto concerne il ricorso da parte delle imprese edili ai sistemi informativi ed ad Internet come strumento per una nuova organizzazione delle attività connesse con la cantieristica è possibile, attingendo ai dati dell'indagine CRESME del 2001, evidenziare l'utilizzo delle tecnologie informatiche per l'acquisizione di informazioni di supporto delle commesse e di analisi delle opportunità di mercato - sia a livello tecnico che amministrativo -, sia rispetto all'attività produttiva vera e propria che si concretizza nel cantiere.

### 1.3 Orientare l'innovazione del cantiere

L'osservazione critica circa le modalità di organizzazione e gestione delle attività all'interno dei cantieri per il recupero, ad oggi, rivela un evidente e profondo scollamento della prassi operativa rispetto alle istanze concettuali che informano *la cultura del recupero edilizio*<sup>22</sup>. Aspetti connotanti in modo pregnante il cantiere per il recupero edilizio, in grado di orientare significativamente la definizione di esigenze di innovazione nelle strategie di organizzazione delle lavorazioni, di layout, di tempistica, sono riconducibili:

- all'impossibilità di prefigurare per il processo di lavoro uno standard unico,
- all'operatività su commessa,
- alla variabilità del layout del sito di lavoro e delle condizioni operative per uno stesso tipo di lavorazione.

Mentre sul piano teorico si riconosce al cantiere il ruolo di luogo in cui "conoscere, conferire certezza all'aleatorietà, confermare", sul piano esecutivo le procedure di lavoro non godono, per quanto concerne i mezzi, e le strategie di impiego dei suddetti, di un'autonomia rispetto a quanto consolidato per l'edilizia di nuova edificazione o per il restauro. Alla disponibilità di tecnologie e strumentazioni (sia hard che soft) per la diagnosi e per la esecuzione di lavorazioni specifiche, non corrisponde una appropriata definizione di modelli di organizzazione delle attività e di strategie per la gestione dei processi di informazione/decisione. Emerge, in modo evidente, l'esigenza di ripensare le tecnologie per l'intervento sul costruito esistente a partire dalla riorganizzazione dei lay-out distributivi e funzionali e da una nuova schedulazione di attività. In particolare, le esigenze che condizionano il processo progettuale ed attuativo di recupero edilizio in fase di cantiere, sono riconducibili a:

- istanze culturali della salvaguardia dell'identità del patrimonio edificato,
- soddisfacimento dei requisiti imposti dalla normativa vigente,
- rispetto dei tempi di consegna imposti dal committente e convenuti all'interno del Capitolato d'Appalto.

Alla luce di quest'ultime, si concretizza pertanto un'esigenza di trasferimento di know-how e tecnologie da altri settori produttivi:

- in termini di principi e metodi di organizzazione del lavoro, di distribuzione delle funzioni, delle attrezzature e del personale,
- in termini di apparecchiature e strumentazioni per operare direttamente sulla materia<sup>23</sup>,
- in termini di specifici dispositivi tecnici.

<sup>22</sup> Il modello organizzativo che in modo specifico connota ad oggi il recupero edilizio è caratterizzato dallo svolgimento nel sito di lavoro di attività di:

- conoscenza dell'oggetto edificato mediante indagini analitiche, strumentali....;
- decisione;
- comunicazione;
- attuazione delle decisioni.

Cfr. Savi V. R., *La cultura del cantiere nel progetto di recupero*, de Costanzo Editori, Napoli, 1992

<sup>23</sup> Il problema dell'appropriatezza delle tecnologie per il recupero costituisce uno dei nodi centrali



Le due dimensioni hard e soft dell'innovazione, risultano profondamente interrelate, per la prefigurazione progettuale di una processualità dell'intervento sul costruito esistente. In particolare, prendendo le mosse da un'ipotesi di innovazione tecnica, si prefigura la possibilità di pervenire alla determinazione di un esteso impatto sul piano organizzativo e gestionale rispetto al complesso delle attività di cantiere. Il senso della proposta, non è ridurre la complessità del progetto di recupero, ma complessificare l'organizzazione in modo da diffondere meglio e a tutti i livelli la percezione e rappresentazione dei numerosi fattori interni ed esterni.<sup>24</sup>

Riferire all'ambito operativo del cantiere il concetto di *innovazione tecnologica*, nonchè gli strumenti operativi (hard e soft) che sottendono quest'ultima, significa perseguire il tentativo di portare in avanti il limite dell'operatività del cantiere di recupero edilizio, attraverso un trasferimento di tecnologie, sia nell'accezione di prodotti, che di processi, per aumentare le prestazioni offerte dall'apparato che cumulativamente permettono significative trasformazioni della qualità globale. Si prefigura uno scenario di trasformazione del cantiere, in continuità con i processi avviati già nel corso del '900 all'interno del mondo della produzione industriale, con la progressiva riduzione dell'incidenza della mano d'opera a seguito della meccanizzazione dell'azione e conseguente introduzione di nuovi principi di organizzazione del lavoro. Alla luce delle tecnologie disponibili, si prefigura un'ipotesi di innovazione nel settore del recupero, attraverso la definizione di modalità di trattamento delle informazioni, coordinamento e controllo dei legami organizzativi interni agli operatori coinvolti. E' l'istanza di flessibilità che informa il settore del recupero edilizio, per l'estrema variabilità delle condizioni al contesto, che all'interno di siti di lavoro differenti, possono cambiare modalità e condizioni di lavoro. Prefigurare un'ipotesi di innovazione attraverso il ricorso all'IT richiede, di prevedere nuove modalità e possibilità per il controllo di qualità all'interno delle singole lavorazioni garantendo, sia il sincronismo adattivo, che il miglioramento continuo degli esiti raggiunti. L'opportunità di elaborare e trasmettere informazioni comprimendo il tempo e lo spazio di lavoro, attraverso il ricorso alle tecnologie informatiche, permette di prefigurare una varietà di opzioni e applicazioni incorporate nei dispositivi ed allargare i limiti di razionalità procedurale propri dell'uomo. In questi termini è possibile enunciare le esigenze di innovazione come segue:

---

ancora irrisolti rispetto alla definizione delle attrezzature operative. Mentre per quanto concerne i processi cognitivi, apparecchiature e tecnologie risultano in parte già appositamente definiti per le esigenze della diagnosi del costruito, sia le macchine che le piattaforme ed i ponteggi necessari a favorire l'accesso ai siti di lavoro, ancora non sono customizzati in modo appropriato per soddisfare le istanze del recupero edilizio.

<sup>24</sup> Cfr. Scott P. B., *La rivoluzione robotica. Automazione e trasformazione dei processi industriali*, Franco Muzzio editore, Padova, 1987

Brochner J., "Impacts of information technology on the structure of construction", *Construction Management and Economics*, n.8, 1990

Balocco L., "Sistemi di presa per robot: impiego in sicurezza", in *Automazione Integrata*, giugno 1993  
Mecca S., *Comprendere il cantiere*, Edizioni ETS, Pisa, 2002

flessibilità operativa, integrabilità tra le strumentazioni di cantiere, facilità di circolazione delle informazioni per favorire assunzione di decisioni appropriate con rapidità.

Lo schema che segue illustra l’impatto indotto rispetto allo scenario tradizionalmente consolidato, con un’ipotesi di ambiente integrato per il cantiere di recupero, che investe strumenti di lavoro, competenze professionali, tempi di attuazione.

CANTIERE TRADIZIONALE	CANTIERE INNOVATIVO
Tecnologia trasparente (dominante meccanica)	Tecnologia ermetica (dominante ed elettromeccanica e microelettronica)
Attrezzature e strumenti di impiego consolidato	Attrezzature e strumenti in forma prototipale
Attrezzature e strumenti direttamente utilizzate da operatori	Attrezzature e strumenti governati da computers
Compiti individuali	Gruppo cooperante
Prevalente il lavoro di tipo esecutivo	Prevalenti le attività di controllo e manutenzione
Lavoro continuativo	Lavoro intermittente
Presenza di operai specializzati	Presenza di tecnici specializzati
Lavoro su un turno	Possibilità di lavoro su più turni
Formazione “una tantum”	Formazione permanente

SERENA VIOLA, ANTONELLA PETRAI

#### 1.4 Innovare il processo di informazione-decisione per il recupero

Per il suo “fondarsi su maggiori e più approfondite conoscenze” rispetto al progetto di nuova edificazione, l’intervento che si rivolge al costruito esistente, con azioni che vanno dalla conservazione alla trasformazione, si configura attraverso un iter dinamico in cui sono possibili sempre nuove e differenti interpretazioni. Al progetto dell’esistente viene riconosciuta la possibilità di trovare espressione diretta entro un ventaglio di soluzioni, commisurate ai differenti obiettivi, ai vincoli ed alle potenzialità inesprese dal sito, riconosciute sulla scorta di una conoscenza che nel corso dell’intervento stesso si va facendo sempre più consapevole e critica. Nella dinamica di intervento sul patrimonio edilizio esistente, il momento cognitivo assume un ruolo centrale, nell’ambito dei processi decisionali per la prefigurazione delle strategie attuative. All’interno di un arco processuale ampio e variabile, la conoscenza, assurge al ruolo di occasione di integrazione tra le fasi attuative dando luogo al superamento della tradizionale consequenzialità tra azioni di programmazione, progettazione, esecuzione e manutenzione. In questo sce-

nario, il processo di conoscenza costituisce il tramite per connettere il momento esecutivo con quello progettuale attraverso azioni di feedback continue, indotte dal progressivo disvelamento di scenari informativi, che riformano i momenti decisionali e gli scenari attuativi. L'azione di recupero si arricchisce lungo l'iter progettuale, di suggerimenti attuativi e indicazioni operative, grazie al flusso informativo in uscita dal processo cognitivo. Il momento della realizzazione dell'intervento in cantiere è la fase terminale del lungo iter con andamento a spirale di informazione-decisione.

Riconoscendo ai processi cognitivi l'attitudine a sottendere le strategie decisionali per le azioni di recupero del costruito esistente, è necessario sottolineare l'esponenziale aumento di complessità di quest'ultimi sia nei contenuti che nelle modalità di interazione, in virtù delle evoluzioni registratesi in ambito concettuale, operativo e strumentale a seguito di un'innovazione che ha investito gli aspetti soft ed hard delle tecnologie. Analizzando le dinamiche cognitive finalizzate al recupero del costruito, due questioni strategiche risultano significativamente irrisolte:

- da un lato la prefigurazione di appropriati percorsi di acquisizione e organizzazione delle informazioni per la diagnosi e la progettazione,
- dall'altro la definizione di criteri e procedure per la condivisione dell'informazione e la decisione concertata tra gli operatori.

Le tecnologie di gestione dell'informazione si prestano, oggi, ad essere assunte come supporto per una configurazione innovativa del processo di recupero edilizio, dalla prefigurazione di una possibilità di intervento alla predisposizione dei piani di manutenzione. Obiettivo delle tecnologie per la gestione dell'informazione non è produrre informazioni, ma garantire la corretta distribuzione delle informazioni tra i soggetti coinvolti nel processo attuativo, mettendo i fruitori in grado utilizzarle correttamente, al momento appropriato. La introduzione di tecnologie per la gestione dell'informazione, contribuendo significativamente ad arricchire il ventaglio delle possibilità operative su cui giocare un'azione di recupero edilizio, impone il ripensamento imminente del processo progettuale in termini di articolazione e organizzazione. Il ricorso all'interno del processo attuativo del recupero edilizio alle tecnologie per l'informazione impone, la definizione di un approccio strategico che consenta di integrare i diversi moduli tecnologici per la gestione delle informazioni nelle molteplici dimensioni. Tale approccio è teso a governare i cambiamenti organizzativi indotti all'interno delle singole fasi operative e nelle modalità di interazione tra gli operatori.

#### **1.4.1 Il processo di informazione-decisione per il patrimonio costruito nell'esperienza della Sovrintendenza di Salerno**

La decodifica del processo progettuale attualmente perseguito negli interventi di recupero edilizio, ha costituito esperienza fondamentale per la comprensione delle problematiche che, ad oggi, si manifestano e l'enucleazione dei nodi operativi che richiedono maggiore impegno risolutivo. Nella consapevolezza che il processo di

informazione-decisione messo in essere dalle Sovrintendenze nelle azioni di salvaguardia di beni architettonici sottoposti a tutela, possa esser considerato solo in parte esemplificativo di un modus operandi ricorrente presso gli enti pubblici, si è presa in esame l'esperienza progettuale degli uffici di Salerno<sup>25</sup> e Avellino BAPP-SAD (Sovrintendenza per i Beni Ambientali Paesaggistici e per il Patrimonio Storico Artistico e Demoetnoantropologico). Dall'analisi di alcune esperienze progettuali condotte nel corso degli ultimi anni, si è inteso ricostruire le dinamiche informative che connettono le azioni di acquisizione dell'informazione con l'assunzione delle decisioni, mettendo in luce gli attori coinvolti nel processo, le competenze chiamate in causa, i documenti prodotti e le modalità di circolazione dell'informazione<sup>26</sup>. Il dato significativo che è emerso da quest'analisi è riconducibile al discostamento rispetto al modello processuale consequenziale delineato dalla legge Merloni tra le fasi di *programmazione, progettazione e realizzazione*, e la correlazione ed interazione tra le informazioni a supporto del progetto esecutivo<sup>27</sup>. Ne discende un modello di articolazione del processo progettuale che riflette il dialogo continuo tra il momento esecutivo, quello progettuale e quello programmatico, nel senso che talune modifiche di progetto, funzione di particolari esiti in fase di realizzazione, possono influenzare e modificare anche linee programmatiche elaborate a monte del progetto. Al fine di dettagliare organicamente le attività connesse alle diverse fasi dello specifico processo di recupero edilizio analizzato, si sono individuate alcune delle figure fondamentali in esso coinvolte (il committente, il progettista e l'esecutore) focalizzando l'attenzione sulle attività di controllo e di gestione del progetto e sugli aspetti procedurali.

Nella fase programmatica, si delineano le azioni di decisione e controllo relative al processo di intervento su edifici di interesse storico artistico. In questa fase la Sovrintendenza assume, di volta in volta, un differente ruolo:

- in taluni casi essa è responsabile diretta del bene, quando gli edifici su cui intervenire sono di proprietà demaniale e vincolati ai sensi della legge 8 ottobre 1997, n. 352 "Disposizioni sui beni culturali";

<sup>25</sup> L'ente Sovrintendenza BAPPSAD di Avellino e Salerno si configura come idoneo ai fini dell'analisi:

- tutela un grande patrimonio edilizio rappresentato dagli edifici vincolati con oltre 50 anni di vita;
- gran parte di tale patrimonio è costituito da edilizia (speciale o corrente) in muratura portante;
- è dotato di capacità di gestire il processo decisionale in tutte le sue fasi, dalla programmazione alla esecuzione.

<sup>26</sup> Gli obiettivi che si è inteso perseguire attraverso l'analisi del processo decisionale BAPPSAD si possono così riassumere:

- individuazione del dominio di interesse e delimitazioni di campo;
- identificazione delle categorie di oggetti ricadenti nel dominio di interesse e della loro funzione all'interno del processo;
- ipotesi di definizione della tipologia di utenza del sistema.

<sup>27</sup> L'analisi dei casi studio ha permesso di pervenire ai seguenti risultati :

- individuazione degli attori del processo;
- individuazione delle azioni proprie di ciascun attore;
- estrapolazione di alcune regole per la elaborazione del modello decisionale;
- caratterizzazione delle procedure in relazione ai compiti propri dei diversi attori.

- in altri casi essa ha responsabilità indiretta sul bene, quando gli edifici non sono di proprietà statale ma afferiscono al patrimonio di enti pubblici o privati o di semplici cittadini, ma comunque soggetti al vincolo della legge.

Alla luce di un'indagine diretta su esperienze di cantiere gestite dalla Soprintendenza ed assunte come caso studio, si è schematizzato il processo attuativo di informazione-decisione per il recupero edilizio, nelle seguenti sottofasi:

- pianificazione degli interventi – di competenza del Soprintendente, che in base al budget messo a disposizione dal Ministero per i beni e le attività culturali, elabora un programma di interventi in base a criteri di priorità del valore storico-artistico e del pericolo immediato per la conservazione; in tale fase si considerano i preliminari di pianificazione, si elabora il programma degli interventi sugli immobili di proprietà pubblica e si verifica la congruenza degli interventi su quelli di proprietà privata;
- avvio dell'intervento - di competenza, di volta in volta, del Soprintendente e del funzionario interno (progettista e direttore dei lavori) nominato dal Soprintendente; in tale fase si affida il progetto, si individuano le imprese idonee, si avviano e controllano le procedure di appalto, si consegnano i lavori e si verifica la congruenza degli adempimenti amministrativi connessi all'affidamento dei lavori;
- controllo del cantiere – di competenza del direttore dei lavori e della ditta appaltatrice; in tale fase si attivano le procedure per l'installazione del cantiere e si decidono le tecniche di esecuzione delle opere;
- controllo dell'esecuzione - di competenza del Soprintendente, del direttore dei lavori, della ditta appaltatrice; in tale fase si analizzano gli imprevisti legati alla realizzazione e le eventuali carenze progettuali, si controlla la contabilità generale e di dettaglio, si attivano le procedure di collaudo dei lavori.

La schematizzazione evidenzia la complessità del processo e la molteplicità delle dinamiche di interazione tra gli attori coinvolti. In assenza di predefiniti protocolli, la gestione delle informazioni è demandata a procedure consolidate, di volta in volta rivisitate in chiave critica. In particolare in fase programmatica, si sottolinea il coinvolgimento del progettista nelle procedure finalizzate alla conoscenza (e relativa descrizione "formale") dell'oggetto e del contesto in cui è collocato. Quest'ultime sono riconoscibili alle seguenti dinamiche di interazione:

- indagine storico conoscitiva – tale fase, in genere di competenza del progettista, può avvalersi dei dati in possesso della committenza o dell'apporto di figure professionali specifiche in grado di reperire informazioni di archivio;
- definizione dell'oggetto – di competenza del progettista, che in genere si avvale di figure professionali specifiche cui delega il rilievo architettonico, quello tecnologico e la descrizione delle condizioni di stato del manufatto;
- definizione del contesto fisico antropico – di competenza del progettista che, però, si avvale di figure professionali specializzate nel rilievo dei singoli

- aspetti considerati: morfologia del terreno, condizioni climatiche e microclimatiche, fattori inquinanti/aggressivi, azioni antropiche dannose;
- definizione del contesto normativo – di competenza del progettista, che reperisce i testi delle leggi generali e delle normative tecniche particolari inerenti lo specifico intervento. Rientra in questa fase anche il controllo del rispetto delle tipologie di intervento specificato dalla committenza per ogni singolo caso: restauro, consolidamento, manutenzione;
  - definizione del contesto economico – di competenza del committente e del progettista. Si traduce nella definizione dei costi dell'intervento, nel rispetto del budget stabilito dalla committenza. Può prevedere un meccanismo di feedback consistente nella redistribuzione/ridefinizione delle voci di spesa in base alle previsioni di progetto;
  - definizione del progetto – di competenza del progettista. Si intende, con tale fase, individuare la fase di elaborazione concreta del progetto in quanto sommatoria di elaborati parziali. In questa fase, si elaborano i grafici di progetto, si descrivono le modalità di intervento, si definisce la logistica di cantiere e la tempistica dei lavori.

Le dinamiche di interazione tra gli attori del processo progettuale che è possibile delineare in fase realizzativa, sono riconducibili a:

- impianto del cantiere - di competenza del direttore dei lavori e del capocantiere. Comprende l'insieme delle attività indispensabili all'impianto ed alla conduzione del cantiere. Tra queste operazioni vanno, ad esempio, annoverate: la redazione del piano della sicurezza, l'individuazione delle attrezzature e dei mezzi d'opera idonei per i lavori, il controllo di qualità dei materiali, la realizzazione delle opere provvisoriale;
- gestione dei lavori - di competenza del direttore dei lavori e del capocantiere; rappresenta l'insieme delle operazioni rivolte alla realizzazione dei lavori a regola d'arte; in tale fase rientrano, tra le altre, le attività di individuazione delle maestranze idonee, la gestione della tempistica e il controllo della contabilità di cantiere.

#### **1.4.2 Modello concettuale per la gestione delle attività di informazione-decisione in cantiere**

In contrapposizione rispetto al consolidato scenario attuativo per l'intervento sul costruito esistente, si identificano nella condivisione dell'informazione e nella concertazione negoziata, le strategie per un nuovo modo di approcciare il recupero, attraverso la definizione di dinamiche innovative di interazione tra gli attori coinvolti a diversi livelli nel processo decisionale. L'ipotesi di innovare il cantiere per il recupero edilizio, trova espressione diretta in un modello concettuale per la gestione delle attività, con la specifica dei pesi e ruoli che le informazioni assumono rispetto alle decisioni. L'istanza da cui muove la struttura del modello è la necessità di snellire i tempi del recupero edilizio, abbattendo di conseguenza i costi, e favorendo la diffusione di una cultura dell'intervento sull'edificato esi-

stente come prassi tesa a salvaguardare il costruito in quanto risorsa. Il modello concettuale propone la costituzione di una rete tra gli attori del processo di informazione-decisione, con la conseguente definizione di protocolli di gestione delle informazioni. Il modello trova riscontro realizzativo grazie alle tecnologie informatiche e telematiche in virtù dell'attuale applicabilità e usabilità di quest'ultime all'interno di un sito di lavoro non-strutturato come il cantiere edile. Il modello concettuale è stato elaborato in accordo con quanto rilevabile in sede di decodifica del processo reale, a partire dalla individuazione e definizione delle attività cognitive superiori del processo di recupero che supportano l'attività decisionale. La comprensione delle dinamiche di ricerca, decodifica, condivisione e immagazzinamento dell'informazione<sup>28</sup>, che sottendono nell'ambito dell'intervento sul costruito esistente, le azioni connesse con la elaborazione della decisione, è stata assunta come primo passaggio logico, nella configurazione di un modello innovativo per il processo di recupero. L'analisi dei supporti di tipo testuale e grafico che ad oggi, veicolano il processo di conoscenza per il recupero edilizio, ha contribuito a delineare il quadro delle forme e dei modi di interazione tra gli attori coinvolti.

Acquisire e condividere secondo un modello innovativo la conoscenza è stata assunta quale condizione essenziale per l'innovazione del processo di informazione-decisione nel recupero edilizio. Il sistema a supporto delle attività di decisione nel progetto di recupero del patrimonio edilizio esistente, è oggi chiamato a caratterizzarsi rispetto ad una complessità di fondo dell'operazione di conoscenza. Prendendo atto di quest'ultima, è necessario che una profonda adattività, nell'accezione di flessibilità strumentale ed operativa, connoti le procedure cognitive da attivare. Nello specifico, infatti, gli attori della fase diagnostica del processo progettuale e attuativo per il recupero, sono coinvolti, a tutti i livelli in un'azione sinergica tesa a:

- soddisfare esigenze informative eterogenee, offrendo la possibilità di accedere all'informazione ad utenti con diversi livelli di esperienza;
- produrre ed integrare nuova conoscenza, combinando le informazioni, acquisite attraverso le interazioni con gli utenti e quelle già presenti nel sistema;
- dialogare interattivamente con l'utente finale, in modo tale da consentire l'accesso con modalità semplici e allo stesso tempo flessibili, da parte del generico utente;
- visualizzare l'informazione, utilizzando tecniche di rappresentazione in grado di evidenziare efficacemente il contenuto informativo proposto all'utente.

Stante la complessità della casistica del recupero edilizio, è necessario sottolineare il carattere di apertura perseguito nella modellizzazione concettuale: le strate-

---

<sup>28</sup> Il monitoraggio e la diagnosi di un manufatto edilizio, sono attività cognitive superiori, in quanto originate dalla necessità di acquisire informazione al fine di assumere una decisione: il problema di natura informativa che affrontano, riguarda il soddisfacimento di un bisogno cognitivo, attraverso il recupero del sistema di dati essenziali a creare una base di conoscenza, ovvero a modificare conoscenze pregresse.

gie di gestione delle informazioni sono da determinare in virtù degli obiettivi che l'azione progettuale intende perseguire, nei diversi livelli decisionali. La codifica, l'interpretazione, la valutazione e la negoziazione dei dati informativi possono variare a seconda degli scopi prefissati. Il passaggio da uno stadio all'altro del flusso informativo, è caratterizzato dall'applicazione di regole da parte di ciascun attore del processo, tali regole possono essere desunte dall'esperienza o ricavate dall'applicazione di norme e regolamenti oppure elaborate in modo originale. Le informazioni in uscita rappresentano le decisioni prese dall'esperto in ogni stadio del processo in analisi.

La proposta di innovazione per il cantiere trae ragione d'essere dall'idea di delineare un protocollo di acquisizione e condivisione dell'informazione tra gli attori del processo progettuale per il recupero edilizio, alla luce di una chiara distribuzione di compiti, attività e responsabilità all'interno dell'iter progettuale ed attuativo. La concertazione negoziata tra gli enti pubblici preposti alla tutela e salvaguardia del patrimonio edificato, i professionisti chiamati ad intervenire alle diverse fasi del processo di recupero, e i proprietari ed utenti del costruito, costituisce il principio a fondamento di un modello innovativo che riproponendo l'idea di progetto come processo iterativo di informazione-decisione, restituisce un nuovo significato e ruolo alle tecnologie introdotte a servizio del cantiere di recupero.

Nella formalizzazione del modello concettuale, si è particolarmente tenuto conto, della integrazione disciplinare tra gli operatori, necessaria per l'assunzione delle decisioni operative. In tal senso si è optato per la messa a punto di un modello multi dominio, in cui le singole competenze disciplinari convergessero verso un unico obiettivo, attraverso l'individuazione di step logici specifici per l'interazione tra gli attori e livelli ottimali di contrattazione. Il ricorso all'integrazione di molteplici competenze e alla condivisione dell'informazione attraverso protocolli di relazione tra gli operatori coinvolti, è condizione praticabile all'interno del cantiere di recupero edilizio, grazie alle tecnologie informatiche e telematiche per la costruzione, l'archiviazione e la condivisione dei dati. L'uscita progettuale che discende dal modello concettuale, è riconducibile alla prefigurazione di forme di partecipazione a distanza, "remotate", degli operatori coinvolti nel processo di diagnosi, progettazione e attuazione del recupero edilizio, grazie alla messa a punto di protocolli di interazione tra gli attori coinvolti all'interno delle fasi processuali di pre-diagnosi, diagnosi, progettazione, attuazione, manutenzione, in modo da garantire la gestione condivisa dell'informazione e la partecipazione attiva e responsabile nell'assunzione delle decisioni progettuali. All'interno di un processo di innovazione tecnologica, la revisione dei modelli procedurali costituisce condizione essenziale alla base del ripensamento in termini progettuali, anche attraverso azioni di codifica di ruoli e responsabilità. Lo sviluppo di un ambiente integrato per il cantiere edile, attraverso la contemporanea prefigurazione delle attività, delle modalità di circolazione dell'informazione e dei livelli di responsabilità per ciascuno degli attori coinvolti, è funzione diretta al contempo, delle



istanze di salvaguardia dei manufatti edilizi oggi universalmente riconosciute, e delle difficoltà processuali riscontrate, in condizioni contestuali profondamente variabili.

Automatizzare le procedure informative garantendo la rapida ed efficace circolazione di dati in progress, per un processo decisionale concertato, è l'obiettivo principale del cantiere innovativo per il recupero. L'ipotesi tecnologica, trova fondamento nella applicazione di sistemi per il monitoraggio remotato e permanente del sito di lavoro, nonchè la realizzazione di una rete di connessione operativa tra gli attori preposti all'intervento sul patrimonio edilizio esistente in qualità di soggetti gestori, soggetti preposti alla tutela e salvaguardia, proprietari, progettisti o esecutori. L'interazione viene garantita sul piano tecnologico, grazie ad una infrastruttura telematica del tipo LAN (Local Area Network) mediante creazione di una rete geografica. Appropriati protocolli di condivisione dell'informazione e dialogo tra i soggetti coinvolti, garantiscono, al contempo, la circolazione delle informazioni nel rispetto di un predefinito grado di accesso tra i soggetti abilitati, parallelamente rispetto all'assunzione di decisioni strategiche e progettuali secondo apposite regole di interazione per l'elaborazione e la successiva variazione degli scenari progettuali ed attuativi. Particolare ruolo assume il contributo della rete di connessione operativa, sia nelle attività di conoscenza in cantiere dei manufatti su cui il recupero è chiamato ad intervenire, sia nelle attività gestionali quali la pianificazione delle operazioni di cantiere, la documentazione delle attività svolte, la verifica degli esiti raggiunti e delle modifiche prestazionali successive nel tempo. Sul piano tecnologico, il modello concettuale trova concretizzazione grazie alla compresenza all'interno delle strumentazioni fisse che compongono il cantiere, di dispositivi di monitoraggio dei siti, sia permanente che occasionale, quali telecamere orientabili e sensori di contatto e di profondità, dispositivi di videoconferenza per il trasferimento dei dati via via acquisiti. La presenza remotata di esperti per la diagnosi in cantiere nel corso degli interventi di recupero, è un'opportunità specifica, prefigurabile grazie alla messa a punto di software appropriati per la condivisione di dati quantitativi e di immagini grafiche. Le stesse tecnologie di controllo e videoconferenza permettono la sorveglianza a distanza dei siti durante le lavorazioni, con la conseguente diminuzione di numero del personale tecnico direttamente presente in cantiere durante le attività. Il modello concettuale trova anche diretta applicabilità negli interventi di monitoraggio del costruito di particolare pregio storico artistico o in condizioni d'uso eccezionali, al fine di garantire opportunità di pronta e agile manutenzione ordinaria e straordinaria. La condizione che sottende questa ipotesi è l'impianto in modo permanente, delle tecnologie di monitoraggio e della rete Lan tra i soggetti responsabili della gestione e manutenzione dell'edificato, nonchè la installazione in situ dei moduli di base che compongono il cantiere verticale per un rapido ed efficace intervento manutentivo. Grazie alle tecnologie per la condivisione a distanza di applicazioni software e le telecomunicazioni "avanzate", si prefigura la possibilità di creare nuove reti di relazione tra gli attori del processo di recupero e manutenzione, nell'inten-

to di rendere agili, flessibili e competitive, le procedure attuative tradizionalmente caratterizzate da un elevato grado di turbolenza. Le modalità di interazione tra i soggetti coinvolti nel processo di recupero edilizio, vengono pertanto definite e calibrate di volta in volta, grazie alla telematica, in relazione agli specifici obiettivi economici ed organizzativi della singola esperienza operativa, permettendo la flessibilità attuativa delle operazioni di cantiere. Il ricorso integrato a tecnologie mutate dal settore dell'informatica e della telematica con i sistemi avanzati di monitoraggio del patrimonio edificato già disponibili, determina una profonda innovazione di processo che coinvolge le fasi di diagnosi, progetto e attuazione del recupero edilizio, nonché della manutenzione. Il modello prefigurato ha trovato concretizzazione parziale in sede di progettazione esecutiva e prototipazione dei dispositivi di cantiere verticale. La complessità delle relazioni che il modello prefigura tra strutturazione organizzativa degli attori del processo di recupero e supporto tecnologico nell'interfacciamento costituisce un nodo progettuale ancora irrisolto.

L'uscita conseguente l'ipotesi di innovazione è il *cantiere permanente per la manutenzione ordinaria* del patrimonio edificato, basata sull'impiego di moduli di base per il monitoraggio delle modifiche prestazionali registrabili nel tempo e in grado di garantire in modo efficace e poco invasivo l'azione di manutenzione.

TERESA NAPOLITANO  
ALLEGATO

### **Strumentazioni innovative per il cantiere: il caso *Biber* , il caso *Gommage*, il caso *Lama***

L'analisi di strumentazioni innovative esistenti sul mercato e adottate in cantiere per il trattamento delle superfici, rappresenta una fase di studio fondamentale per accogliere in fase di ricerca, sia nuove procedure di razionalizzazione del cantiere, sia per conoscere, nello specifico, tecnologie differenziate di lavorazione per la manutenzione dei fronti edilizi.

In generale, la configurazione dei suddetti sistemi risponde alla necessità di ottimizzare i tempi ed i costi delle lavorazioni attraverso l'impiego di automatismi integrati, la diminuzione delle maestranze coinvolte e le ampie aree di lavoro assicurate. La garanzia di elevati livelli di sicurezza per gli operatori e l'ambiente costituisce, inoltre, una prerogativa comune ai sistemi analizzati.

Le tecnologie esaminate, operanti sulle superfici secondo impatti differenziati, sono le seguenti:

- azione di taglio del sistema di rimozione Biber,
- azione abrasiva del sistema Gommage;
- azione di pulizia selettiva del laser LAMA.

L'analisi dei principi del loro funzionamento e della componentistica è stata stressata ipotizzando, per ciascuna tecnologia, i vantaggi e gli svantaggi derivanti dalla loro adozione per il caso specifico di asportazione di intonaci ammalorati.

## BIBER SYSTEM

L'apparecchiatura semiautomatica, prodotta dall'azienda tedesca Groh, Prishmann & Schulz, trova applicazione per gli interventi estesi di rimozione di intonaco dalle facciate con una capacità di lavoro di mq. 75 di intonaco/ora. Il sistema Biber nasce, infatti, dalla necessità di affrontare in maniera celere il rinnovo dei fronti edilizi a semplice tipologia, considerato l'urgente bisogno, alle soglie del 2000, di praticare la manutenzione delle superfici, stimate di circa 75 milioni di metri quadrati, del patrimonio edilizio tedesco. La strumentazione, basata su una tecnologia di rimozione di tipo meccanico, si compone di tre elementi:

- una piattaforma mobile a coordinate rivolte che, collegata ad un braccio estensibile, consente di movimentare agevolmente l'utensile destinato alla rimozione, con la possibilità di raggiungere i 60 metri di altezza;
- un dispositivo di rimozione e captazione a movimentazione verticale, Biber FK 500, acquisibile quale componente più innovativo del sistema; esso è costituito da un carter-cuffia, di dimensioni 1.400 x 650 x 1.200 mm e peso di kg. 265, in cui alloggia una fresa cilindrica a taglianti elicoidali. La cuffia, che presenta un coronamento a spazzola che consente una perfetta adattabilità ed aderenza alla superficie da rimuovere, consente la raccolta del materiale rimosso che viene convogliato, attraverso un condotto flessibile, e depositato lontano dall'area di lavoro;
- un imponente sistema di aspirazione e raccolta del materiale di risulta, Biber SV 250.

Il sistema di controllo elettronico del Biber viene supportato dall'impiego di uno specifico software IBM compatibile, che permette di coordinare la movimentazione in facciata dell'utensile una volta acquisito il rilievo metrico dell'area di lavoro. Il funzionamento dell'apparecchiatura, nonostante l'elevato livello di automazione, è affidato, per esigenze di sicurezza, al controllo e comando di un operatore.

### VANTAGGI

Il Biber si impone quale sistema finalizzato a razionalizzare alcune operazioni di cantiere abbattendo, nel contempo, i rischi derivanti dalla lavorazione eseguita in modalità manuale (movimentazione di utensileria meccanica, esposizione alle polveri prodotte e alle emissioni acustiche emesse, etc.).

Il sistema di controllo semiautomatico consente, infatti:

- di posizionare e movimentare con estrema precisione l'utensile di rimozione;
- di remotare l'azione di rimozione con positive ricadute per la sicurezza dell'ambiente di lavoro;
- di raggiungere elevati livelli di economia per la notevole capacità di lavoro e per la riduzione delle maestranze coinvolte.

La versatilità dell'apparecchiatura è rilevabile nella movimentazione – l'area operativa può raggiungere un'altezza di 60 metri – e nella possibilità di utilizzarne gli elementi anche separatamente per altre tipologie di lavori.

Di estremo interesse risulta, la componentistica del sistema di captazione e convoglio.

### SVANTAGGI

La modalità di rimozione *a tappeto* e gli ingombri elevati della componentistica mal si coniugano alle peculiari e vulnerabili condizioni contestuali degli edifici situati nei centri storici; le considerevoli dimensioni dello stesso utensile terminale di rimozione lo rendono inapplicabile per i fronti delle fabbriche preindustriali, dove alla ricchezza degli elementi di facciata deve poter corrispondere una puntale e circoscritta modalità di asportazione.

**SURFACE PREPARATION SYSTEM  
"BIBER" ("BEAVER")**

Tipologia di lavoro prevista	Rimozione di intonaco Preparazione delle superfici per il restauro o la finitura	<b>UTENSILE TERMINALE BIBER FK 500</b>	
		Dimensioni	1,400 x 650 x 1,200 mm
Classificazione	Macchina da cantiere per il rifacimento di facciate esistenti	Peso	circa 265 kg
		Impatto esercitato sulla superficie	da 0 a 1000 N
		Capacità di lavoro	fino a 75 m <sup>3</sup> /h
Scopo dello sviluppo prototipale	Risparmio del tempo di lavoro, miglioramento degli esiti finali, salvaguardia dell'ambiente	Area di lavoro	500 mm
		Velocità di rotazione	fino a 2000 giri
Società che ha curato lo sviluppo prototipale	Groh, Prischmann & Schulz, Forschungs-, Entwicklungs- und Vertriebs- GmbH & Co. KG	<b>ASPIRATORE BIBER SV 2000</b>	
		Dimensioni	5,600 x 2,300 x 2,350 mm
Indirizzo	Saalmanstraße 7-9, D-13403 Berlin, Germany	Max margine di altezza	1,900 mm
		Capacità di aspirazione	up to 2 m <sup>3</sup>
		Lunghezza del tubo aspirante	40 m
		<b>PIATTAFORMA TELESCOPICA</b>	
		Massima altezza di lavoro	Fino a 60 m

## IL SISTEMA GOMMAGE

Il cosiddetto *Gommage* è un'esclusiva della ditta francese Thomann – Hanry che effettua una pulizia della superficie degli involucri esterni per strofinamento e non per impatto, limitando al massimo i danni al materiale trattato. La peculiarità di questo sistema è rappresentata dall'estrema finezza degli inerti che, proiettati con aria compressa contro la superficie tendono ad aprirsi a ventaglio: in effetti, considerata la velocità costante della proiezione, i granelli aventi una massa ridotta avranno una massa d'urto praticamente nulla. Avendo l'aria compressa la tendenza a divergere sull'ostacolo porta con sé i granelli che seguendo il flusso d'aria permettono una pulitura per strofinamento, come un peeling in cosmetica.

Un'altra importante caratteristica di questo sistema è che l'applicazione può avvenire senza ponteggi in quanto si utilizzano delle *cabine ventose* che sono sostenute da bracci estensibili collegati a camion elevatori che permettono di raggiungere distanze fino a 32 metri. Ogni cabina si compone di una piattaforma su cui prende posto l'operatore e di potenti aspiratori che attirano la polvere provocata dalla disincrostazione. Il forte risucchio di questi aspiratori permette alla cabina di rimanere aderente alla facciata, in depressione.

### VANTAGGI

Il metodo risulta estremamente economico perché sopprime le impalcature, riduce i tempi di installazione e permette un'esecuzione estremamente rapida: dieci metri lineari in media al giorno per un palazzo di sei piani. Infine l'assenza delle impalcature ed il ripiegamento del braccio telescopico durante la notte garantiscono la sicurezza totale degli occupanti del palazzo per tutta la durata dei lavori. Risulta, inoltre, molto interessante il principio delle *cabine ventose* che fungono da cappe aspiranti in depressione.

### SVANTAGGI

Il sistema viene utilizzato unicamente per la rimozione di sostanze estranee alla superficie da trattare, senza intaccare quest'ultima. La metodologia Gommage risulta, dunque, allo stato attuale, inefficace ai fini della rimozione di intonaco.



Il sistema al lavoro al museo del Louvre, Parigi

## IL SISTEMA LASER LAMA

Negli ultimi decenni la grande versatilità dei sistemi Laser (acronimo di Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), ne ha favorito lo sviluppo nei più svariati settori tra cui quello della pulizia delle opere d'arte. Già agli inizi degli anni '70 alcuni studi hanno consentito di impiegare la quantità di energia del raggio laser per rimuovere uno strato superficiale di *sporco* dalla superficie di un'opera d'arte; pertanto l'uso del laser ha trovato impiego, sinora, in applicazioni di pulitura delle superfici architettoniche o scultoree di modesta estensione, sia per il costo intrinseco che per la sua lentezza. Il progetto di ricerca europeo denominato Lama (Laser manuportable pour le nettoyage des façades courantes et des monuments historiques) finalizzato allo studio e alla realizzazione di un apparecchio laser per la pulitura non distruttiva delle facciate edili e monumentali, ipotizza un suo sviluppo di tipo industriale per le superfici architettoniche estese. L'obiettivo, quindi, è stato quello di creare un apparecchio in grado di reggere la concorrenza dei metodi di pulitura tradizionali sia sotto l'aspetto qualitativo che di economia di costi e di tempi di esecuzione, per poter impiegare il laser non solo nella conservazione e nel restauro storico-artistico, ma anche nella manutenzione delle facciate edilizie comuni.

### VANTAGGI

Il sistema si presta particolarmente alla pulitura dei materiali lapidei chiari coperti da *sporco* più scuro: la superficie chiara riportata alla luce riflette il raggio laser interrompendo il fenomeno dell'assorbimento e, in tal modo, non si surriscalda.

Questo aspetto importante rappresenta il fenomeno di *autolimitazione* dell'applicazione del laser e costituisce il principale vantaggio di questa tecnologia, situandola sicuramente tra le più sicure e controllabili ai fini della tutela delle superfici. Insistendo nell'operazione non si produce alcun tipo di effetto a differenza dei sistemi tradizionali che utilizzano un'azione meccanica per la rimozione dello *sporco*.

Il laser, invece, non interagisce meccanicamente con la superficie, ma produce uno shock termico sulla crosta che ne provoca la vaporizzazione. In questo modo viene liberata progressivamente, attraverso una procedura controllabile, la superficie lapidea sottostante.

Questa capacità selettiva collima con uno dei principali requisiti del progetto di non intaccare il supporto murario durante l'azione asportante.

### SVANTAGGI

Il sistema viene utilizzato unicamente per la rimozione di sostanze cromaticamente differenti dalla superficie da trattare. Ai fini della rimozione di intonaco, essendo l'intonaco di colore chiaro e generalmente non dissimile dal supporto murario, il metodo risulta inapplicabile.





## 2. PREFIGURARE IL CANTIERE VERTICALE

SERENA VIOLA

### 2.1 Il sistema dei vincoli che orientano le scelte progettuali: il cantiere per la rimozione degli intonaci esterni degradati

*Cantiere verticale* è metafora messa a punto per indicare la progressiva smaterializzazione dell'organizzazione tecnica dei luoghi in cui si concentrano le lavorazioni tese al recupero edilizio, tradizionalmente basate sull'impiego di strumentazioni ed attrezzature "invasive", "pesanti" e "sporche". La delocalizzazione delle attività cognitive e decisionali, delineata attraverso il modello di informazione e decisione, trova diretta corrispondenza all'interno del sito di lavoro con la prefigurazione di soluzioni tecniche mirate alla riconfigurazione spaziale e logistica del cantiere. La strategia che sottende quest'azione ha fondamento nell'ipotesi di integrare e potenziare tecnologie già esistenti, al fine di contenere gli impatti indotti dalle azioni di recupero rispetto ai manufatti edilizi. Contemporaneamente alla prefigurazione di nuovi scenari logistico-gestionali per la conduzione delle attività di recupero edilizio, si delinea un'ipotesi di tecnologie dedicate, per l'esecuzione di operazioni mirate sul manufatto edilizio, in grado di interagire con la materialità del sito, in modo puntuale e localizzato, rapido, poco traumatico sia per l'edificio che per gli utenti che ne fruiscono.

La scelta dell'aggettivo "verticale" riferito ad un cantiere che interessi l'involucro esterno dell'edificato, discende dall'ipotesi di delimitare l'area di intervento a fasce di superficie ristretta, in cui concentrare tutte le operazioni, in modo da favorire la fruibilità per gli utenti del sito di lavoro, contenendo in uno spazio sostanzialmente ridotto, rispetto a quello tradizionalmente invaso da attrezzature e strumentazioni, la nuova tecnologia per il recupero. Discende dalla revisione degli ingombri totali e dal ripensamento delle dinamiche di interazione tra personale, strumentazioni, mezzi, la riconfigurazione della cinematica di cantiere.

In quest'ottica, aspetto connotante lo scenario progettuale è l'integrazione delle attività tradizionalmente esercitate sul costruito esistente da operatori manuali, in un processo complessivo continuo, concatenato, grazie all'integrazione di sistemi meccanici ed elettronici in grado di eseguire e controllare le azioni<sup>1</sup>. Lo scenario progettuale prefigurato, è fortemente influenzato dall'ipotesi di dislocare in un'area lontana da quella di lavoro, la funzione del controllo operativo delle attività in corso di svolgimento. Questa opportunità determina la modificazione del modo di gestire le operazioni, quando l'ipotesi di remotare i controlli, favorisce una gestione a distanza del cantiere di recupero. Al contempo, lo sforzo di fornire le dotazioni di cantiere di un sistema intelligente di supporto alle decisioni del progetti-

<sup>1</sup> "Metodologicamente, il principio fondamentale dell'automazione è l'integrazione dei singoli processi della produzione finora discontinui in un processo complessivo continuo, concatenato, che viene eseguito per mezzo di sistemi combinati di macchine speciali e di macchine utensili di estrema precisione tecnica, e viene diretto e sorvegliato da apparecchi elettronici". Cfr. Pollock F., *Automazione*, Einaudi, Torino, 1970

sta, costituisce un primo passo verso il conseguimento di una matura automazione del cantiere per il recupero.

L'occasione per la revisione progettuale degli approcci e delle tecnologie impiegati nel cantiere di recupero edilizio, è stata fornita dall'esigenza di mettere a punto un progetto di apparecchiatura semiautomatica per la rimozione degli intonaci esterni, significativamente interessati da fenomeni di degrado<sup>2</sup>. Nell'ipotesi di sviluppare una tecnologia in grado di agire in corrispondenza delle facciate esterne di edifici situati in centri storici, agendo puntualmente su porzioni di intonaco degradato, salvaguardando le parti in buone condizioni di consistenza materiale e di aderenza al supporto, si è portato avanti un progetto teso a enfatizzare le istanze di controllo a distanza dell'intervento, precisione dell'azione, salvaguardia delle condizioni di sicurezza per gli operatori del cantiere edile. La crescente richiesta di precisione attuativa, coordinamento delle operazioni di cantiere, contenimento di tempi e costi negli interventi di manutenzione e riqualificazione del patrimonio edilizio esistente, costituisce la motivazione a fondamento di una riflessione circa le limitazioni alla modificazione delle tradizionali procedure operative, nell'ambito della determinazione di scenari di innovazione per il settore. La prefigurazione di soluzioni metaprogettuali in grado di soddisfare le esigenze sopra menzionate, è funzione della possibilità di procedere all'individuazione dell'insieme di vincoli strumentali e operativi esogeni ed endogeni, rispetto alle tecnologie proposte. La determinazione di quest'ultimi è condizione indispensabile per il soddisfacimento, all'interno della dinamica di progettazione, delle istanze espresse da tutti gli attori del processo.

Assumendo come oggetto di studio, le tecnologie a supporto di un intervento da realizzarsi all'interno del cantiere per il costruito esistente, l'analisi dei vincoli in grado di orientare la prefigurazione per l'innovazione, prende in considerazione le limitazioni imposte dal sito, quelle determinate dall'oggetto costruito, nonché quelle espresse direttamente dagli operatori del recupero edilizio siano essi progettisti, esperti di diagnosi, tecnici, operai. Relativamente a quest'ultimi è necessario prendere in considerazione il comune atteggiamento di sfiducia e rifiuto nei confronti di ogni novità a fondamento del ritardo nell'introduzione di tecnologie innovative (sia hard che soft) che connota il settore del recupero edilizio. La progettazione di attrezzature di cantiere, e la definizione di procedure di lavoro di tipo automatico, deve mediare tra conservazione e innovazione di metodi e prassi, in modo da favorire l'accettazione e il recepimento da parte dei destinatari. La motivazione a fondamento dell'atteggiamento di rifiuto dell'innovazione, può essere ricondotta alla frattura inferta alle procedure di intervento sul patrimonio edilizio

---

<sup>2</sup> Il progetto di apparecchiatura è stato elaborato all'interno della linea di ricerca "Identificazione di una apparecchiatura semiautomatica per la rimozione degli intonaci", del progetto MURST "Tecnologie e prodotti per il rifacimento degli intonaci per la manutenzione delle superfici esterne degli edifici nei centri storici", negli anni tra il 1998-2000, dai ricercatori del Consorzio Corited, Consorzio Nazionale di Ricerca e Formazione sulle Tecnologie per la Costruzione e la Salvaguardia delle Strutture Edilizie.

esistente nel corso del '900, con l'introduzione di sistemi e tecnologie caratterizzati da nuovi principi strutturali e costruttivi. Ad una continuità materica e procedurale che nel corso dei secoli aveva contrassegnato il settore delle costruzioni, l'introduzione di nuovi materiali e nuovi sistemi di messa in opera, sovrappone una dinamica di evoluzione di settore sempre più rapida ed intensa, con il conseguente oblio di prassi manutentive e di conservazione. L'intervento sul patrimonio edilizio esistente "di antico regime", per quanto studiato e praticato nel corso degli ultimi cinquanta anni in modo sempre più approfondito, con l'ausilio di tecnologie sofisticate, resta tuttavia relegato all'interno di un settore operativo di nicchia. Il ricorso a sistemi e tecnologie sperimentali viene perseguito solo in casi eccezionali, in presenza di progetti finanziati, o di operatori particolarmente sensibili a un approccio esecutivo specifico.

### 2.1.1 Vincoli esogeni ed endogeni

Ricorrendo ad una classificazione teorica, si considerano le limitazioni progettuali, indotte rispetto all'utilizzo di tecnologie innovative all'interno del sito di lavoro, come vincoli esogeni. Quest'ultimi discendono:

- dalla localizzazione geografica, climatica e microclimatica del sito in cui è collocato il cantiere,
- dall'ubicazione del sito di lavoro rispetto al centro storico,
- dalla configurazione geometrica e materica dell'edificio,
- dal dimensionamento del sito di lavoro,
- dalla praticabilità del cantiere,
- dalla possibilità di operare in contemporanea più lavorazioni.

In un'ipotesi di innovazione per il cantiere, basata sul ricorso all'elettronica di precisione, alla meccanica, ed ai sistemi integrati di gestione delle lavorazioni, il microclima del sito in cui sorge il cantiere costituisce una delle variabili in grado di incidere rispetto alle scelte progettuali, sia per quanto concerne le temperature raggiunte, che le ombre offerte e la piovosità nelle varie stagioni. Questo tipo di informazioni sono importanti, da un lato, nella selezione dei materiali da utilizzare per apparecchiature e strumentazioni destinate a essere stoccate in un'area all'aperto, sia, dall'altro, per l'eventuale progettazione di sistemi di protezione per postazioni che prevedano presenza fissa dell'operatore.

L'orografia e l'assetto viario dei centri storici italiani caratterizzati da un'esiguità dimensionale delle sezione stradale e dall'assenza di spazi di sosta, costituisce una tra le limitazioni più significative rispetto all'elaborazione di soluzioni progettuali compatibili con le finalità e modalità procedurali proprie del recupero edilizio. Il sussistere all'interno dei centri storici di complesse situazioni di stratificazione, sia sul piano delle preesistenze storiche che sociali, costituisce lo sfondo di riferimento per la prefigurazione di situazioni poco invasive sul piano dell'impatto. Le proposte di innovazione tecnologica, più significative realizzate finora sono state elaborate in uno scenario di vincoli esclusivamente endogeni, non relazionati al contesto. E' questo il caso sia del il cantiere costruttivo automatico giapponese

SMART<sup>3</sup>, che del sistema per la rimozione di intonaco Biber<sup>4</sup>, in grado di operare sulle superfici lisce proprie di edifici privi di aggetti o rientranze, di cornici o balconi. Si riporta di seguito un elenco ragionato di condizioni di vincolo giudicate esogene:

- vincoli morfologici dell'ambiente artificiale-accessibilità al sito; i maggiori vincoli, sono posti dalla natura morfologica e dimensionale, dei centri storici, in particolare dalle strade strette e tortuose, dalla presenza di tracciati gradonati. Il sistema progettato deve essere caratterizzato da dimensioni operative minime, in modo da consentirne il trasporto per parti, con l'ausilio di un vettore mobile di dimensioni contenute. Le caratteristiche di ingombro e massa che determinano la trasportabilità del sistema nella configurazione minima, dovranno allinearsi al massimo a quelle esistenti sul mercato;
- vincoli morfologici-funzionali del sito di cantiere-praticabilità del cantiere; la compresenza di innumerevoli attività di tipo commerciale, artigianale e residenziale, unitamente alle caratteristiche anguste e complesse dell'assetto viario, determinano i vincoli di riferimento per la definizione dei requisiti dimensionali e funzionali rispetto alla praticabilità del cantiere di recupero;
- vincoli morfologici-funzionali dell'edificio-operatività delle tecnologie previste; i vincoli indotti dall'edificio e dalle interazioni con le tecnologie di intervento, possono essere ricondotti a: vincoli derivanti dalle caratteristiche geometriche, dimensionali e morfologiche dell'edificio, e vincoli derivanti dalle caratteristiche geometriche, dimensionali e morfologiche dell'immediato intorno (adiacenze edilizie dell'edificio, del piano di giacenza – lineare continuo, discontinuo, in pendenza, in gradonate).

Dalla riflessione critica circa queste limitazioni progettuali emerge in modo evidente la necessità di impostare la progettazione di strumentazioni per il cantiere secondo il principio della flessibilità dimensionale, a partire da un'unità operativa minima, in modo che il sistema in esame risulti, di volta in volta, componibile in relazione alle varie realtà ubicazionali e localizzative. La morfologia degli spazi urbani e di cantiere, rappresenta un dettame inderogabile ai fini di una prefigurazione dimensionale dell'apparecchiatura per la rimozione di intonaci e, in modo particolare, del sub-sistema di posizionamento. Una delle primarie finalità delle tecnologie prefigurate sono il rispetto e la salvaguardia del delicato equilibrio vigente all'interno dello spazio antropizzato. Sul piano metodologico, l'enucleazione delle condizioni di vincolo è stata messa a punto attraverso l'assunzione casi studio reperiti all'interno dei centri storici dei comuni sotto la giurisdizione della Soprintendenza per i Beni Ambientali Paesaggistici e per il Patrimonio Storico Artistico e Demoetnoantropologico di Salerno e Avellino. La selezione di quest'ultimi è stata condotta sulla scorta di valutazioni circa l'emblematicità delle situazioni presentate dai singoli cantieri, in relazione all'articolazione della rete viaria dei centri antichi, in relazione ai dislivelli, alle stradine, ai luoghi impervi presenti.

<sup>3</sup> Smart System per automatizzare la costruzione, attraverso autoinnalzamento dei piani per edifici di grandi altezze SHIMIZU CORPORATION TECHNOLOGY DIVISION, GIAPPONE.

<sup>4</sup> Cfr., cap1, Allegato.

## VINCOLI IMPOSTI DALLA MORFOLOGIA DEGLI SPAZI

### Percorribilità:

- dimensione dei passaggi carrabili
- raggi di curvatura
- impedimenti in altezza
- salti di quota (località in pendio, punti panoramici)
- fondo stradale irregolare

### Accessibilità:

- dimensione dei passaggi pedonali
- passaggi coperti
- pendenze elevate
- rampe

### Morfologia della facciata:

- articolazione geometrica e materica
- bucatore
- sporti

## VINCOLI IMPOSTI DALL'USABILITÀ DEGLI SPAZI

### Destinazione d'uso:

- destinazione d'uso ufficiale dello spazio pubblico (presenza di mercati, parcheggi, etc.)
- destinazione d'uso come "potenziale" dello spazio
- uso corrente dello spazio pubblico
- attrezzature urbane fisse

### Gestione del cantiere di recupero:

- compatibilità con piano di avanzamento lavori
- connessione a sorgenti di potenza (distanza e dislocazione)
- coerenza della potenza erogata
- allacciamento idrico

### Salvaguardia del contesto

- coordinamento tra piano di avanzamento lavori ed esigenze della collettività
- tutela degli elementi di valore storico, artistico e simbolico

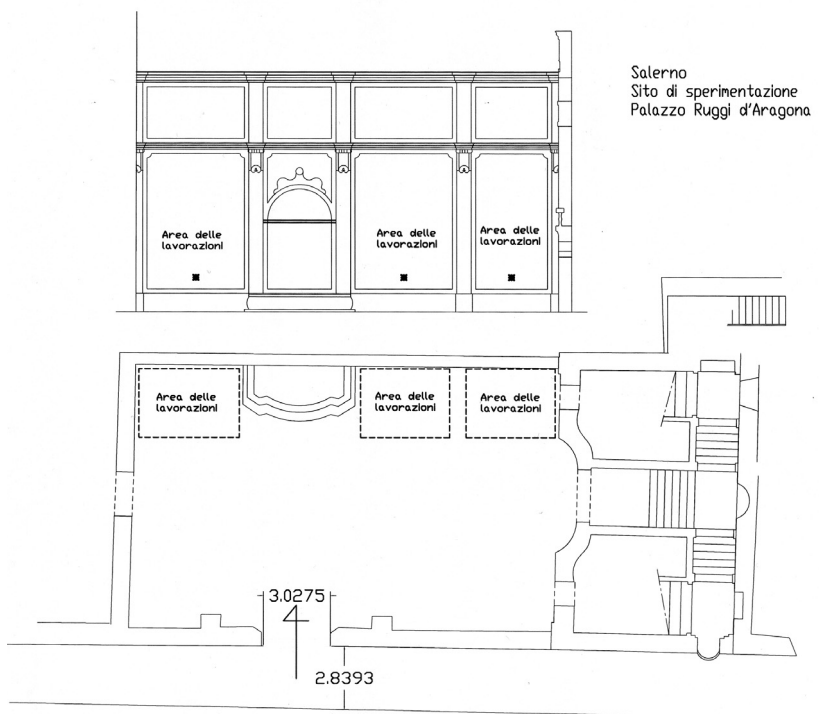
Attraverso la concettualizzazione delle informazioni desunte dall'esame diretto della morfologia dei siti di lavoro e dei volumi di lavoro, si è desunta la schematizzazione che segue, circa l'insieme di vincoli che deve informare la progettazione del cantiere verticale. L'esame dei siti campione, ha permesso di individuare nella morfologia dello spazio di lavoro, un'ulteriore condizione di vincolo in grado di limitare il dimensionamento, la geometria, le modalità di svolgimento delle operazioni di lavoro, il montaggio e lo smontaggio del sistema. Si riporta di seguito l'esame ragionato, desunto sulla scorta dell'analisi dei siti campione, delle caratteristiche morfologiche del cantiere che incidono rispetto alla progettazione. Un aspetto problematico per la gestione di operazioni di cantiere in modalità automatica, desunto dall'analisi dei siti campione è connesso con la necessità di conciliare lo stato di avanzamento dei lavori con le esigenze di fruibilità degli utenti

del sito di lavoro. Discendono da ciò, vincoli di natura dimensionale per l'apparecchiatura indotti dall'istanza di controllare l'ingombro delle tecnologie sia in corrispondenza della facciata che del piano di calpestio. Il vincolo può trovare diretta specifica nella prefigurazione di un layout di cantiere secondo un assetto verticale, con l'occupazione temporanea di spazi limitati sul piano orizzontale privilegiando l'invasività lungo la direttrice dell'altezza dell'edificio.

L'esame integrato dei siti campione ha messo in evidenza che:

- la dimensione minima rilevata per le strade deve essere assunta come parametro vincolante per il dimensionamento degli ingombri e la definizione delle traiettorie di movimentazione di un sistema chiamato a lavorare perpendicolarmente rispetto alle facciate esterne degli edifici all'interno dei centri storici;
- la dimensione degli oggetti deve essere assunta come parametro vincolante per la progettazione dell'asse perpendicolare alla facciata su cui si opera la rimozione di intonaco;
- la profondità minima dei sagrati delle chiese deve essere assunta come parametro vincolante per la prefigurazione dei ranges di operabilità dell'asse di rimozione;
- l'accessibilità alle facciate di fabbriche recintate o accessibili attraverso

### VINCOLI IMPOSTI DALLA MORFOLOGIA DEGLI SPAZI



- rampe può essere inficiata dall'ampiezza minima dei varchi che costituisce un dato da considerare ai fini della dimensione minima dell'apparecchiatura in condizione di riposo;
- la presenza di scale o forti dislivelli comporta la necessità di predisporre sistemi in grado di svolgere un'azione di stabilizzazione ad una medesima quota del sistema o del supporto con conseguenze anche sui tempi di montaggio e smontaggio della strumentazione.

VINCOLI ESOGENI	REQUISITI DI PROGETTO
Morfologia dei tracciati viari del centro storico	Flessibilità del sistema rispetto alla variabilità del piano di posa orizzontale; Minimo ingombro del sistema a livello basamentale; possibilità di cantiere 'aereo' o a ponte.
Morfologia dell'assetto viario	Controllo dei livelli di imposta dell'assetto del sistema rispetto all'origine assoluta degli assi di riferimento.
Sistema sociale	Accessibilità parziale al livello stradale in sicurezza nel caso di compresenza di attività artigianali e commerciali al livello basamentale dell'edificio;  Sicurezza d'utenza con particolare cura della delimitazione tra area del cantiere e area di libera fruizione, segnalazione luminosa o sonora all'intrusione e di interruzione delle lavorazioni in caso di pericolo; Sicurezza d'utenza con protezione dalla proiezione di materiali derivanti dalle lavorazioni.
Attività di scarico e montaggio attrezzature di cantiere	Facilità di trasporto e montaggio dei componenti da utilizzare per le lavorazioni in cantiere.
Ingombro e dimensionamento delle attrezzature di cantiere	Scomponibilità in sub-sistemi; Modularità dei componenti; Compatibilità di sistema; Integrabilità con dispositivi specifici.
Morfologia del volume di lavoro	Possibilità di effettuare "traguardo" o "perimetrazione" dei volumi interessati dalle lavorazioni per un controllo "in automatico"; Salvaguardia delle geometrie, degli oggetti e sporti; Test preliminari per prevenire danni e verificare l'operatività.

## VINCOLO: MORFOLOGIA DEL VOLUME DI LAVORO

Aggetti	Si propone una classificazione degli aggetti in: logge, terrazzi, balconi ed elementi di protezione o decorazione lineare o puntuale (cornicioni, elementi decorativi di pietra). Assumendo la presenza di questi elementi come condizione di limitazione rispetto alla prefigurazione progettuale di un'apparecchiatura da utilizzare nelle operazioni di rimozione degli intonaci, significa predisporre che ogni azione di sollevamento lungo l'asse verticale e di traslazione orizzontale sia compatibile con la salvaguardia delle peculiarità di facciata e la oggettiva praticabilità del sistema di rimozione. Dovrà essere previsto il posizionamento dell'impianto della piattaforma anche a relativa distanza dalla superficie di adiacenza all'edificio con opportune passerelle estensibili di contatto. Il montaggio dovrà essere effettuato dopo le operazioni di traguardo dell'edificio per evitare danneggiamenti imprevisi durante le fasi di rimozione dell'intonaco. Nel caso di terrazze molto profonde corrispondenti a coperture di volumi sottostanti, il sub-sistema di supporto dell'apparecchiatura dovrà essere montato con opportune ripartizioni di peso.
Adiacenze	La estrema variabilità delle condizioni di contesto in cui si inserisce il cantiere per il recupero è parametro che condiziona le scelte progettuali per l'apparecchiatura.
Impianti	La presenza in facciata di numerosi elementi impiantistici stratificati nel tempo e senza alcun controllo è una caratteristica di molti edifici storici (tubature, cavi, cassette).
Basamento	Il basamento dell'edificio costituisce un'area di criticità nel cantiere, sia per la compresenza di funzioni di uso differenti legate all'installazione delle dotazioni tecnologiche, alla molteplicità di lavorazioni, che per la presenza talvolta degli utenti.
Bucature	La presenza di davanzali, ornie, piedritti e le caratteristiche del sistema degli infissi costituisce un'occasione di interruzione all'interno del processo di lavorazione della superficie muraria. Per quanto concerne il sub-sistema di supporto dell'apparecchiatura, è necessario tener in conto all'atto della progettazione delle condizioni di montaggio in cantiere delle distanze da mantenere dalle superfici di contatto della muratura.
Stratificazioni	La presenza di elementi stratificati nel tempo e superfetazioni (verande, scale esterne, corpi aggiunti) aggiunge complessità al sistema dei vincoli. Rispetto a queste possibilità è opportuno prevedere, nel caso di piattaforme su colonna, la possibilità di una unità operativa monocolonna, di minimo ingombro e peso, in modo da poter rispondere anche alle situazioni lavorative più restrittive.
Ancoraggi	Nel caso di interventi su parti di intonaco degradate ubicate ad altezze superiori ai 6-7m, il sub-sistema di supporto dell'apparecchiatura per la rimozione necessita di ancoraggi per l'irrigidimento della luce libera. Quest'ultimi vengono effettuati fissando la struttura principale del supporto al limite superiore della muratura. Nel caso di tetti spioventi o di cornicioni particolarmente fragili è preferibile ricorrere ad ancoraggi intermedi. Gli ancoraggi intermedi lungo lo sviluppo della facciata rappresentano la soluzione più ricorrente, ma determinano aree d'ombra in cui la lavorazione è difficoltosa.
Caratteristiche del piano di giacenza dell'edificio	Il contesto in cui sorge il sistema edificio può avere diverse configurazioni morfologiche; il sistema dovrà prevedere la possibilità di discontinuità nella quota dell'impianto viario su cui insiste la facciata (nel caso dei sistemi a colonna si ricorre ad appoggi a quote diverse) attraverso dispositivi di autolivellamento.



Edifici campione	Ampiezz e mini- me stra- de (cm)	Ampiez ze var- chi (cm)	Larghezz a scale (cm)	Vincoli di oggetto (cm)		Note
				Balconi	Cornici	
Chiesa di San Lorenzo, Salerno	800	330	-	100	50	
Chiesa di Sant' Andrea de' Lavinia, Salerno	200	-	-	-	70	Il sagrato presenta un dis- livello dal piano stradale di cm200 e una larghezza minima di cm100.
Complesso di Santa Maria della Mercede, Salerno	180	-	300	20	-	L'ampiezza della strada viene ridotta dagli aggetti dei balconi del complesso e di quelli appartenenti al prospetto opposto di cm50.
Palazzo Fruscione, Salerno	150	-	-	55	50	
Camera di Commercio, Salerno	900	-	-	80	120	
Chiesa di Santa Maria SS. dell'Addolorata, Salerno	400	-	200	-	80	Il sagrato presenta un dis- livello dal piano stradale di cm350 e una larghezza di cm350. Il corpo della chiesa pre- senta una rientranza di cm400 in corrispondenza del secondo ordine.

Palazzo Ruggi d'Aragona, Salerno	210	280	-	20	-	La cortina interna del cortile viene interrotta dalla vasca della fontana monumentale che aggetta di cm190 per una lunghezza di cm500.
Certosa di Padula, Padula (SA)	300	240	-	100	30	La struttura presenta un varco di accesso di cm240.
Villa Rufolo , Ravello (SA)	120	-	170	60	30	La struttura presenta una fascia rialzata adiacente al prospetto di larghezza cm60 .
Duomo di San Pantaleone, Ravello (SA)	500	-	-	-	40	Il sagrato presenta un dislivello dal piano stradale di cm260 e una larghezza di cm460. Il corpo della chiesa presenta una rientranza di cm660 in corrispondenza del secondo ordine.
Duomo di San Lorenzo, Scala (SA)	250	-	-	-	40	Il sagrato presenta un dislivello dalla quota stradale di cm50 e una larghezza di cm260.
Palazzo Vinciprova, Pioppi (SA)	300	-	-	330	terrazzo	Il palazzo presenta una particolare morfologia strutturale riscontrabile nei fuori piombo delle strombature dei torrioni di cm70 – 110.
Complesso di Santa Maria dell'Assunta di Castellabate, Castellabate (SA)	120	-	120	80	120	

Attraverso l'analisi integrata dei vincoli e dei requisiti di progetto è possibile, prefigurare alcune delle specifiche di progetto.

SPECIFICHE DI PROGETTO			
Vincoli	Specifiche dimensionali	Ricadute sul sistema-apparecchiatura	Possibile scenario progettuale
Ampiezza minima delle strade	cm120	Dimensionamento e volume di lavoro del sub-sistema di posizionamento	Asse perpendicolare alla parete di circa cm70.
Ampiezza minima delle strade ridotta della dimensione di eventuali sporti appartenenti alla facciata interessata all'intervento e/o al fronte opposto	cm120 a cui vanno sottratti circa cm50	Dimensionamento e volume di lavoro del sub-sistema di posizionamento	Asse perpendicolare alla parete di circa cm70.
Profondità minima dei sagrati	cm100	Dimensionamento dell'ingombro alla base	Il limite massimo di ingombro per la profondità della base dell'apparecchiatura è di cm100.
Ampiezza minima dei varchi di accesso a	cm240	Dimensione minima dell'apparecchiatura in condizione di riposo	Il limite massimo di ingombro dell'apparecchiatura in condizioni di riposo è di cm240.
Presenza di aggetti (balconi, cornici)	cm20-120	Dimensionamento e volume di lavoro del sub-sistema di posizionamento	Dall'analisi dimensionale è emerso che il valore maggiore in aggetto (cm120) viene raggiunto con le cornici localizzate a coronamento degli edifici, al di sopra delle quali l'apparecchiatura non deve operare; ciò implica la necessità di confrontarsi con il parametro più incidente della dimensione dei balconi di circa cm60-70. Da ciò discende il dimensionamento dell'asse perpendicolare alla parete di circa cm70.
Presenza di scale in adiacenza alle facciate	Presenza sporadica con una dimensione minima in larghezza di cm 120	Stabilità dell'intero sistema	La stabilità può essere raggiunta attraverso l'uso di distanziatori come, ad esempio, delle comuni basette utilizzate oggi il montaggio dei ponteggi.

Dimensioni massime delle sporgenze in pianta	Larghezza cm500, profondità cm190	Modalità di rimozione	La rimozione potrebbe essere realizzata per fasce verticali adiacenti che scavalcano l'ingombro o con l'utilizzo di un doppio montante del sistema-piattaforma che scapola l'impedimento.
Superfici inclinate	Fuori piombo di cm70	Modalità di rimozione	La rimozione potrebbe effettuarsi modalità stereometrica.

Altro fattore che condiziona l'intero sistema è l'altezza degli edifici su cui è necessario operare; quest'ultimo, coinvolgendo direttamente il sistema di supporto dell'apparecchiatura per la rimozione degli intonaci, costituisce un vincolo per la progettazione e la stabilità del sistema.

Facendo riferimento ai siti campione adottati per la definizione delle condizioni di vincolo, si riportano, nella tabella che segue, le altezze massime delle fabbriche, differenziandole dai corpi isolati dei campanili e delle torri, di altezza più pronunciata.

EDIFICI	ALTEZZA MASSIMA (M)	ALTEZZA ELEMENTI DI RILIEVO CAMPANILI, TORRI (M)
Chiesa di San Lorenzo – Salerno	16	18
Chiesa di Sant'Andrea de' Lavinia – Salerno	13	21
Complesso di Santa Maria della Mercede – Salerno	13	-
Palazzo Fruscione – Salerno	23	-
Camera di Commercio – Salerno	26	-
Chiesa di Santa Maria SS. dell'Addolorata – Salerno	24	-
Palazzo Ruggi d'Aragona – Salerno	21	-
Certosa di Padula – Padula (SA)	17.50	-
Villa Rufolo – Ravello (SA)	8.50	12.50
Duomo di San Pantaleone – Ravello (SA)	24	38
Duomo di San Lorenzo – Scala (SA)	20	23
Palazzo Vinciprova – Pioppi (SA)	12	-
Complesso di Santa Maria dell'Assunta di Castellabate – Castellabate (SA)	14	23

In ragione di suddetti valori massimi e minimi, ai fini della progettazione del prototipo è possibile avanzare una prima ipotesi di operabilità del sistema fino ad una quota di circa 20 metri.

Ai fini dell'analisi delle condizioni ambientali ottimali per il funzionamento dell'apparecchiatura, è necessario operare una distinzione tra il sub-sistema di controllo e la parte strettamente meccanica del sub-sistema di posizionamento e di rimozione.

Si riportano, di seguito, i principali valori nominali, entro cui il sistema può espletare in modo ottimale il controllo, la movimentazione e l'azione di rimozione:

SUB-SISTEMA DI CONTROLLO		
GRANDEZZE AMBIENTALI	VALORI LIMITE	NOTE
Temperatura (gradi)	-5° / +40°	Per l'armadio di controllo è necessario integrare il sistema con un climatizzatore o un sistema di ventilazione; ciò al fine di non surriscaldare i circuiti in caso di prolungata esposizione alle radiazioni solari.
Umidità relativa	95%	L'armadio di controllo e i dispositivi per il cablaggio, sono progettati in modo da soddisfare il requisito di tenuta all'acqua; in particolare l'armadio di controllo dovrebbe essere munito di un dispositivo preposto alla deumidificazione interna.
Pioggia	-	
Interferenze magnetiche	-	Non incidenti
Agenti aggressivi	-	Non incidenti
Vibrazioni	-	Non incidenti

SUB-SISTEMA DI POSIZIONAMENTO		
GRANDEZZE AMBIENTALI	VALORI LIMITE	NOTE
Temperatura (gradi)	-5° / +40°	
Umidità relativa	70%	I dispositivi meccanici devono essere realizzati in modo da soddisfare il requisito di tenuta all'acqua e all'umidità.
Pioggia	-	
Interferenze magnetiche	-	I dispositivi devono essere conformi alle disposizioni dettate dalla Direttiva sulla Compatibilità Elettromagnetica entrata in vigore il 1° di gennaio del 1996. Per compatibilità elettromagnetica (EMC) si intende la capacità di un dispositivo elettrico o elettronico, di funzionare correttamente senza disturbare l'ambiente circostante e senza esserne disturbato.
Agenti aggressivi	-	In generale i contaminanti veicolati a mezzo dell'atmosfera non sono da ritenersi compromettenti per la funzionalità meccanica del sistema; solo la presenza di depositi a base salina può provocare l'insorgere di grippaggi per eccesso di attrito. Ciò può verificarsi nel caso di cantiere localizzato in prossimità di esalazioni marine. Il problema è, comunque, risolvibile ricorrendo all'uso di dispositivi di protezione da impiegare nella fase di immagazzinamento dell'apparecchiatura.

Vibrazioni	< 100 hz	Il valore indicato si riferisce a due principali sorgenti di vibrazioni da sottoporre a controllo in fase di sperimentazione: una sorgente relativa all'attrito che si sprigiona durante l'azione di rimozione e l'altra relazionata alla movimentazione del subsistema di posizionamento e del sistema piattaforma.
------------	----------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

L'analisi dei valori limite per il funzionamento di un'apparecchiatura per il cantiere di recupero, è sottoposta alla determinazione dei dati climatici propri della località di validazione del prototipo di sistema. I dati climatici del capoluogo di Salerno, sono stati assunti come termine di riferimento nella progettazione.

#### DATI CLIMATICI DELLA CITTÀ DI SALERNO

Altezza sul livello del mare (m)		4
Latitudine		40° 40'
Longitudine		14° 46'
Gradi giorno (GG)		994
Zona climatica		C
Velocità del vento (m/s)		1,8
Direzione prevalente del vento		SO
Zona di vento		3
Umidità dell'aria*	Autunno	64%
	Inverno	66%
	Primavera	67%
	Estate	64%
Piovosità*	Autunno	mm 109,27
	Inverno	mm 74,21
	Primavera	mm 38,6
	Estate	mm 27,29

\*Tali valori sono stati forniti dalla stazione meteorologica di Capo Palinuro (SA)

#### VALORI MEDI MENSILI

Mese	Te <sup>4</sup> [°C]	Hdh <sup>4</sup>	Hbh <sup>5</sup>	Hs <sup>6</sup>	Hso/se <sup>7</sup> [MJ/m <sup>2</sup> ]	He/o <sup>8</sup>	Hno/ne <sup>9</sup>	Hn <sup>11</sup>
Gennaio	10,4	3,0	3,0	9,3	7,4	4,6	2,3	2,1
Febbraio	11,3	4,0	4,2	9,7	8,3	6,0	3,5	2,8
Marzo	13,5	5,5	6,4	10,2	9,9	8,2	5,4	3,9
Aprile	16,5	7,0	8,7	9,4	10,7	10,4	7,8	5,4
Maggio	20,1	8,0	11,7	9,0	11,4	12,6	10,4	7,6
Giugno	23,9	8,2	14,6	9,0	12,2	14,4	12,3	9,3

<sup>4</sup>Te Temperature esterne

<sup>5</sup>Hdh Irradiazione solare giornaliera media diretta sul piano orizzontale

<sup>6</sup>Hbh Irradiazione solare giornaliera media diffusa sul piano orizzontale

<sup>7</sup>Hs Irradiazione solare globale sul piano verticale su superficie esposta a Sud

<sup>8</sup>Hso/se Irradiazione solare globale sul piano verticale su superficie esposta a SO-SE

<sup>9</sup>He/o Irradiazione solare globale sul piano verticale su superficie esposta a Est-Ovest

<sup>10</sup>Hno/ne Irradiazione solare globale sul piano verticale su superficie esposta a NO-NE

<sup>11</sup>Hn Irradiazione solare globale sul piano verticale su superficie esposta a Nord

Luglio	26,5	7,6	16,2	9,7	13,1	15,2	12,6	8,9
Agosto	26,6	6,9	13,8	10,8	13,3	13,7	10,3	6,6
Settembre	24,1	5,9	9,6	11,8	12,2	10,7	7,1	4,5
Ottobre	19,9	4,4	6,7	12,7	11,1	8,1	4,5	3,3
Novembre	15,7	3,2	3,7	10,3	8,3	5,3	2,7	2,3
Dicembre	12,2	2,7	2,6	8,4	6,7	4,0	2,1	1,9

Si precisa l'importanza della direzione e la velocità del vento prevalente ai fini della stabilità dell'apparecchiatura; mentre i valori dell'irraggiamento sono da valutare al fine di arginare fenomeni di surriscaldamento per i dispositivi di governo e controllo.

L'insieme di condizioni che incidono in termini negativi sul trasferimento tecnologico di sistemi e dispositivi dal settore industriale a quello edilizio, sono assunte quali vincoli endogeni per il progetto. In particolare, prendendo atto della natura del cantiere di recupero come sito di lavoro poco strutturato, si identificano i vincoli nell'insieme di soluzioni progettuali che permettono di mediare tra le istanze delle lavorazioni in automatico e la variabilità delle situazioni contestuali in cui le attrezzature possono essere utilizzate. In questo modo, i vincoli endogeni sono riconducibili all'insieme di parametri che garantiscono la flessibilità del sistema tecnologico progettato. I vincoli endogeni sono funzione della:

- natura e caratteristiche del trasferimento tecnologico perseguito per progettare l'innovazione,
- tipologia della lavorazione da eseguire,
- compatibilità degli elementi reperibili sul mercato con la funzionalità generale prefigurata e la possibilità di corretto interfacciamento dei vari dispositivi impieghi tra essi stessi e con parti originali,
- integrabilità di sistema tra dispositivi differenti.

I vincoli endogeni influiscono direttamente sull'elaborazione progettuale del sistema di dotazioni tecnologiche per il cantiere di recupero, influenzando direttamente la manovrabilità e programmabilità del sistema, nonché i tempi di svolgimento dei compiti.

VINCOLI ENDOGENI	REQUISITI DI PROGETTO
Flessibilità tecnologica	Programmabilità delle operazioni di volta in volta; Possibilità di sospendere le operazioni in automatico e procedere in modo manuale; Prefigurazione di sensori in grado fornire alle apparecchiature, l'insieme di informazioni specifiche per il sito di lavoro.
Compatibilità all'integrazione con altri materiali o altri dispositivi	Verifica del grado di integrabilità dimensionale e materica dei singoli componenti; Affidabilità dell'integrazione; Durabilità dell'integrazione; Manutenibilità dei componenti una volta integrati.

Controllo delle condizioni di utilizzo	Definizione e rispetto delle raccomandazioni per il trasporto e la movimentazione; Previsione dei tempi e delle condizioni limite per l'immagazzinamento; Definizione di istruzioni per la posa e/o la messa in opera; Definizione di procedure di controllo per la verifica della corretta della posa e/o messa in opera.
----------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

La specifica dell'attività che all'interno del cantiere viene realizzata, costituisce un apporto molto significativo nella determinazione delle condizioni di vincolo endogene. In particolare, nell'ipotesi di un cantiere per la rimozione degli intonaci, i vincoli endogeni incidono direttamente:

- sul processo di rimozione per quanto concerne la vita e l'usura degli utensili terminali che impattano direttamente sulla parete, tempi esecutivi, granulometria dei residui lavorazione,
- sulle velocità di avanzamento dei dispositivi di rimozione intonaci operati in facciata, velocità di avanzamento asse (portautensile), velocità avanzamento assi coordinati,
- sull'efficienza del sistema di aspirazione delle polveri,
- sulla precisione del sistema di posizionamento,
- sull'assemblabilità in opera del sistema,
- sull'integrabilità di ulteriori componenti e la possibilità di prefigurare nuove azioni.

Determinare le condizioni di vincolo equivale a enucleare gli aspetti problematici del trasferimento tecnologico di prassi di cantiere tradizionalmente manuali verso modalità di lavoro automatico o semiautomatico. Riguardando in termini critici le caratteristiche morfologiche e geometriche delle superfici murarie intonacate interessate da fenomeni di degrado, si riconducono le condizioni in grado di limitare la progettazione di un sistema automatico alle:

- assenza di planarità dell'involucro esterno degli edifici di antico regime, sia lungo la direttrice orizzontale che rispetto all'asse verticale, con evidenti "fuori piombo" tra basamento e coronamento dell'edificio,
- impossibilità di stimare "a priori" la misura esatta dello spessore di intonaco (nei suoi vari strati) nelle aree in cui va realizzata la rimozione,
- distribuzione delle aree degradate da sottoporre all'intervento di rimozione all'interno della facciata in modo variabile.

Ricorrendo ad un metodo di indagine deduttivo, suddette condizioni sono state assunte quali indicatori di limitazioni rispetto alla configurazione dell'apparecchiatura, sia per quanto concerne la morfologia del sistema, che le modalità operative.



## 2.2 Requisiti di progetto

La determinazione dell'assetto formale e funzionale del cantiere di recupero, e l'enucleazione dei caratteri specifici delle azioni da svolgere per la rimozione dell'intonaco, hanno informato la definizione degli obiettivi di progetto, riconducibili alle istanze di:

- flessibilità del sistema, l'architettura del cantiere è concepita nella consapevolezza di una molteplicità di assetti operativi per il sito di recupero (vincoli di facciate, di contesto..);
- modularità dei componenti, il cantiere verticale è concepito come sistema altamente componibile, costituito da singole parti poco pesanti e ingombranti, facilmente montabile e trasportabile;
- integrabilità tra sub-sistemi, il cantiere verticale, inizialmente progettato per la sola attività di rimozione degli intonaci, è concepito nell'ipotesi di potersi integrare con altre apparecchiature e sistemi da cantiere;
- sicurezza del sistema, il cantiere verticale è concepito in un'ipotesi di sicurezza per gli operatori interni al processo e per le persone esterne al cantiere attraverso la messa a punto di sub-sistemi elettronici di fermo-macchina e sub-sistemi di rilevamento presenze all'interno delle aree di lavoro, con apparecchiature in movimento.

Discendono da questi obiettivi, le istanze di:

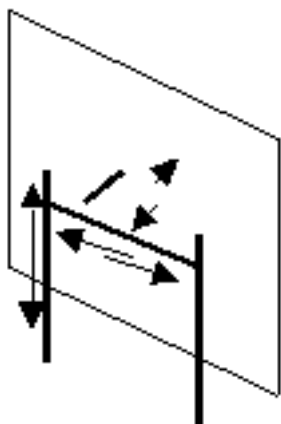
- limitata invasività dell'area del cantiere,
- assenza dell'operaio dall'area di lavoro,
- possibilità di istruire il sistema circa le modalità di inizio lavoro e svolgimento dei compiti in modalità automatica e/o semiautomatica,
- possibilità di controllare attraverso monitor lo svolgimento dei compiti,
- possibilità di registrare le immagini relative al lavoro svolto dal sistema,
- possibilità di trasferire immagini e dati relativi alla lavorazione in corso a stazioni di controllo remote rispetto all'area del cantiere,
- raggiungimento, in facciata, della superficie di intonaco degradata da rimuovere,
- incisione meccanica e asportazione dello strato di intonaco da rimuovere,
- aspirazione delle polveri originate in fase di esecuzione del lavoro, evitando ogni dispersione nell'ambiente circostante.

L'enucleazione delle caratteristiche tecniche dell'ambiente operativo in cui l'azione di rimozione intonaci viene ad essere condotta, è stata assunta, quale chiave di lettura privilegiata per la caratterizzazione critica del cantiere di lavoro. Mutuando la terminologia propria dell'ambito industriale, si è ricondotto quest'ultimo ad un sito di lavoro non strutturato, articolato in:

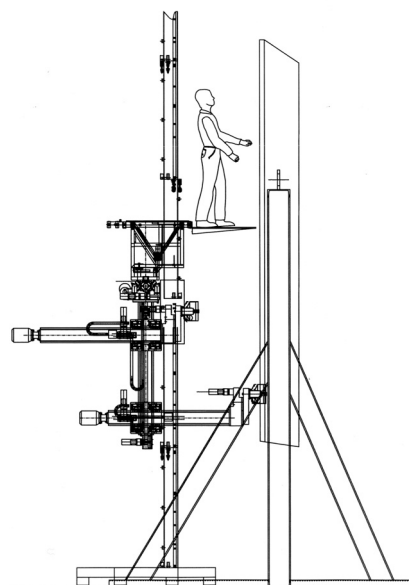
- aree di magazzino,
- aree di stoccaggio delle attrezzature e strumentazioni in condizioni di riposo,
- aree di controllo delle lavorazioni,
- aree di installazione di ponteggi e apparecchiature,
- aree di lavoro.

Nell'ipotesi che il sistema per la rimozione degli intonaci possa costituire un primo approccio alla progettazione di un complesso automatizzato per il recupero edilizio, si è impostata la progettazione nei due moduli distinti, ma costantemente integrati della:

- piattaforma controllata a distanza, per il raggiungimento dell'area di lavoro e supporto di apparecchiature di intervento,



*Le traiettorie di moto della piattaforma e dell'apparecchiatura*



*Prefigurazione metaprogettuale del sistema*

- apparecchiatura semiautomatica per la rimozione di intonaci ammalorati.

Esigenze di precisione nel posizionamento e raggiungimento delle aree di lavoro, hanno indotto alla prefigurazione dei cinematicismi per la tecnologia di rimozione intonaci, indagando circa il tipo e il numero di azioni di traslazione e rotazione necessarie allo svolgimento del compito. La modellizzazione delle traiettorie di moto offerte da sistemi in grado di sviluppare l'azione secondo diversi schemi di coordinate - ortogonali, cilindriche, sferiche, rivolte -, ed il confronto con l'obiettivo attuativo da conseguire, ha orientato verso la selezione di una configurazione complessiva del cantiere verticale secondo una logica cartesiana a bracci ortogonali. Ne è emersa un'architettura di sistema, che in virtù di un riferimento alla cultura industriale, si compone di:

1. sub-sistema di governo e controllo, con funzione di pilotaggio del complesso dell'apparecchiatura, in grado di garantire l'attivazione della movimentazione e la verifica costante delle azioni nonché la correzione di quest'ultime;
2. sub-sistema di posizionamento, insieme degli organi di movimentazione per la definizione delle traiettorie, attuatori e trasduttori in grado di fornire le azioni dinamiche necessarie al moto;
3. sub-sistema di rimozione, insieme degli elementi in grado di impattare direttamente sull'intonaco, determinandone la rimozione, garantendo l'allontanamento del materiale di risulta dall'area di lavoro.

Sia per la piattaforma, che per i singoli sub-sistemi costituenti l'apparecchiatura, si è proceduto alla messa a punto di un indice ragionato dei requisiti di progetto. Sul piano metodologico, l'azione meta-progettuale, è stata condotta secondo un metodo iterativo del tipo *prova-errore*, configurando per successivi approfondimenti, sequenze di requisiti relativi ai singoli sub-sistemi, verificandone la reciproca compatibilità e valutandone il grado di affidabilità rispetto al complesso del sistema per il cantiere di recupero da realizzare.

### 2.2.1 Requisiti per la piattaforma di supporto

L'insieme di requisiti che connotano il sistema di supporto e posizionamento dell'apparecchiatura destinata alla rimozione degli intonaci sono stati ricondotti alla attitudine al trasporto e alla facilità di messa in opera senza indurre oscillazioni dannose per l'efficienza dell'operazione di asportazione garantendo al contempo il necessario supporto durante il funzionamento. I requisiti di progetto sono stati classificati come segue:

- Requisiti per il supporto e la guida dell'apparecchiatura,
  - posizionamento grossolano in corrispondenza dell'area da asportare;
  - scarico delle forze di reazione derivanti dall'azione e loro assorbimento garantendo lo smorzamento di eventuali vibrazioni;
  - stabilità al ribaltamento dovuto alla nascita di eventuali carichi eccentrici rispetto alla base di appoggio di tutta la piattaforma;
  - sistemazione degli accessori asserviti all'apparecchiatura stessa e non installati, a motivo del loro peso;
  - sostegno delle linee cavi e di tutte le altre alimentazioni dell'apparecchiatura;
- Requisiti per la congruenza con i sistemi di riferimento della facciata e dell'apparecchiatura,
  - capacità di operare in un piano non ideale ed in presenza di sbalzi nella superficie della facciata, adeguandosi alla morfologia di quest'ultima;
  - capacità di permettere le attività anche in caso di operazioni manuali;
  - adattamento facile e rapido ai siti da trattare;
  - possibilità di installazione anche su terreni e strade caratterizzate da leggera pendenza;
  - configurabilità alla conformazione di facciate con presenza di sbalzi o balconi;
- Requisiti per il trasporto,
  - facilità di trasporto in sito dei componenti del sistema e maneggevolezza di tutti i componenti dello stesso (rotaie, carrello, traliccio verticale, cestello, ecc.) per assicurare rapidità e sicurezza nel successivo assemblaggio;
  - facilità di utilizzo anche da parte di personale non esperto;
  - rispetto di tutte le condizioni di sicurezza richieste dalle normative vigenti;

- spazi sufficienti per la compresenza di apparecchiatura di rimozione, personale addetto ed attrezzature manuali da utilizzare;
- Requisiti per il controllo,
  - capacità di monitorare l'area di lavoro durante il trattamento;
  - possibilità di operare controlli per la verifica dello stato dei materiali e dei componenti;
  - praticabilità da parte di operatori per il sicuro ed agevole accesso alle diverse aree della facciata al fine della realizzazione di azioni manuali di supporto e completamento di quelle eseguite dell'apparecchiatura di rimozione o da quest'ultima non realizzabili (ispezioni, controlli, ripristini, finiture, ecc.);
  - necessità di effettuare operazioni di manutenzione;
- Requisiti per l'integrabilità con il sistema per rimozione intonaci,
  - superficie di collegamento ampia e ben dimensionata;
  - spazio limitrofo all'apparecchiatura sul cestello sufficiente ad interventi di manutenzione;
  - capacità, in termini di spazi disponibili e dimensioni, ad alloggiare idoneamente tutti i dispositivi previsti per il funzionamento dell'apparecchiatura quali sistema di aspirazione, quadro elettrico;
- Requisiti per l'integrabilità con il sistema elettrico,
  - isolamento di tutte le masse e le armature del sistema;
  - chiara interpretazione di tutte le apparecchiature di manovra e messa in tensione degli organi;
  - sufficienti spazi di accesso al quadro elettrico generale per l'ispezione e l'eventuale manutenzione;
  - idoneo confinamento e svolgimento dei cavi di alimentazione del cestello e dell'apparecchiatura su di esso installata.

### **2.2.2 Requisiti per i dispositivi di governo e controllo**

In letteratura, è sovente sottolineato come le caratteristiche e le modalità di funzionamento *dell'unità di controllo* per un'apparecchiatura automatica siano riconducibili a due livelli differenti:

- un primo nascosto all'utente, direttamente dipendente dall'architettura del sistema,
- un secondo direttamente visibile a quest'ultimo nel momento in cui interagisce con il sistema.

In termini teorici, è possibile asserire che al primo livello, si richiede di norma, che il dispositivo di controllo sia in grado:

- di dare inizio e termine ad ogni movimento dell'apparecchiatura, nonché seguire quest'ultimo nel corso del suo svolgimento,
- di controllare il moto del sub-sistema di posizionamento affinché venga rispettata la sequenza di coordinate prestabilita, nonché sia possibile memorizzarla per richiamarla in un qualunque momento successivo,

- di interfacciarsi con il sistema di sensori e di dispositivi esterni eventualmente collegati.

Compito specifico del dispositivo di controllo è, secondo quest'approccio, la regolazione, conformemente ad un insieme di istruzioni, dell'afflusso di risorse (energia) al sistema, al fine di garantire lo svolgimento delle operazioni cui è preposto. La flessibilità, intesa come versatilità delle procedure e regolabilità delle azioni in progress, è caratteristica propria dei sistemi automatici dotati di sensori collegati al complesso degli attuatori.

Stante la natura delle operazioni da svolgere in corrispondenza degli involucri esterni degli edifici, si prefigurano, tre modalità alternative di funzionamento per l'apparecchiatura di rimozione intonaci:

- *manuale*: intesa come governo diretto attraverso apparati (quali un volantino per il controllo della velocità di rotazione, joystick, ecc.) per il pilotaggio ed una telecamera per il controllo visivo della lavorazione;
- *semiautomatica basata su uno o più part program di libreria*: intesa come inizializzazione e attivazione manuale di opportuni gruppi di part-program estratti da una libreria predefinita. In questa ipotesi l'area da rimuovere viene preliminarmente - decomposta in parti compatibili con le caratteristiche dei part-program disponibili;
- *automatica basata su realizzazione di part program ad hoc*: intesa come generazione ex novo e attivazione di un opportuno part-program realizzato appositamente per l'area da rimuovere. Il part-program potrebbe, eventualmente, essere generato attraverso sistema CAD-CAM. In questo caso è prevista una azione preliminare di descrizione dell'area da rimuovere attraverso un software CAD standard e la generazione automatica del part-program attraverso CAM.

Tutte le ipotesi menzionate prevedono la presenza in cantiere di due figure professionali:

- operaio edile specializzato, addetto al pannello di controllo e governo dell'apparecchiatura per la rimozione attraverso part-program;
- architetto esperto nell'intervento sul costruito esistente, con il compito di analizzare lo stato delle superfici da rimuovere e definire le modalità specifiche di lavorazione.

Il trasferimento delle informazioni può avvenire:

- verbalmente o per iscritto in forma di indicazioni dettagliate all'operatore nel caso di pilotaggio manuale o semiautomatico dell'apparecchiatura;
- attraverso sistema CAD/CAM, con la conseguente generazione dei part-program.

Alla luce di questi principi si è impostata la prefigurazione dei comportamenti attesi per il complesso dell'apparecchiatura. In particolare per quanto concerne il sistema di controllo, i requisiti sono stati identificati con l'attitudine dell'unità di governo a garantire:

- la movimentazione degli assi del sistema apparecchiatura,

- il loro posizionamento nei punti di coordinate prefissate,
- la ripetibilità dei movimenti e l'interpolazione degli assi,
- la registrazione degli impatti esercitati,
- le attività di attuazione e supervisione in tutte le fasi della lavorazione, anche per i dispositivi ausiliari di cui è dotato il sistema.

In particolare, si è previsto che l'unità di governo sia in grado di modificare le velocità di attuazione dei movimenti, di fermare le operazioni in fase esecuzione e di modificare movimenti già predisposti a livello di esecuzione dei programmi di rimozione.

### **2.2.3 Requisiti per il dispositivo di posizionamento**

L'analisi delle modalità di interazione tra uomo e contesto murario nel tradizionale svolgimento delle attività di rimozione dell'intonaco, costituisce il presupposto teorico per la definizione dell'insieme di requisiti che sottendono la progettazione del dispositivo di posizionamento in facciata degli utensili per la rimozione e per l'aspirazione delle polveri. Si definisce il dispositivo di posizionamento, con l'insieme elementi in grado di sostenere i dispositivi di rimozione, assicurando la movimentazione del sistema lungo prestabilite traiettorie di moto, attraverso un sistema di attuatori e trasduttori che fornisca le azioni dinamiche necessarie al movimento.

I requisiti di progetto sono enucleati in funzione dei comportamenti attesi, secondo quanto segue:

- supporto e guida dell'utensile direttamente dedicato alla asportazione dell'intonaco,
- sostegno e movimentazione dei dispositivi di rimozione e asportazione delle polveri, durante le fasi di lavorazione.

A queste azioni si associano i seguenti requisiti:

- posizionamento locale dell'apparecchiatura, i cui cinematismi saranno configurati e dimensionati allo scopo specifico, con precisione delle traiettorie, mentre il posizionamento grossolano in corrispondenza dell'area da asportare è affidato alla piattaforma;
- scarico delle forze di reazione derivanti dall'azione di lavoro e loro assorbimento garantendo la necessaria rigidità del tutto;
- rispetto delle traiettorie secondo la direzione parallela alla facciata – imposte dal disegno degli elementi che compongono il prospetto e dall'assetto assunto dai fenomeni di degrado - e perpendicolare alla facciata stessa a seguito di eventuali fenomeni di rigonfiamento e distacco di intonaco.

I requisiti associati a questa funzione sono:

- capacità di operare in un piano non ideale ed in presenza di sbalzi nella superficie della facciata;
- capacità di realizzare figure geometriche anche complesse con la necessaria precisione e ripetibilità dei movimenti;
- lavoro;

- durabilità degli elementi di cui si compone il dispositivo, mediante idoneo ciclo di trattamento;
- massima leggerezza degli elementi compatibilmente con la rigidità di tutto l'insieme;
- flessibilità nelle modalità di lavoro;
- manutenibilità;
- facile montabilità e smontabilità di tutte le parti del sistema, le soluzioni costruttive devono essere realizzati in modo semplice, ma efficace e sicuro per addivenire ad una riduzione dei tempi di montaggio e di smontaggio senza peraltro ridurre la sicurezza dei collegamenti e la rigidità di tutto il sistema;
- affidabilità.

#### 2.2.4 Requisiti per i dispositivi di rimozione intonaci

La prefigurazione dei requisiti di progetto per i dispositivi di rimozione dell'intonaco è stata condotta secondo un approccio sperimentale, testando il comportamento delle superfici intonacate interessate da fenomeni di degrado in presenza di azioni *demolitrici*. Prendendo atto dell'impossibilità di reperire all'interno di testi specialistici, dati sufficienti circa il comportamento offerto dalle superfici intonacate degradate, in presenza di sforzi di rimozione ad opera di parziale – rimozione delle sole aree degradate - , si è predisposta una campagna di prove tesa a verificare le conseguenze indotte sul complesso delle superfici, da azioni condotte secondo modalità operative tradizionali. La stessa procedura di prova, è stata applicata per indagare l'applicabilità di strumentazioni alternative rispetto alle tradizionali, testando intensità, direzione e verso delle azioni esercitate. Si è desunto da questa attività di prova, uno schema di classificazione dei fenomeni di degrado in presenza delle azioni di asportazione dal supporto murario. L'attività è confluita nella identificazione di due modalità di distacco degli intonaci degradati rispetto al supporto murario, secondo le dinamiche di:

- perdita di coerenza interna all'intonaco,
- perdita di coesione tra intonaco e supporto murario<sup>12</sup>.

I requisiti di progetto per i dispositivi di rimozione dell'intonaco e trasferimento del materiale di risulta sono stati classificati secondo le seguenti quattro categorie:

- interazione dispositivo/area di intervento,
- interfaccia dispositivo/sub-sistema di governo, sub-sistema di posizionamento,
- interazione dispositivo/operatore,
- interazione dispositivo ambiente.

Essi risultano, così, enunciabili:

- Interazione dispositivo/area di intervento,
  - adattività alla scabrosità superficiale dell'intonaco,
  - attitudine ad operare su superfici lisce e/o scabre,

---

<sup>12</sup> Vedi allegato.

- attitudine ad essere provvisto di un sistema sensoristico composto da un sensore in grado di rilevare il profilo della superficie da trattare e da un trasformatore analogico in grado di tradurre in immagini i dati rilevati,
- attrezzabilità con un sistema di monitoraggio mediante telecamera direzionabile collegata ad un monitor,
- conformità al disegno delle aree di lavoro,
- controllo del diametro dell'utensile in relazione alla modalità di rimozione,
- controllo della modalità di rimozione, unicamente per abrasione o taglio, evitando le percussioni,
- controllo della potenza del mandrino,
- controllo della scabrosità superficiale finale,
- attitudine a realizzare microsolchi o porosità sul supporto murario a seguito della rimozione,
- controllo delle vibrazioni;
- Integrabilità con l'operazione di rifacimento di intonaco,
  - attitudine ad ampliare l'area di rimozione facendola coincidere con riquadri della facciata e a ricondurre a una geometria elementare al fine di scongiurare eventuali differenze, nell'aspetto finale dell'intonaco, tra le parti preesistenti e quelle nuove,
  - attitudine a mantenere invariato il parallelismo tra il piano di azione e il piano dell'area di lavoro,
  - attitudine ad operare in presenza di materiale asportato con variabilità granulometrica senza trattenerlo,
  - precisione lungo i contorni,
  - attitudine ad operare con alta risoluzione lungo linee di demarcazione di elementi tecnici (bucature, marcapiani, lesene, etc.),
  - regolabilità della profondità di rimozione,
  - resistenza all'usura,
  - rispetto dell'area di lavoro,
  - tenuta alle polveri;
- Interfaccia dispositivo/sub-sistema di governo, sub-sistema di posizionamento,
  - attitudine della direzione del moto impresso all'utensile terminale a non ostacolare, opporre resistenza o rallentare l'avanzamento dell'apparecchiatura secondo la traiettoria di rimozione,
  - attitudine a consentire variazioni di velocità (n° giri/min.) indotte intenzionalmente,
  - attitudine del dispositivo di connessione tra l'utensile ed il supporto meccanico a mantenere invariate nel tempo le proprie caratteristiche morfologiche e dimensionali,
  - attitudine a subire la variazione di traiettoria nell'area di lavoro secondo la direzione dei tre assi cartesiani,
  - attrezzabilità di arresto automatico e/o manuale in caso di fuoriuscita di servizio,



- controllo dei tempi di rimozione,
- integrabilità con il sistema di smaltimento polveri;
- Interazione dispositivo/operatore,
  - attitudine a garantire corretta, intuitiva e comoda manovra da parte degli operatori anche attraverso un sistema programmabile,
  - attitudine dell'utensile sotto azioni elettrodinamiche ad evitare dispersioni elettriche,
  - attitudine a consentire le operazioni di smontaggio e rimontaggio e limitando al massimo i rischi di danneggiamenti, facilitando la sostituzione o la collocazione di dispositivi tecnici al posto di altri,
  - possibilità di operare, in modo agevole, controlli e ispezioni destinate alla verifica dello stato dei materiali e dei componenti e alla realizzazione degli interventi di manutenzione,
  - sicurezza contro proiezioni;
- Interazione dispositivo/ambiente,
  - attitudine a consentire il convoglio del materiale asportato,
  - attitudine a realizzare la rimozione evitando di provocare il distacco e la caduta incontrollata di materiale dal supporto.

Teresa Napolitano

ALLEGATO

### **Strumentazioni per la rimozione di intonaco e relativi livelli prestazionali**

L'attività di indagine di mercato, finalizzata all'analisi di sistemi esistenti per il trattamento delle superfici, ha rivestito un ruolo fondamentale nell'ambito dell'attività di ricerca, contribuendo alla formazione di un quadro esaustivo sullo stato dell'arte e suggerendo l'adozione di soluzioni innovative per il sub-sistema di rimozione aderenti alle caratteristiche richieste per il progetto. L'indagine relativamente ai dispositivi deputati alla rimozione di materiale, è stata estesa anche ad apparecchiature non operanti prettamente sui fronti edilizi; le informazioni di base sono state acquisite avvalendosi di cataloghi tecnici - richiesti ad aziende o reperiti in occasioni di fiere edilizie - e riviste specializzate e, in alcuni casi, integrate con colloqui con il personale delle aziende di produzione.

La disamina ha prospettato un ampio scenario di azioni differenziate per la rimozione di parti superficiali (patine, croste, etc.) di intonaco e di parti strutturali dell'apparecchio murario; anche la varietà delle traiettorie di azione delle apparecchiature e delle tipologie degli utensili terminali ha contribuito ad ampliare la casistica delle modalità di rimozione.

La tabella riporta il glossario delle possibili modalità di impatto superficiale:

AZIONE	DEFINIZIONE
Abradere	Cancellare raschiando, asportare superficialmente la materia a seguito di una ripetuta azione di attrito
Percuotere	Colpire, urtare, battere
Pulire	Liberare da materiali più o meno dannosi, eliminare gli strati di sedimentazione superficiali, sostanze estranee e depositi naturali
Scanalare	Eseguire incavi di limitata profondità e larghezza con un certo sviluppo in lunghezza
Scarificare	Incidere superficialmente
Tagliare	Interrompere la continuità di un corpo dividendolo

In base alle suddette azioni sono state analizzate e, successivamente, classificate le strumentazioni esistenti sul mercato valutandone, peraltro, le prestazioni offerte relativamente al grado di sicurezza assicurato e alla possibilità di integrazione con dispositivi supplementari atti a ridurre i principali fattori di rischio.

In particolare, le tipologie di apparecchiature testate, sono state le seguenti:

- scarifica con 4 alberi portafrese con frese da mm 2 in acciaio,
- scarifica con 4 alberi portafrese con frese da mm 6 in widia,
- scarifica con 4 alberi portafrese con frese a zappa da mm 22,
- pistola scrostatrice ad aghi da mm 2,
- pistola scrostatrice ad aghi da mm 3,
- pistola scrostatrice ad aghi da mm 4,
- levigatrice con utensili in widia,
- levigatrice con utensili in acciaio,
- bocciardatrice a due bocciarde,
- levigatrice con spazzola a tazza a fili ritorti,
- trapano con fresa cilindrica frontale e laterale a sei tagli.

**SCHEMA ESEMPLIFICATIVO DELLE STRUMENTAZIONI PRESE IN ESAME**

**APPARECCHIATURE DI RIMOZIONE**

**AZIONE : ABRADERE**

**denominazione apparecchiatura**  
scrostatore orbitale

**produttore**  
Trimmer  
**modello**  
Whirl Away



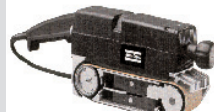
**denominazione apparecchiatura**  
raschiatrice orbitale

**produttore**  
Trimmer  
**modello**  
Rototrimm 1200



**denominazione apparecchiatura**  
levigatrice a nastro

**produttore**  
Atlas Copco  
**modello**  
HBSE 75



**denominazione apparecchiatura**  
fresatrice

**produttore**  
Baier  
**modello**  
BFF 222



**APPARECCHIATURE DI RIMOZIONE**

**AZIONE : PERCUOTERE**

**denominazione apparecchiatura**  
pistola scrostatrice ad aghi

**produttore**  
Trimmer  
**modello**  
45B



**denominazione apparecchiatura**  
scrostatore ad aghi

**produttore**  
Trimmer  
**modello**  
NPG7



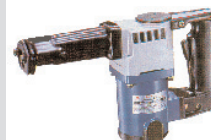
**denominazione apparecchiatura**  
bocciarda

**produttore**  
Trimmer  
**modello**  
DK 3H



**denominazione apparecchiatura**  
Scalpellatore

**produttore**  
Makita  
**modello**  
HK 1800



**denominazione apparecchiatura**  
levigatrice a rullo

**produttore**  
Makita  
**modello**  
9741



**denominazione apparecchiatura**  
levigatrice rotorbitale

**produttore**  
Makita  
**modello**  
BO5010



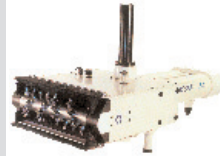
**APPARECCHIATURE DI RIMOZIONE**

**AZIONE : SCANALARE**

**denominazione apparecchiatura**  
apparecchio per rimozione intonaco

**produttore**  
Groh, Prishmann & Schulz

**modello**  
Biber FK 500



**denominazione apparecchiatura**  
scanalatore a fresa

**produttore**  
Spit

**modello**  
F 40



Scheda per archiviazione informazioni inerenti le	AZIONE	
Scheda per archiviazione informazioni inerenti le	AZIONE	
Scheda per archiviazione informazioni inerenti le apparecchiature analizzate	AZIONE SCANALARE	scheda
<p><b>INTESTAZIONE</b>  <b>denominazione apparecchiatura:</b> scanalatore a fresa  <b>produttore:</b> Spit  <b>indirizzo:</b> Corso Lombardia 75/A, 10099 S. Mauro Torinese (TO). Tel. 011/2234611  <b>modello - denominazione commerciale:</b> Spit F40</p>		
<p><b>CARATTERISTICHE</b>  <b>manovrabilità:</b> impugnatura a due mani  dimensioni (mm.):  peso (Kg.): 6,1  forza impressa:  potenza assorbita (watt): 1050  alimentazione (volt): 220  velocità: 700 giri/min. - 1300 giri/min.  consumo d'aria (lt/min.):  pressione di esercizio (bar):</p>		
<p><b>TIPOLOGIA UTENSILE TERMINALE</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> che lavora con asportazione di materia: <input type="checkbox"/> a testa singola  <input checked="" type="checkbox"/> a denti o a testa multipla</p> <p><b>procedimento di asportazione:</b> fresatura periferica</p> <p><input type="checkbox"/> che lavora senza asportazione di materia: <input type="checkbox"/> con separazione di materiale  <input type="checkbox"/> con spostamento di materiale</p> <p><b>denominazione:</b> fresa  <b>materiale:</b> acciaio  <b>modello - denominazione commerciale:</b> fresa 40 35/18  <b>codice:</b> 512220  <b>larghezza solco (mm):</b> 35  <b>profondità solco (mm):</b> 40  <b>diametro solco (mm):</b>  <b>numero denti:</b>  <b>gruppo grana:</b> numero di grana:</p>		
<p><b>ACCESSORI:</b></p> <p>aspiratore ASD30 acqua e polvere; potenza 1200 watt, 30 litri, accensione automatica all'avviamento della scanalatrice, pulizia filtro con vibratore, spia luminosa indicativa del riempimento del bidone</p>		
<p><b>NOTE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• due velocità di rotazione adeguate al materiale da scanalare</li> <li>• protezione del motore da eventuali sovraccarichi</li> <li>• possibilità di aspirare i detriti</li> </ul>		

**CONFRONTO REQUISITI DI PROGETTO E PRESTAZIONI**

**Azione:** SCANALARE

**denominazione apparecchiatura:** scanalatore a fresa

**Produttore:** Spit

**Modello:** F 40



REQUISITO	grado di soddisfacimento				nota
	nullo	basso	medio	alto	
Adattività alla scabrosità superficiale dell'intonaco					
Attrezzabilità con sistema di monitoraggio					
Attrezzabilità con sistema sensoristico					
Attrezzabilità di arresto automatico e/o manuale					
Conformità al disegno delle aree di lavoro					La traiettoria di lavoro è lineare
Conformità alla traiettoria di rimozione					
Controllo dei tempi di rimozione					L'avanzamento e il moto sono concordi
Controllo della caduta accidentale del materiale					
Controllo della scabrosità superficiale finale					
Controllo delle vibrazioni					A termine della rimozione la superficie del supporto risulta scabra
Integrabilità con il sistema di smaltimento residui					Non produce vibrazioni
Integrabilità con l'operazione di rifacim. intonaco					
Manovrabilità					
Precisione lungo i contorni					
Regolabilità della profondità di rimozione					
Regolabilità della velocità					Variabilità 0-40 mm
Resistenza all'usura					Regolabilità di due velocità
Rispetto dell'area di lavoro					
Rispetto del parallelismo del piano di azione					
Sicurezza contro proiezioni					
Sicurezza elettrodinamica					
Smaltimento e allontanamento materiale di risulta					
Sostituibilità					E' provvisto di un attacco integrato per un sistema di aspirazione

## SCHEDA DESCRITTIVA DEL SITO DI SPERIMENTAZIONE

### IDENTIFICAZIONE DEL SITO DI SPERIMENTAZIONE

**Denominazione :** Palazzo Ruggi D'Aragona  
**Provincia e comune :** SA – Salerno  
**Via :** Torquato Tasso n.48  
**Ubicazione Catastale :** Foglio 64 particella 421, 425  
**Orientamento :** asse longitudinale Est-Ovest; ingresso disposto a Sud

### NOTIZIE STORICHE

**Autore :** Ferdinando Sanfelice  
**Cronologia :** progettazione XVI secolo  
 addizioni XVIII secolo  
 Restauri in corso

### NOTE DESCRITTIVE

Edificio a pianta rettangolare con antistante cortile al quale si accede tramite portale da via Torquato Tasso. Il cortile è caratterizzato dalla presenza di una fontana composta da una vasca e da una nicchia semicircolare contenente un gruppo scultoreo e dal prospetto dello scalone dell'edificio.

### CARATTERISTICHE DELL'INTONACO

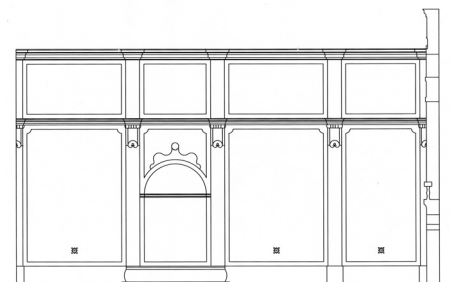
**Spessore :** variabile cm 1,2-3  
**Grana :** media  
**Tessitura :** liscio-tinteggiato

### CARATTERISTICHE DEL SUPPORTO

#### MURARIO

**Materiale :** calcare e laterizio  
**Spessore :** cm 70  
**Tipologia costruttiva :** muratura continua  
**Tessitura muraria :** *opus incertum*

## DOCUMENTAZIONE GRAFICA - FOTOGRAFICA



*Prospetto ed immagine di un fronte sul cortile*

Si è reputato importante effettuare i test per ogni tipologia di degrado rilevabile in sito, costituendo questo uno dei vincoli per la progettazione dell'apparecchio; si è, ad esempio, constatato che l'azione del percuotere – indotta dalla bocciardatrice – ha comportato la caduta incontrollabile di frammenti di intonaco affetti da distacco, mentre l'uso della scarifica è risultata sconsigliabile in presenza di degrado attribuibile alla parziale mancanza di intonaco.

Anche la granulometria dei residui prodotti ha rappresentato un vincolo per la progettazione sia dell'utensile di rimozione (è il caso, ad esempio, della pistola ad aghi il cui raggio di vibrazione veniva ridotto dalla presenza di granuli di intonaco) sia del sistema di aspirazione e smaltimento.



Dallo studio dei cinematismi delle apparecchiature testate è stato rilevato che la rimozione effettuata imprimendo una traiettoria lineare, forniva una risposta più adeguata rispetto alla movimentazione rotatoria. Circa il moto dell'utensile, relazionata alla sua geometria, è stato escluso in sede di progetto l'impiego di un portautensili o utensili a corona circolare che hanno realizzato una rimozione irregolare, mentre sono risultati più idonei utensili ad azione puntuale.

I requisiti di sicurezza sono risultati soddisfatti dall'inoffensività dei comportamenti degli utensili testati che possono così enuclearsi:

- basso livello di esposizione al rumore e vibrazioni prodotte,
- assenza di fenomeni di caduta e proiezione di intonaco,
- innocuità della natura e della quantità delle polveri disperse.

Tuttavia la presenza di numerose variabili e le irregolarità contrassegnanti le superfici delle facciate di edifici preindustriali hanno sempre conferito un carattere di imprevedibilità agli esiti attesi dall'interazione apparecchiatura – facciata; imprevedibilità a cui si oppone la logica del prototipo nella sua progettazione definitiva.

In particolare gli esiti di rimozione, relativi alla sperimentazione di ogni utensile, sono stati:

- Bocciardatrice,
  - aggressività dell'azione dovuta alle notevoli vibrazioni trasmesse al supporto murario,
  - caduta accidentale di intonaco distaccato,
  - assenza di integrabilità con un sistema di aspirazione,
  - rimozione costante e puntuale per strati di intonaco;
- Levigatrice,
  - necessità di imprimere all'apparecchio un moto circolare,
  - difficoltà di funzionamento su superfici irregolari,
  - scarso smaltimento delle polveri che vengono proiettate radialmente al piano di rimozione,
  - lenta modalità di rimozione per strati sottili di intonaco;
- Levigatrice con spazzola a tazza,
  - necessità di imprimere all'apparecchio un moto circolare,
  - scarso smaltimento delle polveri e dei granuli che vengono proiettate radialmente al piano di rimozione,
  - lentissima modalità di rimozione che avviene per abrasione superficiale;
- Pistola ad aghi,
  - raggiungimento del supporto per strati successivi di intonaco,
  - inoffensività verso il supporto attribuibile alla debole microvibrazione radiale degli aghi,
  - limitazione d'uso riscontrabile nella riduzione del raggio di vibrazione dovuta alla scarsa tenuta degli aghi ai granuli di intonaco,
  - scarso smaltimento del materiale asportato;

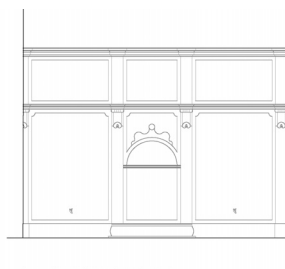
- Scarifica,
  - fasce di rimozione lineari,
  - ottimo smaltimento del materiale rimosso,
  - presenza di una fascia non operativa di circa cm 15,
  - raggiungimento del supporto per strati successivi di intonaco,
  - movimenti vibratorii in presenza di fenomeno di mancanza,
  - forte pressione dell'operatore per rendere l'apparecchio aderente alla muratura;
- Trapano con fresa,
  - possibilità di raggiungere il supporto murario con una sola applicazione,
  - desumibile azione ottimale in presenza di qualsiasi fenomeno di degrado,
  - possibilità di realizzare una rimozione continua che si esplica con l'incisione in profondità e la rimozione complanare alla parete,
  - elevata capacità di raggiungere i punti limite delle aree da rimuovere grazie alla modalità di rimozione puntuale,
  - possibilità di variare il diametro della fresa in funzione delle dimensioni e delle caratteristiche delle aree da rimuovere,
  - produzione di vibrazioni non rilevanti per il supporto murario,
  - necessità di integrazione con un sistema di aspirazione e smaltimento delle polveri e dei granuli,
  - necessità di integrare la fresa con un elemento solidale (perno) per la connessione al mandrino del trapano.

Alla luce di quanto sopra esposto, tra le apparecchiature testate, la fresa cilindrica frontale ha evidenziato, più delle altre, prestazioni rispondenti ai requisiti di progetto. Essa è stata pertanto adottata quale tipologia di utensile terminale del prototipo; le frese del sistema di rimozione sono state realizzate a seguito di una progettazione tesa all'ottimizzazione del materiale, della geometria e del numero dei taglienti, al fine di renderne idonea l'operatività nel campo specifico delle finiture edilizie.

## SCHEDE DI REPORT DEI TEST DI SPERIMENTAZIONE DELLE APPARECCHIATURE

### APPARECCHIATURA SPERIMENTATA

<b>Azione</b>	scarificare
<b>Denominazione</b>	apparecchiatura scarifica
<b>Produttore</b>	Trimmer
<b>Modello</b>	Scarifica FR 100
<b>Dimensioni</b>	lunghezza cm 25,5 altezza cm 16,8 larghezza cm 13,5
<b>peso</b>	kg 7



**SCHEDE DI REPORT DEI TEST DI SPERIMENTAZIONE DELLE APPARECCHIATURE**

**Scarifica con utensili a zappa da mm 22**

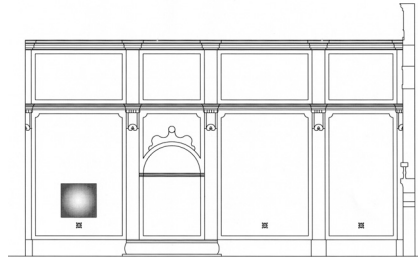
**Modalità conduzione prova**  
Inizio prove area degrado

**Fenomeno di degrado osservato**  
Distacco, Disgregazione

**Condizioni per il funzionamento dell'apparecchiatura**

**Individuazione area di rimozione**

- Raccordi femmina da 1/2, 1/4, 1/8 pollice
- Cassetta degli attrezzi
- Tubo di plastica rigida da cm. 3,8 con fascette stringitubo
- Pressione di 8 bar



**Area campione**

**Materiali di risulta**

**Esiti di rimozione**

**Spessore:** variabile cm 1,2-3

Formazione di polveri, granuli e frammenti

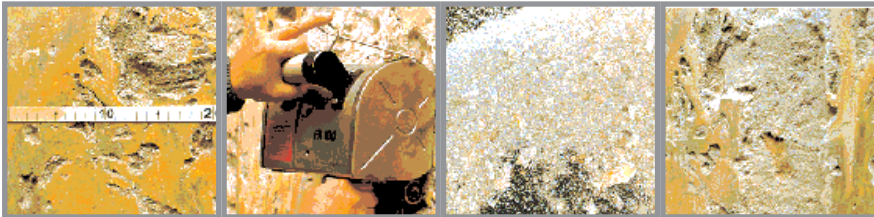
Data la morfologia dei taglianti, il supporto viene messo a nudo non per strati successivi, ma con una sola *strisciata*. Rispetto all'uso degli altri utensili, l'uso delle frese a zappa implica minori vibrazioni.

**Area:** cm 20x30

**Processo**

La rimozione avviene per scarifica continua circolare del tamburo degli utensili. L'operatore, facendo aderire alla parete l'apparecchio, lo fa scorrere verticalmente dall'alto verso il basso oppure orizzontalmente realizzando una fascia di rimozione. Successivamente opera sulla fascia adiacente.

Limitata capacità di raggiungere i punti limite delle aree da rimuovere, dovuta alla presenza di una fascia non operativa di circa cm 15



**Produzione di residui**

Polveri	si	no	Granuli	si	no	Frammenti	si	no
---------	----	----	---------	----	----	-----------	----	----



### 3. PROTOTIPARE UN SISTEMA SEMIAUTOMATICO PER LA RIMOZIONE DEGLI INTONACI ESTERNI

ROCCO SALVATO, ROCCO SALVATO, VINCENZO FERRARO

#### 3.1 Il progetto esecutivo

Ragioni di natura tecnica ed economica hanno orientato la decisione di strutturare il progetto esecutivo di cantiere verticale per la rimozione degli intonaci, in primo luogo in termini di concezione ed elaborazione di idonei meccanismi atti ad esercitare le specifiche funzioni associate ai requisiti predefiniti e poi di selezione e riproposizione critica di dispositivi e componenti già esistenti - meccanici, elettrici ed elettronici -, con lo scopo ultimo di realizzare una singolare ed innovativa “piattaforma integrata”.

Alla luce di tale orizzonte progettuale complessivo, delineato in fase metaprogettuale ed orientato verso la realizzazione di un cantiere leggero, poco invasivo per il costruito preesistente e per l’utenza, controllabile a distanza da operatori non direttamente presenti nell’area di lavoro o addirittura remotati rispetto al sito di lavoro, il progetto esecutivo ha assunto i connotati della riorganizzazione morfologica e funzionale di dispositivi tecnici nuovi e già esistenti, da utilizzare in ambiti operativi talvolta molto lontani dal cantiere edile.

Attenzione specifica è stata dedicata, in fase di elaborazione progettuale, alla customizzazione delle singole parti del sistema, rispetto al disegno complessivo di cantiere per il recupero edilizio già delineato, nonché all’ottimizzazione delle integrazioni funzionali.

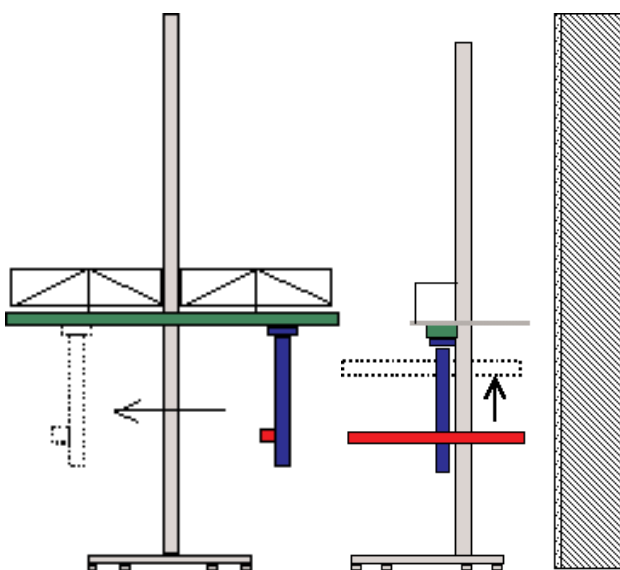
All’interno di questo scenario, gli obiettivi ed i criteri che hanno informato la progettazione esecutiva e la successiva prototipazione sono riconducibili a:

- chiarezza e completezza della documentazione sia di quella direttamente elaborata sia di quella acquisita a corredo dei prodotti a catalogo;
- reperimento di risorse operative e di mezzi idonei;
- selezione e valutazione dei fornitori;
- pianificazione preliminare e controllo di avanzamento delle attività;
- tracciabilità delle operazioni;
- gestione dell’aggiornamento della documentazione, con evidenza dei risultati e delle azioni correttive, ove resesi necessarie;
- corretto interfacciamento tra gli esecutori e tra questi ultimi ed i progettisti.

L’elaborazione del progetto esecutivo e la realizzazione del prototipo, hanno richiesto il continuo concorso di differenti tecnologie, meccaniche, elettriche, elettroniche ed informatiche, secondo una metodologia di lavoro ormai consolidata per le applicazioni di automazione.

Al fine di pervenire allo stadio di progettazione esecutiva e costruzione del prototipo, è stato indispensabile usufruire di tutte le esperienze e le competenze necessarie per inquadrare correttamente l’operatività dell’apparecchiatura, nello scenario e nel contesto a cui essa è funzionale, chiamando così direttamente in causa la tecnologia dell’architettura e del recupero edilizio.

In base a tali competenze e grazie ad un'intensa collaborazione tra gli esperti del settore edilizio ed i tecnici ed i consulenti specialisti nelle tecnologie sopra menzionate e dei controlli automatici, è stato possibile definire le specifiche di prestazione del sistema, alla luce dei requisiti di progetto prefigurati. All'interno della strategia progettuale, l'attività di prototipazione dell'iniziale idea di progetto, nelle sue configurazioni intermedia e finale, è stata assunta quale occasione di



*Rappresentazione schematica dell'apparecchiatura*

validazione delle ipotesi funzionali e morfologiche.

Al fine di favorire la rapida diffusione di una tecnologia ad oggi non ancora consolidata nei cantieri di recupero edilizio, si è adottata la decisione strategica di ricorrere ad una tipologia di piattaforma già esistente sul mercato, in grado di interfacciarsi con l'apparecchiatura di rimozione intonaco specificamente progettata e di non limi-

tare oltremodo il raggiungimento e l'esplorazione dell'area di lavoro.

In tale ottica, l'elettronica e l'informatica hanno svolto un ruolo predominante, garantendo nuove funzionalità ai dispositivi già esistenti e favorendo l'inserimento di tecnologie, sia hardware che software, nell'ambiente non strutturato del cantiere edile.

Al di là della specifica progettazione di alcuni componenti meccanici, il progetto esecutivo ha consentito la prefigurazione di nuove applicazioni per componenti meccanici ed elettrici già esistenti, attraverso l'organizzazione di nuove logiche di interconnessione e di comunicazione.

Elemento centrale del cantiere verticale è, l'unità di controllo, configurata per mezzo di specifici hardware e software, ed asservita dalla componentistica dell'armadio elettrico e dai cavi di interconnessione del software di governo.

Il progetto esecutivo del sistema delle connessioni elettriche per il funzionamento in automatico del sistema è stato improntato all'esigenza di inglobare in un'unità fisica e logica unica, l'armadio elettrico, i componenti di potenza, i convertitori e l'insieme di dispositivi tecnici necessari all'attuazione dei movimenti ed al governo delle funzioni.

In particolare è stato predisposto l'inserimento, all'interno del suddetto armadio elettrico, del pannello operatore per il governo remotato di tutte le lavorazioni condotte dal sistema integrato, costituito dalla piattaforma di supporto e dall'apparecchiatura di rimozione.

Ad un unico "box connettori", inglobato nell'armadio elettrico, sono stati connessi i cavi di potenza e di segnale, per la gestione del sistema integrato.

I suddetti cavi sono stati fatti confluire nel "box connettori apparecchiatura", dal quale partono i cavi di collegamento dei motori, i cavi dei trasduttori e degli attuatori. Altri cavi sono stati predisposti per il "box connettori della piattaforma" realizzando così l'asservimento di tale sotto-sistema all'unità di controllo.

La connessione logica del varco della recinzione, di delimitazione e protezione dell'area del cantiere, realizzato attraverso apposito cancello metallico, è stata realizzata mediante collegamento fisico con l'armadio elettrico, onde garantire il controllo remotato della sicurezza dell'area.

Parimenti, all'armadio elettrico, è stata collegata l'apparecchiatura di aspirazione delle polveri per comandarne l'accensione e controllarne la funzionalità.

La prefigurazione della soluzione progettuale è stata orientata al soddisfacimento dei requisiti di:

- contenimento degli ingombri;
- facilità di esecuzione delle operazioni di montaggio e smontaggio del sistema;
- trasportabilità;
- flessibilità;
- espandibilità;
- affidabilità;
- manutenibilità;
- ripetibilità.

La scelta progettuale è tesa anche a privilegiare le esigenze di:

- installazione di un unico quadro elettrico alla base della piattaforma del sistema integrato, contenendo in questo modo il peso che la piattaforma deve altrimenti sollevare;
- ottimizzazione e razionalizzazione del sistema di cavi elettrici necessari al funzionamento in automatico delle macchine, garantendo, nel contempo, la semplificazione delle operazioni di montaggio e collegamento dei diversi apparati;
- versatilità della piattaforma per lavorazioni diverse rispetto alla rimozione di intonaco.

Per quanto concerne condizioni, modi e tempi di funzionamento del sistema per la rimozione degli intonaci, si è privilegiata un'unità di governo del tipo misto a Controllo Numerico e PLC, in grado di gestire più assi interpolati in modo continuo e contemporaneo, consentendo al sistema di muoversi nello spazio definendo una generica traiettoria senza soluzione di continuità.

Le soluzioni progettuali elaborate discendono direttamente dalla decisione di

diversificare le modalità di funzionamento della macchina distinguendo:

- modo manuale;
- modo semi-automatico;
- modo automatico.

Pertanto, il sistema è gestito con opportuni software che si diversificano in:

- sistema operativo del controllo numerico (fornito dal costruttore), che permette l'utilizzazione dell'unità di governo;
- software di caratterizzazione dell'unità di governo, ovvero software per l'adattamento di quest'ultimo alle caratteristiche tecniche dei dispositivi installati sulla macchina da governare, con la distinzione tra:
  - software del CNC per la gestione degli assi di cui si compone il sistema;
  - software del PLC per la gestione degli input/output digitali e/o analogici provenienti dai diversi componenti e sensori installati a corredo della macchina (attuatori, trasduttori, dispositivi secondari quali ad es. il sub-sistema d'aspirazione, il sub-sistema di monitoraggio, i sistemi di protezione, ecc...);
- part-program, software applicativi, ciascuno costituito da una serie d'istruzioni che vengono fornite al CNC e che permette al sistema governato l'esecuzione dei cicli di lavoro.

Nella definizione della meccanica, sia sul piano morfologico sia su quello funzionale dell'apparecchiatura, è stata valutata di estrema importanza, la condizione di utilizzo del sistema in contesti non strutturati, caratterizzati da una forte alea di imprevedibilità per quanto riguarda le caratteristiche degli accessi, le dimensioni e gli ingombri degli elementi al contorno, la generale accessibilità e praticabilità. Ulteriore aspetto condizionante le scelte progettuali è stato identificato nella possibilità di fare ricorso, per le operazioni di avviamento e funzionamento del sistema, a personale addestrato nell'utilizzo del sistema, ma non particolarmente specializzato. Al pari, per quanto concerne la definizione delle soluzioni esecutive per i dispositivi di posizionamento che compongono l'apparecchiatura di rimozione intonaco, si è optato per l'impiego di componentistica standard a catalogo, del tipo di quella impiegata per i sistemi industriali di handling e movimentazione interna, essendo questo tipo di applicazione quella più vicina alle caratteristiche di progetto dell'apparecchiatura, sia per l'entità dei carichi applicati sia per tipologia e grandezza delle sollecitazioni indotte, in rapporto alle precisioni attese ed alla compatibilità dell'applicazione nel cantiere di recupero edilizio.

Per i dispositivi di posizionamento sono stati previsti sistemi di supporto e guida già disponibili sul mercato, quali tubolari strutturali, vie di corsa e gruppi di scorrimento composti da insiemi di rotelle di varia disposizione e dimensione, compresa l'accessoristica necessaria per l'assemblaggio.

Di contro, il vero e proprio dispositivo di rimozione dell'intonaco, composto da motore, trasmissione, mandrino, fresa, nonché i meccanismi di attuazione dei dispositivi di posizionamento e degli assi rotativi, le strutture di collegamento e tutte le parti accessorie, sono state oggetto di progettazione esecutiva specifica. La



necessità di prevedere e controllare i parametri di funzionamento di ciascun gruppo ha suggerito l'istanza di una progettazione dedicata, nonchè la realizzazione diretta dei singoli componenti per la prototipazione complessiva.

A partire dalla prefigurazione, in chiave morfologica e dimensionale, dell'architettura di sistema per l'apparecchiatura, la soluzione progettuale è stata ottenuta come prodotto di continue mediazioni tra scenari alternativi di funzionamento. Le scelte relative all'elettronica ed all'informatica hanno condizionato significativamente il progetto esecutivo, sia dal punto di vista delle prestazioni offerte, sia da quello delle connessioni tra le parti raggiunte. Il principio dell'integrazione funzionale ha orientato la selezione delle tecnologie di governo e controllo dell'apparecchiatura, con la definizione delle soluzioni tecniche per:

- il posizionamento dell'utensile per la rimozione rispetto al volume di intonaco da rimuovere,
- il monitoraggio degli assi e dell'utensile in fase di posizionamento e di lavoro,
- la sicurezza per gli operatori del cantiere mediante gestione degli accessi e disposizione dell'aspiratore per le polveri.

Nella fase di definizione dei parametri caratteristici di un'area di intonaco ammalorato, che necessita di appropriata rimozione, ha assunto importanza fondamentale la determinazione:

- della distanza dell'estremità dell'utensile di rimozione dalla parete (definita come "quota  $z_1$ ");
- dello spessore dell'intonaco ammalorato (definito come "quota  $z_2$ ").

La somma dei suddetti valori determina la profondità "z" che l'utensile deve raggiungere per rimuovere completamente l'intonaco ammalorato senza incidere sul materiale sottostante.

Il problema del posizionamento dell'apparecchiatura rispetto al volume di intonaco da rimuovere, in presenza di superficie non perfettamente ortogonale, è stato risolto ricorrendo ad un sensore meccanico appositamente progettato, in grado di mantenere costantemente l'utensile di rimozione, a contatto con la parete, dotato anche di dispositivi di sicurezza atti ad evitare l'urto accidentale del sensore contro ostacoli imprevisti. Per il rilievo delle eventuali variazioni di spessore nell'intonaco da rimuovere si è prefigurata l'integrazione, all'interno del sistema di governo dell'apparecchiatura, di un dispositivo per l'introspezione, in grado di funzionare con le seguenti modalità:

- autoadattativo; il sistema di governo dispone solo dei parametri relativi agli assi "x" ed "y", mentre la determinazione delle informazioni circa l'asse "z" è demandata direttamente al dispositivo per il rilievo dello spessore dell'intonaco ed a quello per il rilievo della distanza di tale dispositivo dal piano "xy" di riferimento del sistema, entrambi installati, sul braccio perpendicolare alla parete dell'apparecchiatura;
- esplorativo integrato; il dispositivo per il rilievo dello spessore è installato sul

- sub-sistema di rimozione al posto dell'utensile per la rimozione dell'intonaco. Il programma generato per la rimozione dello intonaco, prima che questo venga utilizzato per tale scopo, viene utilizzato per esplorare l'area ammalorata, rilevando lo spessore dell'intonaco e la distanza della superficie dal sistema e trasferendo tali dati alla memoria del CNC, dopo averli correlati alle coordinate "x" ed "y" del punto in cui è stato effettuato il rilevamento;
- esplorativo non integrato; il dispositivo per il rilevamento dello spessore viene, utilizzato "off line" per la creazione di un listato di informazione, mirato all'esecuzione semiautomatica del programma di rimozione o, mediante ausilio del sistema Cad/Cam, di un apposito part-program per l'esecuzione automatica della rimozione dell'intonaco. Con tale metodo l'uso del sistema è previsto solo per portare in quota il personale addetto al rilevamento ed alla determinazione della distanza dell'utensile dalla parete.

L'esigenza di monitorare gli assi e l'utensile in fase di posizionamento e di lavoro è stata risolta mediante telecamere digitali disposte sulla piattaforma e sull'utensile di rimozione, connesse al controllo numerico in modo da integrare l'immagine prodotta con i dati del pannello operatore.

Nello scenario progettuale, il sistema di monitoraggio svolge la triplice funzione di:

- rilievo dei markers di posizionamento disposti sulla parete;
- visione dell'area di lavoro;
- memorizzazione delle immagini per uso archivio.

Al fine di assicurare condizioni di benessere e sicurezza agli operatori coinvolti nelle attività di cantiere, il progetto esecutivo ha previsto il ricorso all'integrazione dei componenti meccanici con un sistema di aspirazione in grado di assorbire le polveri in fase di lavorazione. Quest'ultimo è stato selezionato in relazione al tipo di impiego, in quanto si prevede la prevalente produzione di detriti in polvere di granulometria ed in quantità compatibili con le caratteristiche dell'aspiratore. L'aspiratore è stato collegato al dispositivo di rimozione intonaco mediante apposito tubo e cappa di aspirazione; quest'ultima costituisce un'applicazione appositamente studiata per le specifiche esigenze della tecnologia di abrasione dell'intonaco selezionata.

Per il suddetto sub-sistema di aspirazione delle polveri si è predisposto un controllo mediante unità di governo, secondo una soluzione che permette l'avviamento e lo spegnimento del sistema solo nei tempi in cui risulta effettivamente necessario. In questo modo, il controllo dell'efficienza di aspirazione è risultato continuo e non si sono creati i rischi di intasamento filtro con la conseguente possibilità di danni al sistema di aspirazione.

I gruppi motori, con i relativi azionamenti deputati al comando del movimento degli assi ed al loro controllo, sono stati selezionati nell'ambito della componentistica industriale, già disponibile ed all'interno di una serie di prodotti caratteriz-

zati dalla massima affidabilità e da prestazioni decisamente eccedenti rispetto alle necessità di sistema.

Tale scelta è risultata obbligata a seguito della totale mancanza di precedenti esperienze applicative nel settore specifico della cantieristica edile, che hanno reso estremamente problematica la corretta definizione di specifiche di prestazione per il sistema. Si è preferito pertanto privilegiare la possibilità di coprire il più ampio campo di prestazioni possibile, al fine di non limitare sviluppi applicativi del sistema prefigurato, nonchè le prove da eseguire, rinviando la precisa individuazione in limiti più stretti, e quindi la conseguente riduzione di costo del sottosistema di governo e controllo, a successive fasi di sviluppo che si gioveranno di tutte le esperienze consolidate con la sperimentazione in laboratorio e sul campo, del prototipo.

In sede di progettazione esecutiva è stata predisposta, sia per il sottosistema meccanico, sia per quello di comando e controllo, anche la definizione delle specifiche tecniche dei componenti da acquisire direttamente dal mercato.

Sudette specifiche hanno infatti preso in considerazione anche aspetti legati alle disponibilità logistiche dei fornitori ed a loro eventuali precedenti esperienze in realizzazioni simili, oltre ad illustrare i principi e le procedure di base per l'esecuzione del lavoro. Le specifiche sono state mirate ad accertare la disponibilità/capacità dei fornitori ad accogliere e supportare logisticamente i prototipi anche durante le prove di laboratorio ed a collaborare per la loro realizzazione, al fine di minimizzare i trasferimenti di materiale, le fasi di riapprendimento (necessarie in caso di impiego di diversi operatori) e di ottimizzare l'intero flusso di assemblaggio.

L'insorgere di problemi tecnici durante la fase di assemblaggio e di test, è stata all'origine di alcune modifiche dimensionali, morfologiche, funzionali, apportate in corso di realizzazione del prototipo.

Ricorrendo ad una schematizzazione, è possibile ricondurre il flusso delle operazioni seguito per la prototipazione del sistema semiautomatico di cantiere verticale, a valle delle attività di progettazione esecutiva, nella:

- costruzione delle parti a disegno (scatole, supporti, alberi, coperchi, carters ecc...);
- ricezione ed accettazione dei componenti a catalogo;
- rilavorazione (ove necessario) delle parti derivate dalla componentistica a catalogo;
- collaudo dimensionale di tutte le parti meccaniche;
- preassemblaggio di sottogruppi (guide, slitte, trasmissione e scatola mandrino, comando asse C, comando asse B, trasmissioni assi lineari, ecc...);
- smontaggio delle parti;
- finitura ed applicazione dei trattamenti superficiali (galvanici, verniciatura ecc...);
- assemblaggio dei sottogruppi;
- verifica funzionale preliminare dei sottogruppi;

- assemblaggio dei gruppi principali (assi lineari, assi rotativi, mandrino ecc...);
- integrazione finale dell'intero sottosistema meccanico, piattaforma più apparecchiatura;
- verifica funzionale preliminare dell'insieme.

VINCENZO FERRARO

### 3.2. Il sistema di automazione e controllo

Il sistema di automazione è l'insieme dei dispositivi hardware e software, installati sul sistema integrato piattaforma/apparecchiatura, allo scopo di gestire e controllare, con diverse modalità di funzionamento, i diversi sottoinsiemi meccanici di cui si compone. Fisicamente si distinguono:

- quadro elettrico generale;
- box apparecchiatura;
- gruppo cavi di collegamento;
- attuatori e trasduttori (installati fisicamente sui sub-sistemi del sistema integrato).

L'architettura del sistema può suddividersi in varie sezioni ciascuna preposta a specifiche funzioni:

- sezione alimentazione;
- sezione di potenza;
- sezione delle emergenze e sicurezze;
- sezione ausiliari;
- sezione di governo e di logica;
- sezione connessioni;
- sezione remotata;
- sezione di potenza mandrino.

#### *Sezione alimentazione*

La sezione di alimentazione è così definita poiché i componenti che ne fanno parte sono utilizzati per ricevere energia elettrica da una fonte primaria (nel nostro caso un sottoquadro di cantiere) e utilizzarla o trasformarla in accordo alle esigenze dell'impianto.

L'impianto di automazione dell'apparecchiatura in esame dispone di:

- alimentazione generale di quadro (380÷400 V) supervisionata da un interruttore generale con dispositivo di interblocco e dispositivo di presenza rete;
- alimentazione secondaria 220 Vac, per le utenze di servizio all'interno del quadro;
- alimentazione secondaria 24 Vac ottenuta mediante trasformatore 380÷400 V/24 Vac, per i dispositivi ausiliari;
- alimentazione secondaria 24 Vdc ottenuta con:

- alimentatore stabilizzato e livellato 380÷400 Vac / 24 Vdc per il c.n.c., plc ed input provenienti dal sistema;
- alimentatore 380 Vac / 24 Vdc per gli output e la frenatura dei motori.

Il quadro elettrico, in cui essa risiede oltre a parte delle altre sezioni, si compone di n° 2 moduli di dimensioni di 600 x 600 x H2000, rigidamente connessi tra loro, fissati ad una base per il prelievo con fork-lift. Ciascuno modulo è dotato di anta apribile. All'interno del modulo di sinistra è posto il pannello operatore estraibile e le lampade di segnalazione di stato dell'impianto di automazione, mentre, sul modulo destro è posta la leva di commutazione dell'interruttore generale di quadro, il dispositivo di segnalazione acustica dei movimenti della piattaforma.

#### *Sezione di potenza*

Con sezione di potenza si identifica quella parte di impianto al quale è demandata la funzione di alimentare motori od utenze di rilevante potenza. Essa, fisicamente, si trova nel quadro elettrico ad eccezione della parte dedicata al motore mandrino, sistemata nel box apparecchiatura. I motori, sono alloggiati direttamente o in prossimità delle parti meccaniche da movimentare. In accordo alle diverse esigenze operative, dovendo gestire, sia motori brushless, sia motori a corrente alternata, le alimentazioni motori si diversificano in:

- alimentazione assi: ottenuta mediante azionamenti per il governo dei motori brushless ed encoder incrementali per il relativo controllo (questo tipo di configurazione è stato adottato per la movimentazione degli assi "X", "Y", "Z" e "C" per quest'ultimo asse è stato utilizzato un encoder assoluto al posto di uno incrementale);
- alimentazione controllata di motori a corrente alternata: gestiti mediante inverter ed encoder incrementale; questa configurazione è stata adottata per la gestione dell'asse "V" (asse di sollevamento della piattaforma) e del mandrino (più noto con la definizione di sistema di rimozione);
- alimentazione motori a corrente alternata del tipo "go", "non go" (la gestione di tali motori è stata ottenuta con l'utilizzo di interruttori magnetotermici, teleruttori e sensori di prossimità governati dal PLC).

Fisicamente, mentre gli interruttori magnetotermici, i teleruttori, gli azionamenti e gli inverter risiedono nel quadro elettrico o nel box apparecchiatura, i motori, gli encoder (questi ultimi calettati ai motori) e la sensoristica, sono installati sulle parti meccaniche del sistema integrato.

#### *Sezione delle emergenze e sicurezze*

Scopo di questa sezione è la protezione dell'uomo, in accordo alle diverse disposizioni normative, e della macchina da situazioni di pericolo. Tralasciando la conformità intrinseca del sistema alle normative previste si evidenzia che le sicurezze, tutte a doppio contatto e doppia catenaria, sono asservite ad un relè di sicurezza Pilz (residente nel quadro elettrico). Più propriamente la "sicurezza" del sistema si evidenzia con l'applicazione di:

- pulsanti di emergenza (disposti sul pannello di comando, sulla pulsantiera portatile, sulle pulsantiere di accesso ai cancelli dell'area di lavoro);
- interruttore di interblocco (disposti sui cancelli di accesso all'area di lavoro);
- micro apertura varco di accesso al ponte della piattaforma

Ci sono dispositivi (finecorsa assi e sensori di prossimità) preposti alla salvaguardia della macchina. Tali sensori, con la supervisione dell'unità di governo, impediscono movimenti tali da danneggiare il sistema.

#### *Sezione ausiliari*

Questa sezione comprende comandi e segnalazioni che, generalmente, servono ad identificare lo stato di funzionamento del sistema, evidenziare ed eliminare situazioni anomali nel funzionamento dello stesso (es. assi in oltrecorsa).

#### *Sezione di governo e di logica*

A questa sezione è demandato il compito di governo dell'intero sistema. Due dispositivi, il controllo numerico (CNC) ed il processore logico (PLC), in accordo alle informazioni che pervengono dal campo (con tale definizione si intendono tutti i segnali provenienti dagli encoder, finecorsa, sensori, vacuostati installati fisicamente sul sistema integrato o nel quadro elettrico) ed alla logica di macchina, provvedono a movimentare il sistema in accordo a ben definiti limiti e specifiche.

L'unità di governo si compone di:

- controllo numerico FM-NCU 570 SIEMENS;
- Plc cpu 315 SIEMENS;
- scheda di regolazione 5° asse;
- schede 32 input digitali;
- scheda 32 output digitali;
- pannello di comando (o pannello operatore) interfaccia uomo/macchina per l'attuazione di gran parte dei comandi e delle funzioni previste per l'impianto;
- pulsantiera di macchina, interfaccia per la movimentazioni degli assi dell'impianto;
- pannello servizi ausiliari, su cui sono predisposte delle lampade, per la segnalazione dello stato della macchina, nonché dei selettori e pulsanti per l'esecuzione di funzioni non previste nei normali cicli di lavorazione.

I suddetti dispositivi risiedono nel quadro elettrico.

#### *Sezione connessioni*

Questa sezione, fondamentale per la trasmissione dell'energia elettrica e dei segnali da e verso il campo, comprende tutti i tipi di connessioni realizzati per la funzionalità del sistema. Si ritrovano:

- connessione dal sottoquadro di cantiere al quadro elettrico.
- connessioni dal quadro elettrico all'apparecchiatura (e, tramite il box apparecchiatura, alla piattaforma);

- connessioni dal quadro elettrico al sistema di aspirazione;
  - connessione dal quadro elettrico alla porta di accesso dell'area di lavoro.
- Fisicamente le connessioni si realizzano mediante tre box connettori, il primo posto sul fianco del quadro elettrico, il secondo all'interno del box apparecchiatura, il terzo posto sulla consolle di comando della piattaforma. La connessione ai motori è, invece, diretta. I connettori utilizzati sono del tipo personalizzato con innesto a baionetta e ghiera di fissaggio tali da non permettere collegamenti errati.

#### *Sezione remotata*

Contenuta fisicamente nel “box apparecchiatura”, questa sezione è stata prevista per ridurre il numero di collegamenti dal quadro elettrico al campo e, quindi, il numero di cavi e, conseguentemente, il peso che il sistema piattaforma avrebbe dovuto sollevare insieme all'apparecchiatura. Essa si compone di:

- scheda mpi;
- scheda 32 input digitali;
- scheda 32 output digitali;
- scheda 2 input analogici;

La sua funzione consiste, in definitiva, nella ricezione/trasmissione dei segnali da/verso il campo in dipendenza degli input/output ricevuti dall'unità di governo centrale.

#### *Sezione di potenza mandrino*

Anche questa sezione è stata realizzata nel “box apparecchiatura” per gli stessi motivi già evidenziati. Si compone di:

- interruttore differenziale (utilizzato anche per altre alimentazioni);
- interruttore magnetotermico;
- inverter.

ROCCO SALVATO, ROCCO SALVATO

### **3.3 Ponteggi autosollevanti: customizzazione del prodotto Alimak**

La piattaforma del progetto Corited è stata progettata per supportare e posizionare l'apparecchiatura destinata alla rimozione degli intonaci e tutti i dispositivi ad essa asserviti. Nella progettazione della piattaforma, alla luce di una classificazione preventiva dei prodotti offerti ad oggi dal mercato e sulla scorta di un'analisi prestazionale e di compatibilità con le funzionalità previste per il complesso del cantiere verticale, si è optato per la selezione di una tipologia commerciale di ponteggio mobile o ponte autosollevante.

Infatti i ponti sollevabili sono normalmente azionati da motori elettrici asincroni trifase, il più delle volte a doppia velocità per ottenere lo spostamento in lento/rapido della piattaforma. Inoltre, i cinematismi impiegati dai ponti mobili si prestano particolarmente bene alle modifiche necessarie per un loro adeguamento ai requisiti di progetto, in quanto essi, da un lato presentano caratteristiche di capacità di carico e rigidità già soddisfacenti e, dall'altro, sono facilmente

implementabili per un comando a velocità variabile e gestione della posizione nello spazio, requisiti che appaiono fondamentali per il corretto impiego e per i migliori risultati operativi dell'apparecchiatura di rimozione.

La configurazione ritenuta più idonea agli scopi del progetto è stata identificata nel ponteggio autosollevante modello 2050 S della ALIMAK<sup>1</sup> che, per le caratteristiche di modularità e di leggerezza, ha favorito la più immediata ed economica integrazione con l'apparecchiatura di rimozione degli intonaci.

La versione scelta del modello indicato sopra, è stata quella monocolumna (utilizzabile, come previsto dallo stesso costruttore, anche in versione bi-columna con doppio carrello) ed è costituita da tre principali sotto – sistemi:

- sottosistema meccanico, comprendente tutte le parti meccaniche strutturali di stabilizzazione della piattaforma e di supporto dell'apparecchiatura, unitamente ai cinematismi di attuazione del movimento verticale di sollevamento del ponte;
- sottosistema elettrico, composto dalla parte di comando e controllo, oltre che dalla sezione di potenza ed alimentazione di tutti gli organi elettrici;
- tutti gli accessori ed attrezzi atti a garantire l'utilizzo in sicurezza, parapetti, protezioni dalle parti mobili, schermi anti-proiezione del materiale asportato (mantovana), ancoraggi a terra ed alla parete, scale di accesso, eventuali attrezzature di esercizio e montaggio dei sottosistemi principali.

Dal punto di vista strutturale, la piattaforma selezionata, è composta da una base di appoggio, provvista di stabilizzatori/livellatori, alla quale è fissato un elemento di colonna verticale lungo cui scorre, mediante un carrello fornito di ruote sagomate, il ponte orizzontale della piattaforma.

La colonna verticale è sviluppabile in altezza, per mezzo di elementi modulari aggiuntivi, onde consentire così un adeguamento alle necessità dei luoghi ed all'altezza dell'edificio. Sono previsti vari moduli colonna per innalzare la piattaforma fino ad un'altezza di metri 20.

Il ponte è costituito anch'esso da elementi modulari, che permettono di coprire la lunghezza desiderata, la quale risulta limitata a pochi metri per le piattaforme a colonna unica, a causa di ovvie limitazioni strutturali e di stabilità, mentre può attingere il valore di alcune decine di metri nella versione a due colonne. Il ponte di calpestio è dotato altresì di barriere protettive, cancello di accesso al ponte e di pannello di comando locale della piattaforma.

Al fine di assicurare la necessaria stabilità, le colonne – che sono caratterizzate da rapporti di snellezza veramente notevoli – sono ancorate alla struttura dell'edificio mediante puntoni metallici (ritti), disposti ad intervalli regolari (3 ÷ 5 mt), per consentire di scaricare così sull'edificio stesso le limitate sollecitazioni orizzontali, laddove i carichi più gravosi (che sono quelli verticali derivanti dalla massa del ponte e dal carico utile) sono scaricati direttamente a terra dalla colonna.

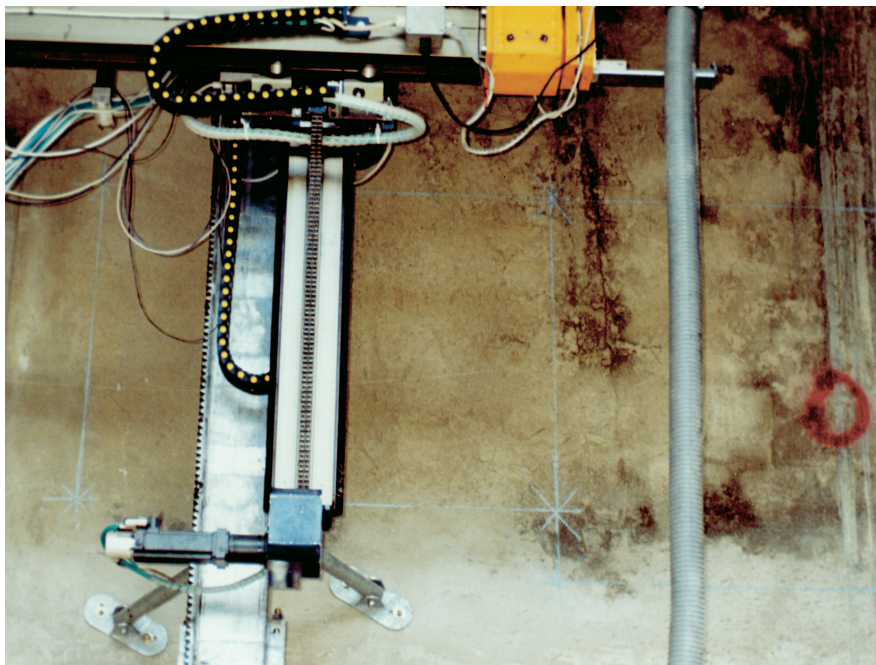
<sup>1</sup> Con sede a Colle Val d'Elsa, Alima S.p.A. rappresenta l'emanazione italiana della Intervect /Alimak Hek, azienda leader a livello mondiale nell'ascensoristica da cantiere.



Ai fini della prototipazione, è stata scelta la versione monocolonna del modello indicato sopra, perché la stessa consente di fruire delle seguenti caratteristiche tecniche fondamentali della piattaforma:

- una lunghezza massima pari a 3904 mm, congruente con lo sviluppo reale dell'asse x e della corsa relativa risultante dal progetto dell'apparecchiatura di rimozione;
- una capacità di carico utile di 840 kg, congruente con i valori calcolati per le masse di tutta l'apparecchiatura di rimozione nel suo insieme, comprensiva delle parti elettriche ed accessorie ad essa integrate;
- un'altezza di sollevamento consentita (50 m), congruente con quella richiesta (max 20 m) per il prototipo in oggetto, in funzione dei siti operativi individuati per la sperimentazione;
- una velocità di sollevamento sufficientemente alta (5,4 m/min), per gli scopi del progetto.

Le colonne Alimak sono generalmente a sezione triangolare o quadrata, e sono previste in soluzione tralicciata e/o a parete piena, disegnate in modo da disporre di idonee superfici di scorrimento per i rulli di guida. Un esempio di applicazione è illustrato nella foto che segue, dove sono chiaramente rilevabili la struttura della colonna (realizzata in tubolare quadro di acciaio), i rulli di guida (che si interfacciano con gli spigoli della colonna) e la struttura del carrello.



*La colonna alimak, modello 2050s*

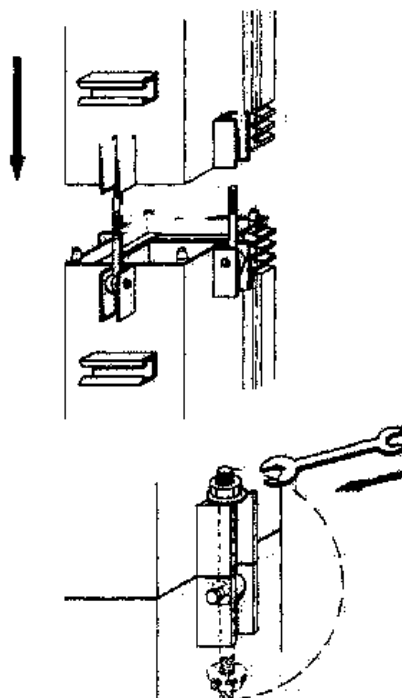
I moduli di colonna possono essere semplicemente e rapidamente montati l'uno all'altro per mezzo di appositi centraggi, costituiti da spinotti di particolare forma, e di collegamenti a perno incernierato ribaltabile e dado, come mostrato nello schizzo di seguito riportato.

*E' possibile rilevare che il tipo di montaggio appare del tutto efficace pur nella sua semplicità, richiedendo tempi estremamente limitati ed un'attrezzatura essenziale, come tale ovunque facilmente disponibile.*

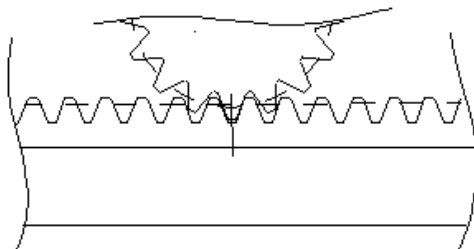
*Nello schizzo compare poi un elemento della coppia cinematica che è caratteristica dei ponti sollevabili e ne costituisce uno dei punti di forza:*

*il sistema pignone - cremagliera.*

*Quest'ultima, infatti, è chiaramente raffigurata in corrispondenza della giunzione, come organo solidale alla colonna montato su una delle pareti, in modo da non rappresentare intralcio per i rulli di guida.*

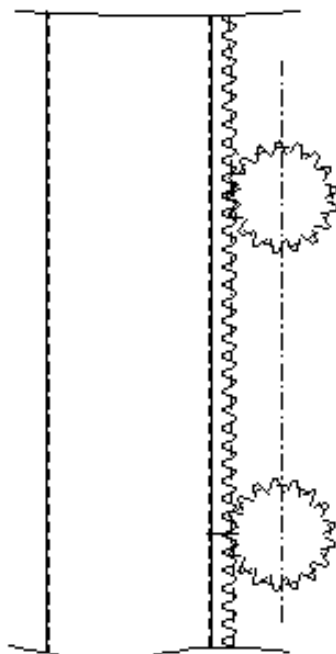


Il principio funzionale della coppia cinematica adottata per il sollevamento è da ritenersi ben noto, ma, in maggior dettaglio, essa può essere schematicamente rappresentata dallo schizzo che segue, il quale mostra un tratto della cremagliera a sezione trapezia (generatrice della dentatura ad evolvente) e parte del pignone che ingrana con essa, secondo il rapporto coincidente con quello tra i due primitivi.



Come già mostrato prima, i tratti di cremagliera sono solidali ai moduli di colonna, mentre il pignone è montato su un motoriduttore di rapporto e potenza adeguati, fissato sul carrello. In pratica, l'equipaggio mobile *si arrampica* lungo la colonna, grazie all'energia fornita dal motore elettrico. Il sistema pignone – cremagliera si è dimostrato vincente nella specifica applicazione ai ponti sollevabili, in quanto esso permette di conseguire tutta una serie di vantaggi morfologici, funzionali e costruttivi, che possono essere riepilogati come segue:

- possibilità di portare tutta la parte di meccanica di maggior pregio sul carrello, semplificando al massimo il modulo di scorrimento, il quale diventa così di tipo puramente statico;
- elevato grado di semplicità di tutto l'azionamento, che si riduce all'insieme pignone – motoriduttore, disponibile come gruppo a catalogo;
- semplicità di installazione, manutenzione e riparazione;
- elevato grado di affidabilità del sistema;
- elevato grado di sicurezza intrinseca, incrementato a livelli di garanzia assoluta grazie all'effetto moltiplicatore della soluzione a semplice ridondanza normalmente adottata, costituita dal montaggio di due pignoni azionati da due motoriduttori operanti in parallelo.



*Tale ultima soluzione può essere schematicamente rappresentata dalla figura riportata di lato, la quale mostra un tratto di colonna completo della relativa cremagliera, sul quale sono contemporaneamente ingranati due pignoni, ciascuno dei quali dimensionato – insieme con la restante parte degli organi a monte – per poter sopportare tutto l'insieme delle sollecitazioni derivanti dalla massa delle strutture mobili e dal carico utile.*

Le modifiche meccaniche apportate in sede di progetto esecutivo rispetto al sistema in commercio sono riconducibili a:

- predisposizione di speciali moduli di attacco da utilizzare per il collegamento e fissaggio al ponte dell'apparecchiatura. Tali moduli, sono dotati di sistemi per il livellamento e la regolazione in opera della disposizione geometrica delle boccole di ancoraggio dell'apparecchiatura, vincolata a tali boccole per tramite di perni filettati alloggiati con gioco nei fori di alloggiamento previsti;
- modifica e sostituzione di appositi ed idonei motori del gruppo di sollevamento lungo la colonna con altri di differente tipologia e prestazioni, allo scopo di acquisire le necessarie caratteristiche di precisione di posizionamento dell'apparecchiatura di rimozione lungo l'asse verticale e di regolazione e controllo della velocità del ponte; per tali motivi i motori scelti sono dotati di encoders incrementali, montati sulla parte posteriore dei motori stessi ed utilizzati per la misura precisa degli spostamenti lungo l'asse verticale della piattaforma. Inoltre essi sono stati predisposti per la regolazione continua della velocità, mediante il pilotaggio con inverter, e dotati inoltre di freno elettromagnetico e centrifugo;
- realizzazione di una apposita mantovana, dell'altezza di ca 2m, al fine di delimitare il perimetro del piano orizzontale della piattaforma, nella zona opposta a quella affacciata alla parete ammalorata. Essa è destinata a circoscrivere il volume di lavoro dell'apparecchiatura, allo scopo di schermarlo durante le operazioni di rimozione dell'intonaco e di contenere tutte le eventuali proiezioni di pietrame e di materiale di risulta, per la parte avente granulometria eccedente le dimensioni intercettabili dal dispositivo di aspirazione asservito all'apparecchiatura. Tale mantovana è stata realizzata in materiale poliestere ed ha una sufficiente elasticità per consentire di non opporre eccessiva resistenza al moto dell'apparecchiatura che, stante le sue dimensioni trasversali eccedenti quelle del pianale superiore del ponte a cui è ancorata, sollecita la mantovana stessa durante le escursioni di lavoro del suo asse z;
- realizzazione di una scala di accesso al pianale della piattaforma per facilitare il montaggio dell'apparecchiatura di rimozione in posizione rovescia nella parte inferiore dei moduli orizzontali al fine di consentire di raggiungere con le opportune condizioni di sicurezza la quota relativa individuata in un range variabile dai 3300 mm ai 3700 mm di altezza. Tale quota è funzione dello sviluppo verticale dell'apparecchiatura, di quello dei moduli della piattaforma citati prima e delle distanze di sicurezza rispetto agli altri ingombri presenti, quali le viti di regolazione della base di stabilizzazione. La scala è stata realizzata in materiale metallico in lega di alluminio per acquisire doti di leggerezza unitamente a quelle di resistenza, essendo prevista la removibilità della scala stessa onde consentire la libertà di movimento necessaria per l'apparecchiatura e per la piattaforma.

VINCENZO FERRARO

### 3.4 Automazione e governo del prodotto Alimak

Il ponteggio autosollevante modello 2050 S della ALIMAK è stato oggetto degli interventi di:

- calettamento di un encoder incrementale all'asse di uno dei due motori preposti al sollevamento allo scopo di ottenerne la necessaria retroazione elettrica. Di conseguenza, l'alimentazione dei motori è stata resa modulabile mediante l'unità di governo e l'uso di due inverter (uno per ogni motore);
- applicazione di un micro-interruttore al cancello di accesso alla piattaforma allo scopo di permettere il funzionamento del ponteggio, nel caso di operatore a bordo, solo dopo la sua chiusura, quindi, in condizioni di piena sicurezza. In effetti, la normativa non consente la presenza di personale a bordo di un sistema in grado di muoversi automaticamente. Nel caso specifico, può capitare che, per esigenze di cantiere, una persona salga sulla piattaforma per esplorare la zona di lavoro ed abbia, quindi, la necessità di spostarsi in altezza. Ciò è reso possibile dall'aver previsto il funzionamento solo mediante un palmare portatile che va connesso al box apparecchiatura: l'unità di governo del sistema di automazione riconosce questa particolare condizione d'uso e limita il funzionamento alla sola modalità manuale che prevede solo basse velocità di spostamento. In ogni caso, lo spostamento è abilitato solo con cancello di accesso chiuso;
- applicazione di due micro-interruttori con funzioni di finecorsa di movimentazione (per garantire i limiti superiori ed inferiore del sollevamento garantendo, quindi, la perfetta sicurezza dei movimenti);
- applicazione di un micro-interruttore, fissato ad altezza opportuna in prossimità della colonna portante, allo scopo di identificare il limite al di sotto del quale, in qualsiasi modalità di funzionamento, la velocità di discesa non superi la velocità di 1 m/min;
- applicazione di un selettore, sulla consolle del ponteggio, allo scopo di predefinire la modalità di asservimento. E' stata, infatti, lasciata inalterata la possibilità di utilizzare il ponteggio in modo classico solo in assenza dell'apparecchiatura.

Il sistema integrato *piattaforma/apparecchiatura* è in grado di funzionare in modo manuale, semiautomatico od automatico, in funzione del tipo di pianificazione delle attività di rimozione stabilite per ciascun cantiere. Per tale motivo, pur avendo previsto segnalazioni acustiche e visive per lo spostamento della piattaforma (peraltro già installate sul ponteggio ALIMAK), per evitare in modo assoluto qualsiasi situazione di pericolo per le persone nell'area di lavoro sottostante la piattaforma, si è ritenuto necessario proteggerla con la realizzazione di una recinzione. L'accesso all'area è, quindi, possibile solo attraverso l'apposita porta ad accesso "controllato".

L'area da proteggere dipende dalle dimensioni del ponte di calpestio della piattaforma che, essendo modulare, può essere allungato fino a metri 9. La regola da

adottare per la definizione delle dimensioni, indicando con “L” la lunghezza del ponte e con “P” la sua profondità, sarà la seguente:

$$X = 2000 + L, \quad Z = 2000 + P$$

con le dimensioni espresse in millimetri.

La “porta ad accesso controllato”, è dotata di interruttore di interblocco e di pulsantiera contenente:

- pulsante luminoso di abilitazione all’ingresso;
- pulsante luminoso di disabilitazione dell’ingresso;
- pulsante di emergenza a ritenuta.

Per quant’altro riguardante i dati tecnici del sotto-sistema elettrico, si rinvia alla consultazione delle tabelle specifiche allegate.

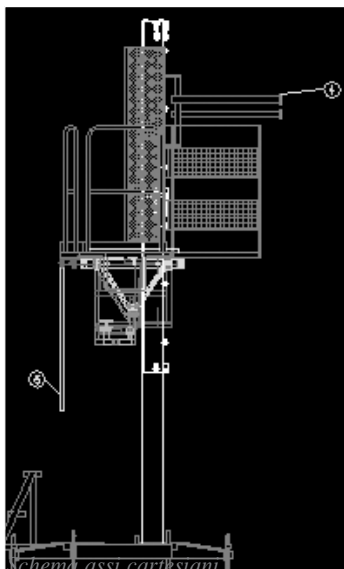
ROCCO SALVATO, ROCCO SALVATO

### 3.5 Apparecchiatura per rimozione intonaci

L’apparecchiatura per rimozione intonaci è stata progettata per assicurare al sistema integrato l’esercizio della sua prestazione fondamentale, costituita appunto dalla capacità di asportazione dell’intonaco.

Per tale scopo essa è stata dotata di un movimento primario di taglio e di moti di posizionamento realizzati mediante veri e propri assi di avanzamento controllati, atti a consentire gli spostamenti precisi lungo il piano della facciata.

Per una più agevole interpretazione dei dati descritti in quanto segue si fa diretto riferimento al sistema di assi cartesiani mostrato di seguito: gli assi **x**, **y**, **z** e **c**, definiti in accordo alla convenzione ISO, sono stati differenziati in funzione della funzione dagli stessi espletata.

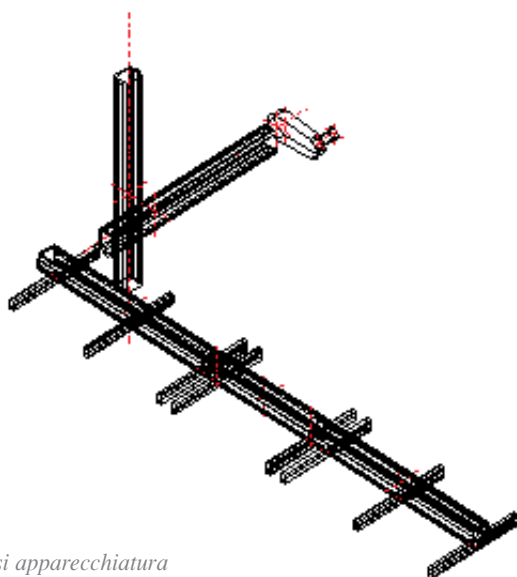


Secondo quanto indicato nella rappresentazione schematica, i moti principali sono distinti come di seguito indicato:

- moto di taglio competente al mandrino porta-utensile;
- moto di registrazione competente all'asse z;
- moti di avanzamento propri degli assi x e y di posizionamento;
- moto di rotazione intorno a z competente all'asse c.

Ciascuno dei suddetti movimenti è stato dimensionato facendo riferimento ai parametri indicati nelle tabelle di compendio raccolte in allegato, che di fatto rappresentano i dati di targa dell'apparecchiatura progettata.

Tali tabelle individuano, per ciascun movimento, l'asse che lo attua: in particolare è utile precisare che, in aggiunta ai veri e propri assi di posizionamento controllati con precisione e sopra definiti, bisogna considerare un ulteriore movimento (b) intorno all'asse y che è un asse non controllato utilizzato per il ricovero del braccio orizzontale (asse z) durante il passaggio da un lato all'altro del montante della piattaforma.



*Assemblaggio assi apparecchiatura*

L'apparecchiatura per la rimozione dell'intonaco consente l'attuazione di 5 movimenti complessivi: tre sono lineari lungo gli assi x, y e z e due rotativi (b e c) intorno agli assi y e z. Nel complesso in essa si distinguono i seguenti gruppi principali:

- guida di base modulare, formata da tre elementi di lunghezza idonea al montaggio sulla traversa mobile del ponte della piattaforma ed alla realizzazione della corsa longitudinale voluta. La guida è disegnata in modo tale da poter essere collegata direttamente alla piattaforma o per poter essere appoggiata a terra;

- montante scorrevole sulla guida di base, costituito da una slitta ed una colonna di altezza idonea alla realizzazione della corsa verticale voluta. Tra la colonna e la slitta è interposta una ralla che consente la rotazione di 90° intorno all'asse verticale della colonna stessa;
- traversa scorrevole verticalmente sul montante ed orizzontalmente sul carrello vincolato a quest'ultimo, costituita da una slitta ortogonale e dalla struttura della traversa propriamente detta di lunghezza idonea alla realizzazione della corsa trasversale voluta, che funge da supporto degli ulteriori componenti di seguito elencati;
- gruppo di supporto mandrino, ruotante intorno all'asse longitudinale della traversa al fine di posizionare l'albero mandrino in posizione eccentrica e da qualsiasi lato (alto, basso, destra e sinistra) rispetto a quest'ultima;
- mandrino propriamente detto (albero, attacco utensile, supporti e cuscinetti, scatola esterna) con relativo motore e catena cinematica di azionamento (albero, supporti, pulegge, cinghie dentate);
- sistemi ausiliari di supporto cablaggi elettrici (potenza e controllo), costituiti da una linea a festoni per il movimento longitudinale e da cingoli portacavo per tutti gli altri movimenti (y e z);
- componenti ausiliari di supporto della cappa di aspirazione del materiale asportato e del relativo tubo di convogliamento;
- organi di chiusura e protezione quali carters, barriere, altri componenti aventi funzione di delimitazione di aree.

L'apparecchiatura è comandata dal sistema di controllo, che alimenta i singoli attuatori e consente la realizzazione di tutti i movimenti secondo traiettorie e leggi di moto programmate. Il funzionamento è, in definitiva, del tutto assimilabile a quello di una piccola fresatrice a montante mobile, pur se con caratteristiche di minore rigidità e precisione e maggiore agilità.

In particolare si deve altresì tener presente che:

- i movimenti sono indotti da idonei motoriduttori a comando elettrico, di cui quattro (assi x, y, z e c) a corrente continua ed il quinto (movimento b) a corrente alternata: le guide lungo le quali i movimenti stessi sono realizzati mutuano le caratteristiche di moduli standard, di cui ci si è avvalso per aumentare l'affidabilità del manufatto da costruire;
- i cinematismi utilizzati per la trasmissione del moto (assi z e c) sono costituiti da cinghie positive al fine di acquisire la massima precisione del movimento in oggetto, ad eccezione dell'asse b (sistema pignone – ruota), dell'asse y (sistema pignone e catena) e dell'asse x per cui la scelta del cinematismo è caduta su una trasmissione del tipo pignone – cremagliera, con precarica del pignone allo scopo di aumentare al massimo la precisione dell'asse stesso;
- la guida dell'asse x è composta da tre moduli lineari corrispondenti ai moduli del ponte della piattaforma, a cui essa è accoppiata in fase di integrazione: i tre moduli sono rispettivamente di lunghezza pari a 2300 mm, 900 mm e 1500 mm. In particolare il modulo di 2300 mm presenta un tratto a sbalzo di



- 800 mm, eccedente la lunghezza del modulo corrispondente della piattaforma, per consentire il parcheggio dei carrelli del festone porta-cavi e l'allocazione del box elettrico di comando dell'apparecchiatura;
- sulla guida dell'asse x scorre la slitta che realizza il movimento corrispondente e sulla stessa sono montati sia la ralla di attuazione del movimento dell'asse b, sia la colonna verticale costituente la guida dell'asse y; su quest'ultima scorre la slitta che realizza il movimento verticale corrispondente e porta anteriormente anche il gruppo porta – rotelle su cui scorre la guida dell'asse z, costituita da una traversa realizzata con gli stessi componenti standard utilizzati per l'asse x e l'asse y;
  - sulla traversa configurante l'asse z sono allocati:
    - il motore mandrino montato sulla parte posteriore;
    - il motoriduttore dell'asse c posto sulla scatola fissa flangiata sulla parte anteriore. Nella scatola testé indicata sono allocati sia le pulegge di rinvio del moto dell'asse c sia gli elementi di rinvio del moto al mandrino vero e proprio; in particolare il fuso del mandrino e le pulegge di trasmissione al fuso stesso sono disposti sulla scatola posta anteriormente alla precedente fissa alla traversa dell'asse z e costituente realmente l'asse c;
  - sul canotto esterno del fuso mandrino, in cui sono alloggiati i cuscinetti di supporto di quest'ultimo, è previsto l'alloggiamento della cuffia del sistema di aspirazione delle polveri di intonaco ammalorato.

Le dimensioni fuori tutto dell'apparecchiatura sono le seguenti: 4700 x 2300 x 2300 mm (L x W x H).

La massa dell'apparecchiatura completa, come risultante dalla sommatoria delle masse unitarie dei singoli moduli costituenti, è pari a ca. 600 kg.

L'apparecchiatura progettata consente due modalità di montaggio, “stand – alone” ed “integrata” con la piattaforma: la prima configurazione necessita della disponibilità di una sotto – struttura metallica (basamento) su cui i tre moduli costituenti l'asse x sono appoggiati e fissati mediante i terminali filettati di cui ciascun modulo è dotato, la seconda configurazione prevede la disponibilità della piattaforma, al cui ponte l'apparecchiatura viene vincolata nella posizione “rovescia” rispetto a quella di montaggio relativa alla configurazione “stand – alone” e con modalità analoghe. Precisamente il montaggio sulla piattaforma, a causa delle cospicue masse dell'apparecchiatura di rimozione e degli ingombri relativi non trascurabili, rendono necessario che, all'atto dell'integrazione, siano disponibili e vengano utilizzati una serie di dispositivi ausiliari costituiti da un carrello e da un fork – lift. In particolare tale carrello è un'attrezzatura appositamente progettata e disegnata per lo scopo dell'integrazione dell'apparecchiatura sulla piattaforma. Esso è costituito da una base mobile su ruote da cui si ergono due tubolari irrigiditi sulla base stessa da nervature anch'esse costituite da tubolari: sulla sommità dei due montanti tubolari precedenti sono montati due supporti su cui sono poggiati gli assi di rotazione di un telaio mobile che rappresenta la culla destinata ad accogliere l'apparecchiatura.

La rotazione del telaio è realizzata per mezzo di un riduttore a doppio stadio di riduzione, azionato a mano o per mezzo di un utensile rotativo, elettrico o pneumatico. Il telaio mobile è predisposto con apposite sedi atte a ricevere la guida dell'asse x del modulo dell'apparecchiatura insieme al box elettrico ed ai carrelli del festone porta-cavi montati sulla stessa guida: tale operazione deve essere eseguita con l'ausilio di un fork – lift che impegna le apposite sedi di una sotto-struttura su cui è collegata la guida dell'asse x e la trasborda sul portale mobile del carrello, poggiandola nelle sedi prima indicate a cui la guida resta vincolata mediante robuste piastre imbullonate. Nella configurazione sopra descritta l'apparecchiatura viene disposta nella posizione “rovescia” di montaggio sulla piattaforma, facendo compiere una rotazione di 180° al telaio mobile del carrello. Indi poi, il carrello viene accostato alla piattaforma di fianco alla base di stabilizzazione della stessa e, una volta verificata una sufficiente precisione di allineamento fra guida dell'apparecchiatura e pianale della piattaforma, quest'ultimo viene abbassato fino quasi a raggiungere la quota delle interfacce filettate che, nel frattempo e dopo la rotazione di 180° del telaio, erano state montate sulla guida dell'asse al posto prima occupato dalla sotto-struttura di appoggio a terra (posizione “diritta”).

ROCCO SALVATO, ROCCO SALVATO  
ALLEGATO

## Tablelle riepilogative delle specifiche di progetto

### DATI TECNICI APPARECCHIATURA DI RIMOZIONE

#### Taglio (mandrino)

• Potenza nominale mandrino	max 1.1 kW
• Velocità nominale motore mandrino	1.420 giri/1'
• Range frequenza di pilotaggio motore	15 ÷ 75 hz
• Variazione velocità motore mandrino	250 ÷ 2.500 giri/1'
• Variazione velocità asse mandrino	500 ÷ 5.000 giri/1'

#### Registrazione (asse z)

• Corsa	850 mm
• Velocità di rapido	5.000 mm/1'
• Velocità di lavoro	max 2.000 mm/1'
• Max forza applicabile in direzione dell'asse	500 N
• Rapporto spostamento/rotazione motore	7,107 mm/giro
• Rapporto spostamento/rotazione encoder	$5,7 \cdot 10^{-3}$ mm/impulso
• Coppia max continuativa motore	0,76 N*m
• Velocità angolare max motore	6.000 giri/1'
• Velocità angolare max funzionamento motore	max 4.000 giri/1'
• Potenza assorbita	Max 0,5 kW

#### Avanzamento (assi x ed y)

• Corsa	1.000 mm
• Velocità di rapido	5.000 mm/1'
• Velocità di lavoro	0 ÷ 2.000 mm/1'
• Max forza applicabile in direzione dell'asse	500 N
• Precisioni di posizionamento	± 1 mm
• Rapporto spostamento/rotazione motore	7,913 (x) e 2,993 (y) mm/giro
Rapporto spostamento/rotazione encoder	$6,3 \cdot 10^{-3}$ (x) e $2,4 \cdot 10^{-3}$ (y) mm/impulso
• Coppia max continuativa motore	0,76 N*m
• Velocità angolare max motore	max 3.000 giri/1'
• Velocità angolare max funzionamento motore asse x	max 4.000 giri/1'
• Velocità angolare max funzionamento motore asse y	max 6.000 giri/1'
• Potenza assorbita da ciascun asse	max 0,5 kW

*Rotazione (asse c)*

• Corsa	360 gradi
• Velocità di rapido	2 giri/1'
• Velocità di lavoro	0,5 giri/1'
• Max forza applicabile in direzione dell'asse	500 N
• Precisioni di posizionamento	± 1 °
• Rapporto spostamento/rotazione motore	0,018 rad/giro
• Rapporto spostamento/rotazione encoder	2,519*10 <sup>-4</sup> rad/impulso
• Coppia max continuativa motore	0,76 N*m
• Velocità angolare max motore	6.000 giri/1'
• Velocità angolare max funzionamento motore	max 15 giri/1'
• Potenza assorbita	max 10 W

**DATI TECNICI PIATTAFORMA**

Le tabelle riportate di seguito identificano le prestazioni della piattaforma nella configurazione progettata.

<b>DATI GENERALI</b>	<b>VALORI</b>
Velocità di sollevamento (m/min)	5,4
Massima altezza libera ammessa in servizio (m)	6
Massima altezza libera ammessa fuori servizio (m)	0
Massima velocità ammessa del vento durante l'installazione (m/sec)	12,7
Massima velocità del vento in servizio (m/sec)	15,5
Massima velocità del vento fuori servizio (m/sec)	42
Potenza d'alimentazione esterna (kW)	3
<b>CARATTERISTICHE ELETTRICHE</b>	<b>VALORI</b>
Potenza sistema di sollevamento (kW)	2x0,75
Potenza assorbita per il sollevamento (kVA)	2,5
Tensione di alimentazione (V)	380
Frequenza di alimentazione (Hz)	50
Tensione circuito di comando (V)	220
Frequenza circuito di comando (Hz)	50
Massima corrente di spunto (A)	10
Tensione presa monofase per gli utensili di servizio (V)	220
Massima corrente prelevabile dalla presa di servizio (A)	16

<b>PORTATE</b>	<b>VALORI</b>
Dimensione standard di piattaforma [lunghezza (m) per profondità (m) estensioni incluse]	3,9x1,6
Carico nominale (comprese le persone) (kg)	840
Massima altezza di sollevamento a colonna ancorata (m)	50
Intervallo massimo fra gli ancoraggi (m)	6
Massima altezza dopo l'ultimo ancoraggio in lavoro a colonna libera (m)	3
Massima forza manuale quando si opera a colonna libera (N)	200
<b>DIMENSIONI E PESI</b>	<b>VALORI</b>
Minimo ingombro in altezza di trasporto (m)	1,8
Minima altezza del piano della piattaforma dal suolo (m)	0,95
Dimensioni dell'elemento ponte normale [lunghezza (m) per profondità (m)]	1,502x0,8
Peso di ogni elemento ponte normale (kg)	68
Dimensioni dell'elemento ponte corto [lunghezza (m) per profondità (m)]	0,82x0,8
Peso di ogni elemento ponte corto (kg)	42
Dimensioni della colonna altezza (m) per lato (m)	1,5x0,175
Peso della colonna (kg)	47
Dimensioni gruppo di sollevamento (lunghezza (m) per profondità (m) per altezza (m))	0,95x0,9x0,97
Peso gruppo di sollevamento (kg)	235
Dimensioni basamento (lunghezza (m) per profondità (m))	1,7x1,89
Peso del basamento (kg)	231
<b>SPECIFICHE TECNICHE DELLA PIATTAFORMA</b>	<b>VALORI</b>
Potenza installata (kW)	2x0,75
Corrente assorbita (A)	4
Corrente di spunto (A)	5
Potenza di linea richiesta (kW/h)	2,5
Sezione cavo di alimentazione per altezze fino a 40 m	5 x 2,5 mm <sup>2</sup>

EQUIPAGGIAMENTI DI SICUREZZA	VALORI
Dispositivo di extracorsa di montaggio (presenza colonna)	✓
Dispositivo di extracorsa in discesa	✓
Micro di sicurezza porta accesso alla piattaforma di lavoro	✓
Doppio motoriduttore con motore elettrico autofrenante	✓
Freno centrifugo	✓
Sblocco manuale freni per discesa in emergenza	✓
Finecorsa di salita	✓
Finecorsa di discesa	✓
Cremagliera troncata nell'elemento verticale terminale	✓
Sequenzimetro di fase per congruenza comando/direzione movimento	✓



*Assemblaggio dell'apparecchiatura in officina*

DATI ELETTRICI MOTORIZZAZIONE	
CARATTERISTICHE DI FABBRICAZIONE DEI MOTORI ELETTRICI	VALORI
N° motori elettrici	2
Tipo	motore trifase autofrenante
Grandezza	80
Forma costruttiva	B5

Protezione agenti atmosferici	IP55
Numero dei poli	4
Fattore di servizio riduttore	1,38

VINCENZO FERRARO

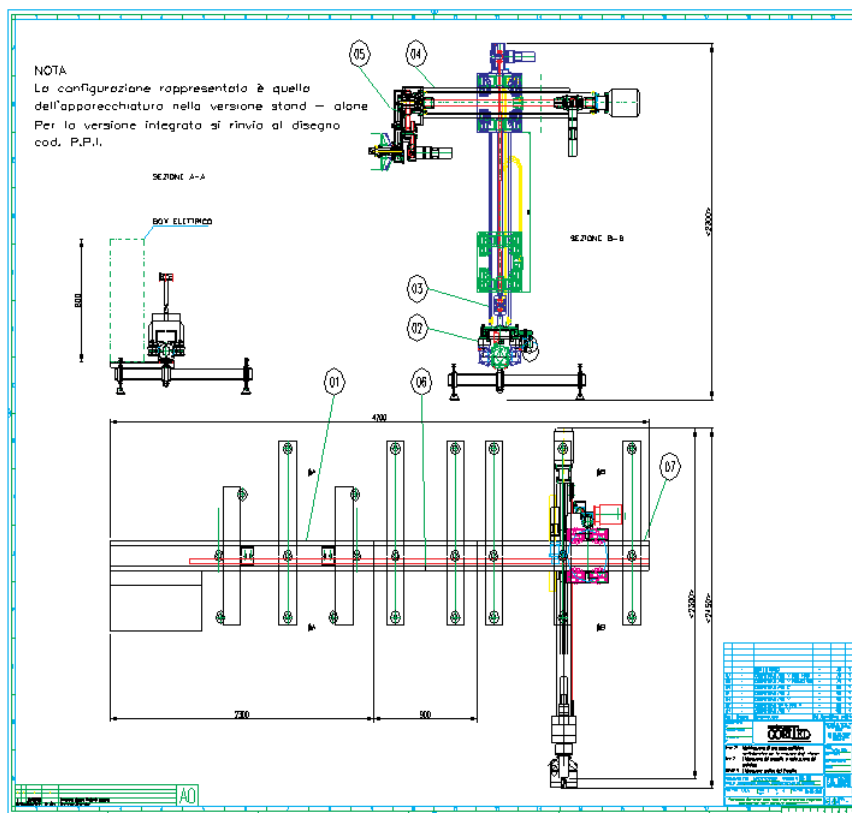


Grafico di progetto

ALLEGATO

**Tabelle riepilogative delle specifiche del progetto elettrico**

Specifiche ambientali:

- Escursione temperatura ambiente: 0°C — +30°C (\*)
- Massima percentuale di umidità: 70% (\*)

Specifiche generali dell'impianto e grado di protezione ambientale:

- alimentazione elettrica del sistema: 380 V trifase + neutro + terra
- frequenza: 50 Hz
- potenza complessiva: 12 Kw
- caduta di tensione ammessa: max +/- 5%  $V_n$  utenze f.m.  
+/- 3%  $V_n$  utenze luce
- grado di protezione dall'ambiente: IP55 (carpenteria, pulsantiere, ecc..)
- grado di protezione elettrica: IP65
- grado di protezione motori IP65 o IP67

Specifiche generali dei cablaggi:

- i conduttori usati per il cablaggio devono rispondere alle seguenti norme
  - n CEI 20-14; CEI 20-22;
  - n CEI 20-35; CEI 20-36; CEI 20-37;
  - n CEI 20-11;
  - n CEI 64-8;
  - n CEI 62-8;

colorazione delle guaine cavo

- Nero alimentazione circuiti di potenza
- azzurro conduttore di neutro
- blu ingressi, uscite, interfacciamenti - tensione di esercizio 24  $V_{dc}$
- marrone negativo
- arancio tensioni interconnesse
- giallo/verde conduttore di terra

Tensioni normalizzate per apparati del sistema di automazione:

- sensori 24  $V_{dc}$
- elettrovalvole 24  $V_{dc}$
- ausiliari partenze motori 24  $V_{dc}$
- ausiliari azionamenti 24  $V_{dc}$
- ingressi ed uscite in genere 24  $V_{dc}$
- riferimenti analogici +/- 10 V (4 - 20 mA)
- pulpiti e pulsantiere 24  $V_{dc}$

Limiti operativi del sistema apparecchiatura:

- corsa asse "x" = 3.904 mm



- “ asse “y” = 1.000 mm
- “ asse “z” = 850 mm
- “ asse “v” = 20.000 mm (\*) (asse di sollevamento della piattaforma)
- “ asse “c” = 360° (rotazione dell’asse mandrino portautensile)

Specifiche del software di caratterizzazione (logica di macchina):

- funzionamento della logica di macchina con le seguenti modalità
    - funzionamento in modo manuale
    - funzionamento in modo semiautomatico
    - funzionamento in modo automatico
  - condizioni di esercizio nelle diverse modalità di funzionamento
    - modo manuale*
      - velocità di avanzamento assi  $\leq 3.000$  mm/1’;
      - sistema rimozione inattivo;
      - sistema di protezione area attivo e non (stato indifferente);
      - sistema di protezione accesso piattaforma attivo e non violato;
      - sistema di monitoraggio attivo e non (stato indifferente);
    - modo semiautomatico od automatico*
      - velocità di avanzamento assi definibile dall’operatore;
      - sistema piattaforma inattivo;
      - sistema di protezione area attivo e non violato;
      - sistema di protezione accesso piattaforma attivo e non violato;
      - sistema di monitoraggio attivo e non (stato indifferente);
    - condizioni iniziali di esercizio:
      - velocità di avanzamento assi  $\leq 3.000$  mm/1’;
      - ricerca automatica del riferimento di “zero” degli assi;
    - verifica della planarità del sistema P/ASR rispetto ai piani xz e xy;
    - ripetibilità del sistema: capacità, una volta individuati i limiti operativi, di ritornare su punti predefiniti o ripercorrere traiettorie con una tolleranza inferiore ad 1 mm.
    - controllo della velocità angolare del sistema di rimozione (utensile);
    - capacità di controllo dei limiti operativi;
    - fermo esecuzione durante le fasi di movimentazione degli assi;
    - protezione dei motori da danneggiamenti all’avviamento, a rotore bloccato, sovraccarichi e corti circuiti con segnalazione dell’anomalia;
    - gestione sistema di rotazione/rimando asse mandrino (asse “c”);
    - gestione e controllo del sistema di aspirazione delle polveri;
    - gestione e controllo del sistema di monitoraggio (n° 2 telecamere);
- specifiche del software di caratterizzazione - sicurezza:
- gestione sistema di protezione uomo, macchina ed area di lavoro;
  - Gestione sistema anticollisione ritto;
  - gestione sistema “anticollisione colonna”;
  - controllo delle operazioni di cambio utensile “in sicurezza”.

la configurazione che si propone per il sistema, prevede:

- piattaforma autosollevante del tipo monocolonna (asse “v”);
- apparecchiatura di rimozione (vedi progetto meccanico) composto di:
  - asse x lineare parallelo e vincolato alla piattaforma;
  - asse y lineare a sbalzo;
  - asse z lineare a sbalzo con sistema di rimozione;
  - sistema S.A.C. (anticollisione colonna);
- sistema di rimozione composto di:
  - apparato di rimozione (asse mandrino);
  - sistema S.R.M (sistema rimando mandrino) (asse “c”);
  - sistema S.A.R. (sistema anticollisione ritto);
  - dispositivo rilievo distanza sistema-parete;
- sistema di aspirazione;
- sistema di monitoraggio;
- quadro elettrico comprensivo di pannello operatore;
- palmare portatile con comandi remotati;

principali componenti del sistema sono:

- N° 3 motori brushless per assi “x”, “y” e “z”:
  - alimentazione = 380÷400 V
  - frequenza = 50 Hz
  - max coppia nominale = 0.70 Nm
  - max forza applicabile in direzione dell’asse = 500 N
  - rapporto spostamento/rotazione motore = 3 mm/giro
  - rapporto spostamento/rotazione encoder = 0.0006 mm/impulso
  - velocità angolare max motore = 3.000 giri/1’;
- n° 2 motori asincroni per asse “v” (piattaforma autosollevante):
  - alimentazione = 380÷400 V
  - frequenza = 50 Hz
  - potenza nominale = 750 W
- motore mandrino (sistema di rimozione):
  - alimentazione = 380÷400 V
  - frequenza = 50 Hz
  - potenza nominale mandrino = 1.1 Kw;
  - velocità nominale = 1.500 giri/1’;
  - variazione di velocità = 500-3000 giri/1’;
- motore brushless per rotazione rimando mandrino (asse C):
  - alimentazione = 380÷400 V
  - frequenza = 50 Hz;
  - max coppia nominale = 0.7 Nm;
  - velocità di rapido = 10.000 mm/1’;
  - velocità di lavoro = 0 - 5.000 mm/1’;
  - max coppia nominale = 0,70 Nm;
  - max forza applicabile in direzione dell’asse = 500 N;

- rapporto spostamento/rotazione motore = 3 mm/giro;
- rapporto spostamento/rotazione encoder = 0,0006 mm/impulso;
- velocità angolare max motore = 3.000 giri/1’;
- n° 1 motore asincrono per rotazione sistema anticollisione colonna:
  - alimentazione = 380÷400 V
  - frequenza = 50 Hz
  - potenza motore = 0.2 Kw;
- motore asincrono sistema di aspirazione delle polveri:
  - alimentazione = 380÷400 V
  - frequenza = 50 Hz
  - potenza: motore = 4 Kw (5,5 Cv);
  - grado di protezione = IP54;
  - isolamento = classe B;
- n° 4 encoder incrementali 2500 impulsi/giro;
- n° 1 encoder assoluto;
- sensoristica di controllo corsa assi:
  - n° 1 micro di zero per asse “x”;
  - n° 2 “ “ finecorsa per asse “x”;
  - n° 1 “ “ zero per asse “y”;;
  - n° 1 “ “ zero per asse “z”;
  - n° 1 “ “ zero per asse “v”;
  - n° 2 “ “ finecorsa per asse “v”;
  - n° 1 “ “ rallentamento in discesa asse “v”;
  - n° 2 “ “ anticollisione colonna;
  - n° 2 “ “ controllo rotazione asse “y” (scavalco colonna);
  - n° 1 “ “ di attivazione/disattivazione sistema di sicurezza cambio utensile;
  - n° 1 sensore per anticollisione ritto;
  - n° 1 trasduttore lineare (per rilievo distanza tra P/ASR e parete);
  - n° 1 vacuostato controllo efficienza aspirazione;
- sistema di monitoraggio:
  - n° 2 telecamere digitali a colori 12/24V<sub>ac</sub> – 3W – uscita video composito S-VHS;
  - obiettivo a fuoco variabile 6/36 mm autoiris;
  - comando zoom 24 V<sub>ac</sub>;
  - involucro di protezione IP65 termoriscaldato – 24 V<sub>ac</sub>;
  - alimentatore 220 V<sub>ac</sub>/24 V<sub>ac</sub> – 400 mA;
  - supporto per fissaggio al sistema apparecchiatura;
- n° 1 quadro elettrico comprensivo di pannello operatore;
- palmare portatile.



## 4. VALIDARE IL CANTIERE VERTICALE PER IL RECUPERO

TERESA NAPOLITANO

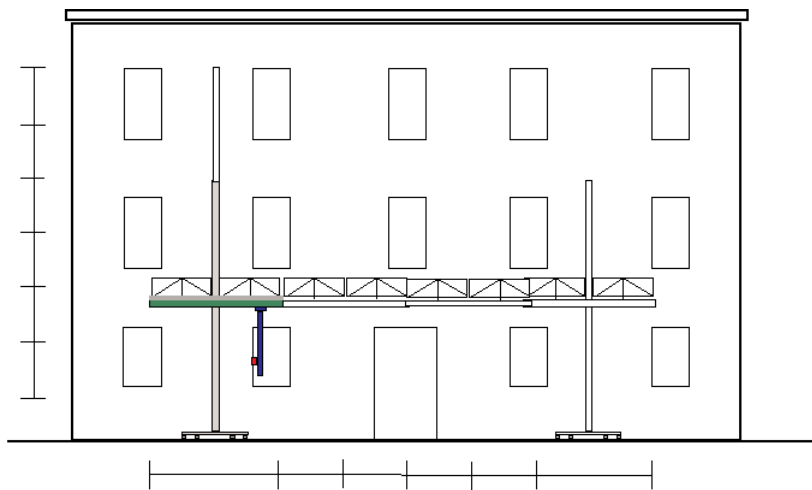
### 4.1 Operatività e funzionalità della tecnologia prefigurata

La definizione dei parametri di valutazione del progetto di apparecchiatura per la rimozione di intonaco ha costituito una tappa importante dell'iter progettuale. È, infatti, configurabile come un momento in cui l'individuazione dei fattori in grado di incidere rispetto alla valutazione finale delle caratteristiche funzionali, di interfaccia ed operative, dichiarate nella fase preliminare di identificazione dei requisiti, si coniuga alla trasposizione, in chiave operativa, di tutte le condizioni tecniche espresse nel quadro prestazionale del progetto.

Le principali caratteristiche, che hanno conformato l'impostazione dei test di validazione, sono identificabili nell'*operatività* e *funzionalità* del sistema. Con la prima si intende l'attitudine dell'apparecchiatura a funzionare nell'ambito dei limiti dimensionali e fisici prefissati rispettando le specifiche tecniche stabilite in termini di geometria e precisione; mentre la funzionalità è acquisibile come l'attitudine a espletare le funzioni per le quali il prototipo è stato progettato e realizzato, descrivendo le traiettorie nel piano della facciata da rimuovere, interfacciandosi con i dispositivi ausiliari (utensili e sistema di aspirazione) garantendo la visualizzazione dell'area di lavoro ed il controllo di ciascuna operazione elementare eseguita.

In particolare, l'operatività ha assunto la valenza di compatibilità del sistema con le condizioni poste dal contesto d'uso. Progettare un nuovo tipo di apparecchiatura da cantiere per i centri storici implica, infatti, la consapevolezza di operare in un contesto edilizio di estrema complessità e vulnerabilità; pertanto la configurazione delle caratteristiche dimensionali dell'apparecchiatura è scaturita proprio da un'accurata analisi del complesso di vincoli di natura morfologica caratterizzanti il sito di lavoro<sup>1</sup> - le ampiezze minime ed i dislivelli delle strade adiacenti alle fabbriche e quelle di varchi, la presenza di scale adiacenti alle facciate, la presenza di sagrati di peculiare conformazione, le particolari morfologie delle strutture come le strombature dell'apparecchio murario, la presenza d'ingombri planimetrici rappresentati da elementi di pregio architettonico, le altezze massime delle fabbriche, la presenza di vincoli in oggetto, la variabilità dello spessore di intonaco, etc.

<sup>1</sup> Lo studio, eseguito durante la prima fase della ricerca dedicata all'identificazione dei requisiti di progetto, è stato condotto per un'esauriva campionatura di siti architettonici tutelati dalla Sovrintendenza BAPPSAD della provincia di Salerno ed Avellino: Chiesa di San Lorenzo – Salerno, Chiesa di Sant'Andrea de' Lavinia – Salerno, Complesso di Santa Maria della Mercede – Salerno, Palazzo Fruscione – Salerno, Camera di Commercio – Salerno, Chiesa di Santa Maria Santissima dell'Addolorata – Salerno, Palazzo Ruggi d'Aragona – Salerno, Certosa di Padula – Padula (SA), Villa Rufolo – Ravello (SA), Duomo di San Pantaleone – Ravello (SA), Duomo di San Lorenzo – Scala (SA), Palazzo Vinciprova – Pioppi (SA), Complesso di Santa Maria dell'Assunta di Castellabate – Castellabate (SA).



*Schema di posizionamento delle piattaforme e apparecchiature in facciate*

Il sistema risponde al requisito di flessibilità e risulta essere espandibile: il prototipo è stato, infatti, realizzato secondo la sua configurazione minima, ma la modularità dell'impianto costruttivo lo rende estensibile in larghezza - incrementando il numero dei moduli ponte, - ed in altezza - incrementando il numero dei moduli colonna. In fase di validazione si è pertanto prevista l'esecuzione di test tesi a valutare la *cantierabilità* dell'apparecchiatura, ossia l'insieme delle operazioni preliminari e successive all'effettiva operatività del sistema stesso, intesa come attuazione della rimozione di intonaco in facciata<sup>2</sup>. Acquisibili quali specifiche cardinali della funzionalità del sistema, la sicurezza degli operatori e la salvaguardia dell'ambiente hanno rappresentato dei requisiti imprescindibili durante tutto l'iter progettuale; lo sforzo corale delle competenze coinvolte è stato teso a individuare una metodologia in grado di eliminare i fattori di rischio legati al tradizionale approccio operativo di rimozione, sia impostando una innovativa modalità operativa, sia attrezzando il sistema di dispositivi antinfortunistici, sia controllando le potenziali fonti di pericolo. Da qui è discesa la necessità di rilevare il grado di sicurezza garantito dall'uso dell'apparecchiatura deducendolo dall'attitudine ad espletare le proprie funzioni in totale rispetto delle vigenti normative in materia di sicurezza. L'attività di test, condotta in ambiente confinato e in situ, ha rappresentato senza dubbio una delle fasi più importanti del progetto in quanto acquisibile come

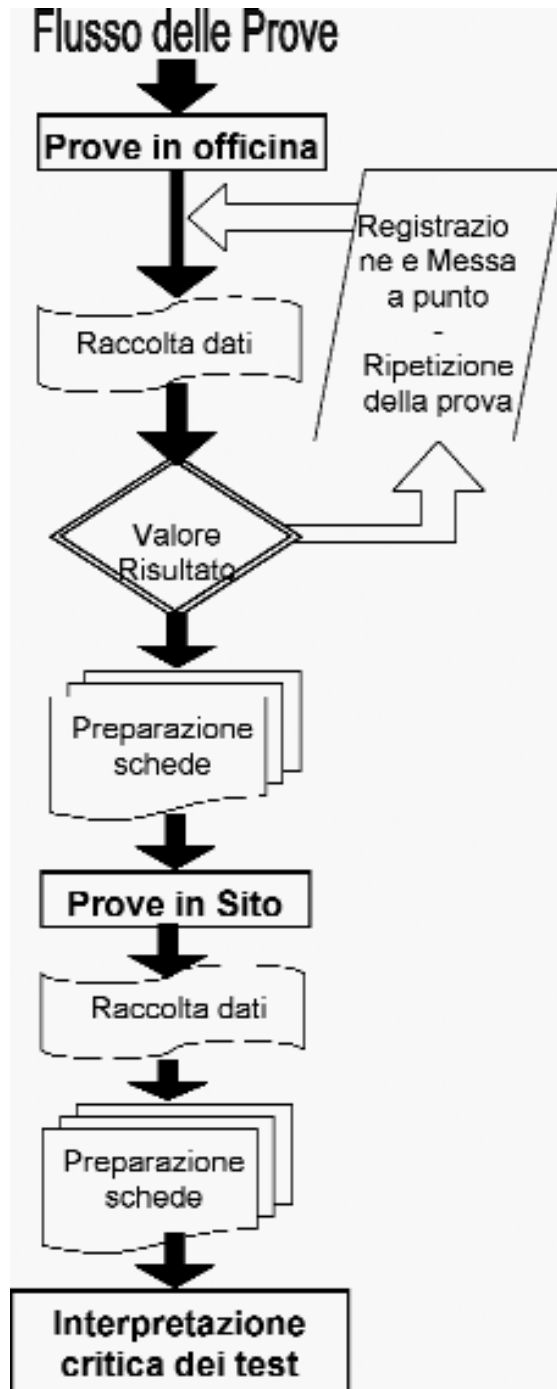
<sup>2</sup> Le operazioni relative alla valutazione della cantierabilità possono essere così sintetizzate:

- accessibilità (percorso dalla stazione di scarico al cantiere, accatastamento in cantiere, posizionamento degli elementi in facciata);
- installazione (montaggio/smontaggio piattaforma, apparecchiatura, sistema di aspirazione, connessione/sconnessione cavi);
- manovrabilità per assetto in opera (rilievo delle coordinate di marker, assetto del sistema rispetto agli assi di riferimento).

momento di sintesi di tutte quante le attività sviluppate nell'ambito della linea di ricerca. La strategia di conduzione si è basata sulla separazione dei domini di competenza relativamente alle questioni meccanica, elettronica e di governo, rimozione, aspirazione polveri, emissione acustica e sicurezza.

In termini teorici, la validazione delle macchine richiede, di norma, la definizione di una serie di prescrizioni di controllo e collaudo che devono consentire l'esplicitazione in termini numerici dell'ordine di grandezza delle prestazioni fornite e dei relativi valori attesi. Le prove da eseguire devono essere esposte in forma breve e chiara e raccolte in idonee schede che devono identificare l'oggetto della prova e fornire tutte le indicazioni per lo svolgimento della stessa sia in termini di strumentazione da adottare che in termini di limiti di accettabilità dei risultati ottenuti.

Sul piano metodologico, la scelta della strategia secondo cui affrontare l'attività di validazione è discesa dalla natura prototipale del lavoro e dall'assenza di ogni esperienza pregressa da parte dei progettisti. Stante l'alea di indetermi-



nazione connotante l'iter di validazione dell'apparecchiatura e l'alto grado di rischio delle attività sviluppate per la prima volta in assoluto, l'azione è stata articolata mutuandone le linee guida dalle esperienze di validazione di macchine automatiche e semiautomatiche esistenti ad oggi sul mercato, sia per quanto concerne le modalità di approccio concettuale ai test di validazione, che l'esplicitazione ed organizzazione formale dei risultati.

La dinamica attraverso cui sono state esplicate le principali azioni, di validazione si sintetizza nel riportato diagramma di flusso. Esso evidenzia altresì le fasi che si sono ripetute durante il processo iterativo adottato quale metodologia di base; iterazione che è stata praticata fino all'esito positivo dell'analisi critica sviluppata in sede collegiale da tutti i partecipanti al progetto. In particolare, è da sottolineare che tutte le prove svolte in officina rappresentano senz'altro il nucleo di attività mediante le quali l'apparecchiatura è stata registrata e messa a punto nella sua configurazione definitiva. Il flusso delle prove così articolato ha consentito di disporre per i test nel sito storico di un sistema già testato in tutte le sue funzioni e prestazioni e finanche "stressato" fino al suo limite di massima utilizzabilità. Sul piano concettuale, l'azione è stata orientata per il sistema meccanico e di controllo, alla definizione delle prescrizioni di controllo e collaudo relative alle prestazioni offerte comparate con i valori attesi. In particolare per le tipologie di test relative all'operatività in sicurezza dell'apparecchiatura sulla facciata e alla specifica interazione utensile-intonaco, lo sforzo è stato teso in primo luogo ad individuare i parametri di valutazione - indubbiamente meno diretti di quelli afferenti l'ingegneria dell'apparecchiatura - dei singoli test e, quindi, nel rilevarli attraverso una valutazione quantitativa e qualitativa.

#### VALIDAZIONE IN OFFICINA

- test di cantierabilità del sistema
- verifica dell'azione del sistema di asportazione
- verifica dell'azione del sistema di aspirazione
- monitoraggio fonometrico e delle polveri
- verifica della rispondenza alle disposizioni in materia di sicurezza
- test di funzionalità meccanica dell'apparecchiatura
- test di funzionalità elettronica dell'apparecchiatura

#### VALIDAZIONE IN CANTIERE

- test di cantierabilità del sistema
- verifica dell'azione del sistema di asportazione
- verifica dell'azione del sistema di aspirazione
- verifica della rispondenza alle disposizioni in materia di sicurezza
- test di funzionalità meccanica dell'apparecchiatura
- test di funzionalità elettronica dell'apparecchiatura



Dal punto di vista formale, ancora una volta attraverso la cooperazione degli esperti di dominio, si è pervenuti alla redazione delle schede di test che sono state articolate per tutti i gruppi di prove secondo un canovaccio comune, di volta in volta adattato o modificato a seconda dello specifico test. In particolare all'interno della scheda sono state riportate informazioni su:

- identificazione del test, configurazione del sistema oggetto di test (apparecchiatura, piattaforma, aspiratore, cappa, utensile...), configurazione area di lavoro e relativi parametri operativi,
- descrizione e finalità del test,
- strumenti e metodi per condurre la prova e misurarne gli esiti,
- allegati con documentazioni fotografiche e grafiche,
- note e commenti.

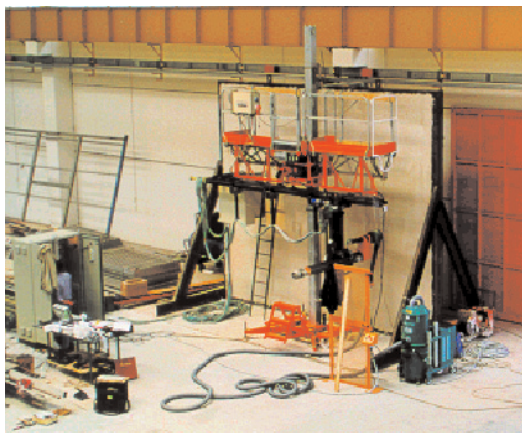


Per la sede della prima serie di test si è optato per l'ambiente controllato dell'officina in cui si è assemblato il prototipo; infatti, se generalmente un macchinario durante il primo periodo di vita, individuabile nel rodaggio, presenta un certo grado di incertezza legato soprattutto a possibili errori congeniti del sistema (errori di progettazione, errori di esecuzione), in un prototipo con una logica così complessa, detta problematica risulta amplificata. È apparso, dunque, opportuno sviluppare la fase di varo operativo in un ambito affine alla natura del sistema, per affrontare e risolvere con tempestività ed un buon margine di sicurezza eventuali manifestazioni indesiderate. D'altra parte la partecipazione, in sede di test, di tecnici specializzati che hanno partecipato all'assemblaggio della macchina e



*Il pannello murario realizzato per l'esecuzione dei test in officina*

la disponibilità di particolari attrezzature, ha rappresentato un'ulteriore garanzia contro possibili imprevisti.



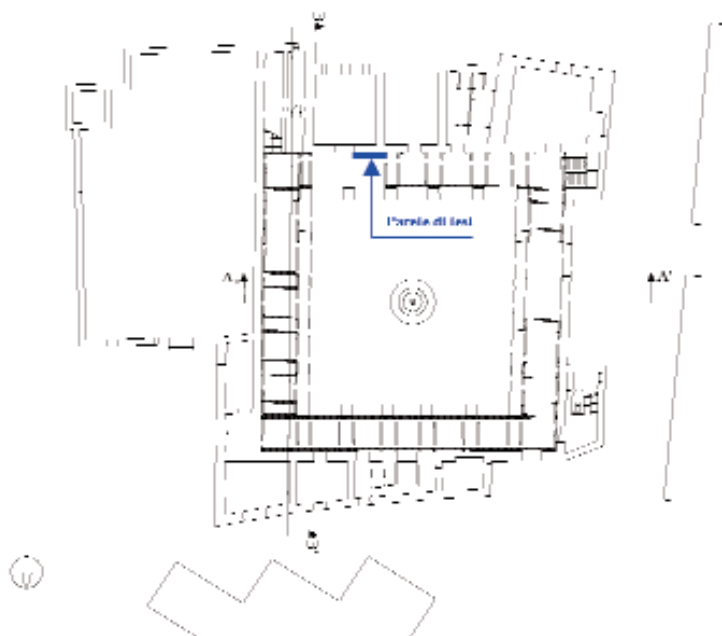
*Assetto operativo dell'apparecchiatura in officina*

Per effettuare i test, è stata realizzata una parete in conci di tufo retta da un'ossatura interna a croce in cemento e una struttura metallica esterna; quale strato di finitura è stato posto in opera, per uno spessore di circa cm. 2,5, intonaco per esterni realizzato con malta idraulica.

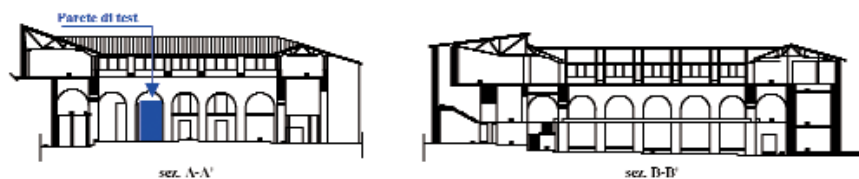
La scelta del cantiere di sperimentazione è stata condotta ponderando attentamente ogni rischio derivante da possibili inconciliabilità tra la natura vincolante del sito - identifica-

bile sostanzialmente nella morfologia del cantiere e nell'accessibilità dei percorsi che vi confluiscono – e gli ingombri del prototipo. Attraverso il supporto della Sovrintendenza BAPPSAD di Salerno ed Avellino, è stato individuato nel cantiere di recupero del Palazzo Civico di Atripalda (AV) una sede idonea alle attività

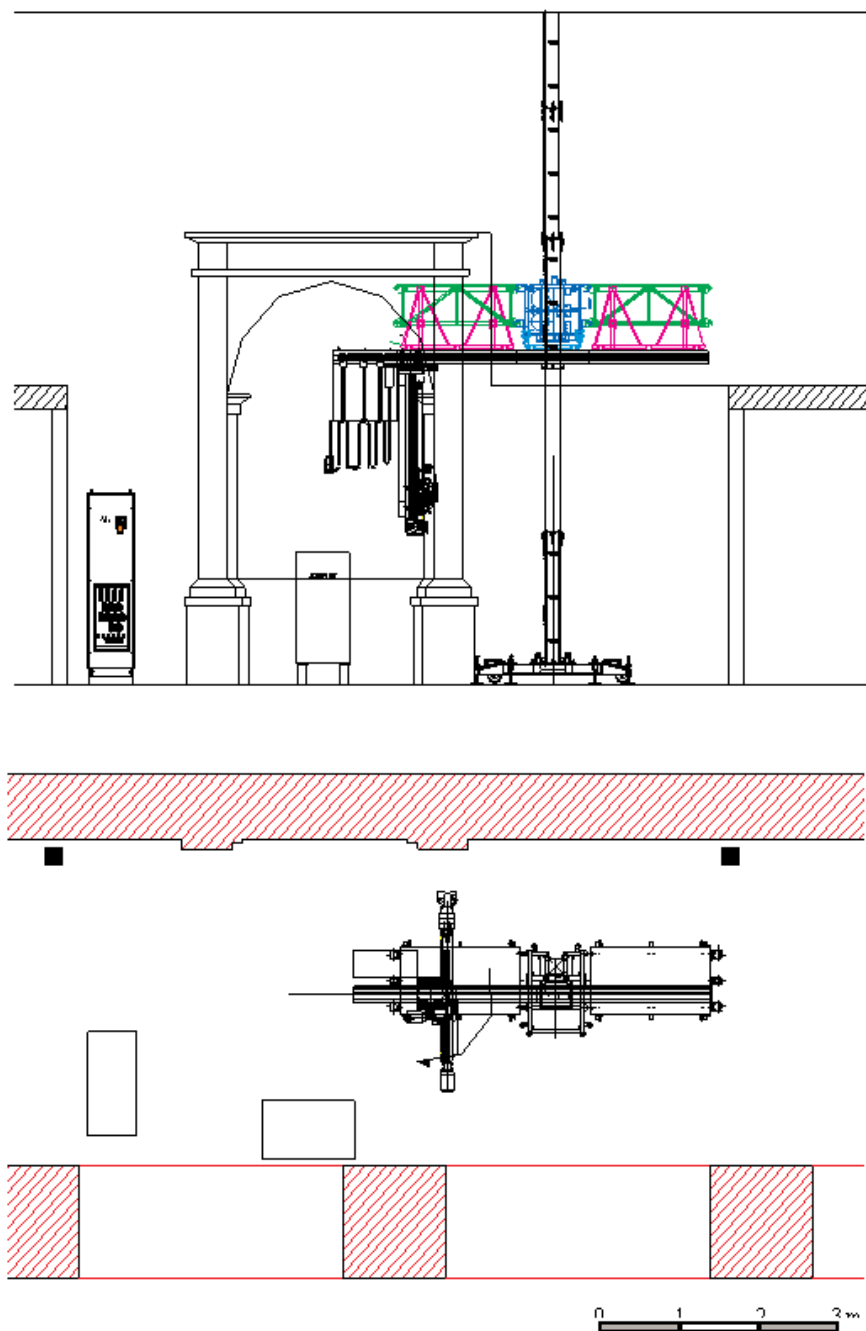
previste, in relazione alle agevoli vie d'accesso, alla presenza di fronti idonei all'operatività dell'apparecchiatura – dimensioni congruenti all'ingombro dell'impianto e presenza di intonaco ammalorato - e alla compresenza di un'impresa edile esecutrice di un contemporaneo intervento di recupero della fabbrica. È, inoltre, da sottolineare che la posizione dell'area operativa in una zona di particolare morfologia, ossia nell'area porticata del chiostro della fabbrica, ha reso estremamente interessante e, nello stesso tempo validante, l'attività di sperimentazione.



*Localizzazione planimetrica dell'area di sperimentazione: Palazzo civico di Atripalda (AV)*



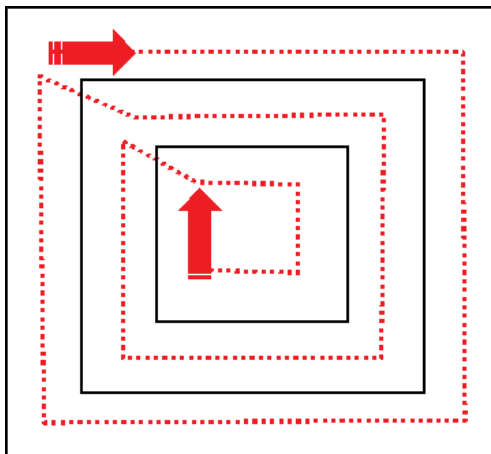
*Sezioni del sito di sperimentazione*



*Posizionamento dell'apparecchiature in sito*

#### 4.1.1 Test di asportazione dell'intonaco

I test legati all'azione tagliante sono stati effettuati per le tre tipologie di frese (diametro di mm. 40, mm 80 e mm 125) e seguendo per la rimozione di aree una traiettoria concentrica centripeta, che permette di eseguire l'asportazione secondo una modalità continua ossia eliminando corse a vuoto. Prima di avviare l'attività di sperimentazione si è reso necessario definire il valore dei parametri di lavoro, individuati nella velocità di avanzamento e di rotazione dell'utensile di rimozione. A tal fine è stata praticata una campagna di rimozione per ogni tipo di fresa, mantenendo costanti tre valori di velocità di avanzamento e incrementando, per ciascuno di essi, la velocità di rotazione. La selezione è stata effettuata valutando



*Direzione concentrica centripeta*

la rispondenza degli esiti ai seguenti requisiti:

- presenza di scabrosità e assenza di microfessure dell'area sottoposta a rimozione;
- assenza di sbavature, microfessure e distacchi nella sezione delimitante l'area rimossa;
- assenza di dispersioni di materiale di risulta nell'ambiente di lavoro.

I suddetti valori hanno subito delle oscillazioni in sede di sperimentazione, per la necessità di modularli rispetto a determinati parametri fissi quali, ad esempio, la durezza dell'intonaco o la geometria dell'area da rimuovere.

Il gruppo di test, relativo all'azione di taglio dell'attività di asportazione ha perseguito la finalità di rilevare le caratteristiche dell'area sottoposta a rimozione; si tratta, dunque, di prove specifiche tese a relazionare la modalità di asportazione - definita attraverso la velocità di avanzamento e di rotazione dell'utensile - e la dimensione della fresa<sup>3</sup> utilizzata - di diametro mm 40-80-125 - con la morfologia e la presenza di anomalie geometriche della sagoma dell'area sottoposta a rimozione. Inoltre, a corredo delle prove, sono stati rilevati i tempi impiegati per praticare la rimozione. I test significativi per valutare l'interazione utensile -

<sup>3</sup> Si ricorda che la configurazione del prototipo prevede l'impiego di tre frese di diverso diametro da utilizzare in base alle caratteristiche del contesto murario su cui si opera. Questa soluzione progettuale è stata dettata dalla necessità di impiegare un utensile ad azione puntuale - di piccolo diametro - per la rimozione di aree di intonaco adiacenti a fasce da tutelare e di grande o medio diametro per la rimozione di ampie aree non vincolate.

superficie di rimozione sono stati classificati in base alla dinamica morfologica della rimozione e sono identificabili nella:

- rimozione puntuale – aggressione frontale della fresa sull’intonaco;
- rimozione lineare - aggressione frontale della fresa e avanzamento lineare;
- rimozione a geometria semplice - asportazione di aree di intonaco secondo semplici figure geometriche – quadrato, triangolo, cerchio - contemplate dalle librerie del controllo numerico;
- rimozione a geometria complessa - asportazione di aree di intonaco a poligonale articolata attraverso la sovrapposizione di semplici figure geometriche – quadrato, triangolo, cerchio - contemplate dalle librerie del controllo numerico.

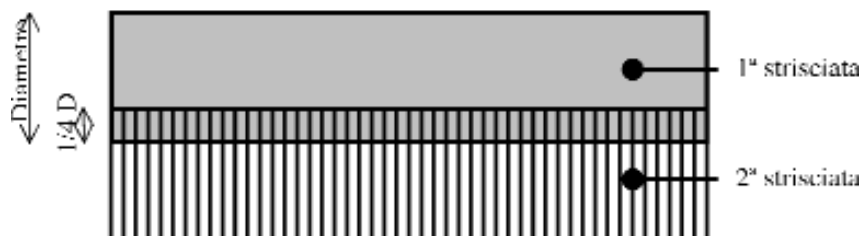
Dai test relativi alla verifica dell’azione di taglio dell’apparecchiatura è stato possibile evincere le alte prestazioni del sub-sistema di rimozione relativamente alla precisione metrica delle aree o traiettorie lineari sottoposte a rimozione e alle ottime risposte delle sezioni di contorno e delle superfici frontali delle aree trattate; se la prima prestazione - precisione - è in buona parte afferente alle scelte di base di carattere elettronico del progetto ed è frutto dell’adozione di un sistema di controllo numerico, meno prevedibile risultava il comportamento delle aree sottoposte all’asportazione; attraverso le sperimentazioni effettuate sia in ambiente controllato - con intonaco non ammalorato -, sia in situ - con intonaco affetto da disgregazione e distacco -, sono state riscontrate, per le tre frese utilizzate, le seguenti risposte nella sezione di contorno:

- presenza di trascurabile fenomeno di sbavature,
- presenza di trascurabile fenomeno di distacco,
- assenza di microfessure,  
mentre nell’area rimossa si è rilevato:
- assenza di microfessure,
- presenza di accennata scabrosità, che si ritiene un requisito indispensabile in vista della successiva opera di rifacimento di intonaco.

Inoltre è stato rilevato che l’azione non arreca alcuna perturbazione dinamica alle strutture murarie e alle finiture; ciò è stato attestato dal test di verifica del taglio praticato in cantiere su un’area di intonaco affetta da distacco. A termine della rimozione, la residua parte di intonaco disgiunta dal supporto, pur presentando una certa labilità statica, è rimasta ancorata alla muratura, segno, questo, di assenza di moti vibratorii indotti. Per quanto concerne i tempi di rimozione, si è dimostrato come siano legati alla natura dell’intonaco in base alla quale viene programmata la velocità di rotazione dell’utensile e, con maggior peso, la velocità di avanzamento o (per particolari geometrie come il triangolo o il cerchio) di interpolazione. Infatti, i tempi di asportazione sono, in generale, risultati inferiori per la rimozione praticata in ambiente confinato, dove l’intonaco presentava una certa duttilità; mentre in cantiere essi hanno subito un sensibile incremento attribuibile alla presenza di intonaco cementizio, notevolmente più compatto del primo, ma comunque aggredibile attraverso una diminuzione della velocità di avanzamento e della profondità di penetrazione.



*Ricoprimento parziale di 1/2 del diametro della fresa*

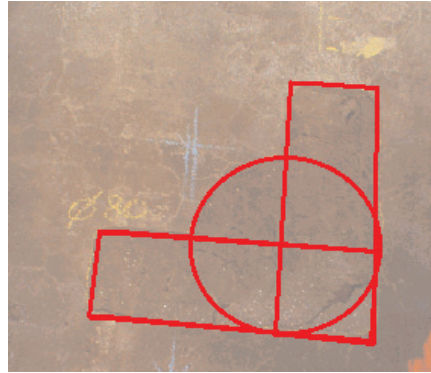


*Ricoprimento parziale di 1/4 del diametro della fresa*

Un altro fattore condizionante in maniera decisiva i tempi operativi è la modalità di sovrapposizione di due contigue strisce di rimozione: le prove sono state condotte secondo un ricoprimento sia di 1/2 che di 1/4 della larghezza della striscia precedente senza che sia stata rilevata alcuna caduta prestazionale nell'azione di rimozione; ciò lascia ipotizzare che l'asportazione possa effettuarsi per strisciate adiacenti a vantaggio dell'economia dei tempi.

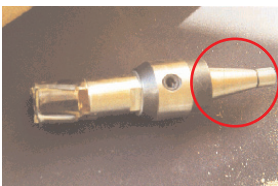
Strettamente legata alla problematica delle direzioni di rimozione è la necessità di avvalersi di un software in grado di ottimizzare i tempi di asportazione per le figure complesse, ossia per aree geometriche non contemplate dalle semplici librerie già integrate nel controllo numerico; infatti, durante la sperimentazione in cantiere l'asportazione di un'area complessa è stata ottenuta per somma di rimozioni di aree semplici con lunghi tempi di asportazione a vuoto.



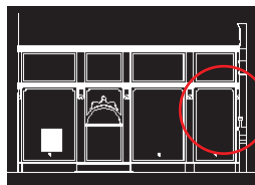


*L'area complessa – a sinistra - è stata rimossa per somma di aree semplici: due rettangoli e un cerchio*

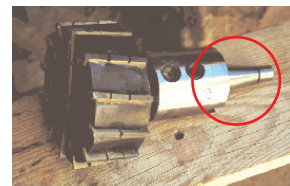
Relazionabile all'ottimizzazione dei tempi è risultata l'operazione di cambio utensile, basti pensare che inizialmente il montaggio della fresa di diametro mm 125 veniva praticato in un tempo di circa 25 minuti. Ciò era attribuibile alla necessità di sostituire, per ogni tipologia di fresa, molle diverse per la cuffia in grado di integrare le tre frese al corpo cuffia-mandrino. In sede di test, detta problematica è stata risolta modificando le lunghezze dei coni<sup>4</sup> (evidenziati nelle foto) degli utensili; in particolare sono stati allungati i coni delle frese di mm 40 e 80 e ridotta la dimensione del cono della fresa di mm 125; la funzione di adattabilità delle frese è stata, dunque, trasferita dalle molle della cuffia alla variabilità delle lunghezze dei coni; ciò si è tradotto in una considerevole riduzione dei tempi impiegati per il cambio utensile, che risultano - allo stato attuale - di circa 5/10 minuti e richiedono, per l'esecuzione del montaggio, l'intervento di un solo operaio semplice.



*Fresa da mm 40*



*Fresa da mm 80*

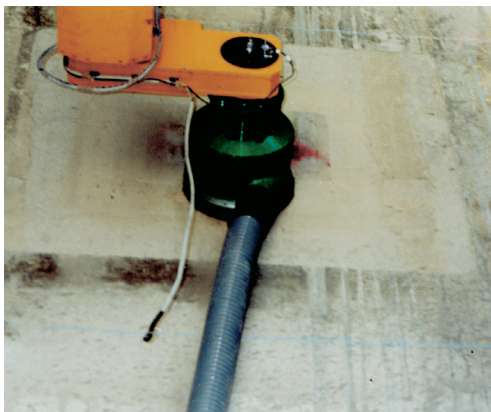


*Fresa da mm 125*

<sup>4</sup> Il cono rappresenta l'organo meccanico che collega la fresa al mandrino.

Di particolare interesse sono risultati gli esiti dei test effettuati per la rimozione spinta, prove tese a valutare le caratteristiche dell'attività di rimozione praticata dal prototipo per estese aree di intonaco, e che proiettano l'operabilità del sistema in un ambito diverso da quello dei centri storici e identificabile in tutte quelle condizioni in cui la necessità di rimozione di intonaco "a tappeto", dettata anche dalla semplicità morfologica dei fronti, deve poter trovare conforto nell'ottimizzazione dei tempi di asportazione.

Si riportano, nella seguente tabella, i tempi relativi all'asportazione di tre aree di intonaco, ciascuna delle quali trattate con frese di diverso diametro:



*Rimozione spinta di un'area di intonaco*

RIMOZIONE SPINTA						
Fresa diametro (mm)	Area (cm)	Strati	Spessore (cm)	Velocità di rotazione	Velocità di avanzamento	Tempi
40	1000x850	1°	0,3	4000	3000	14'50"
		2°	0,3	4000	3000	14'50"
		3°	0,5	4000	3500	11'20"
80	1100 x 92,9	1°	0,5	2700	3000	8'30"
		1°	0,2	2200	2000	12'30"
125	1000 x 92,9	2°	0,4	2750	2400	9'30"
		3°	0,5	2750	2400	9'30"

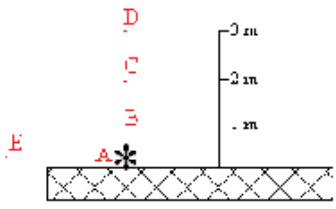
Infine, un limite del sistema è stato ravvisato nella mancanza di un dispositivo in grado di rilevare in maniera non distruttiva lo spessore di intonaco da rimuovere; infatti, durante l'esecuzione dei test, la necessità di non intaccare il supporto murario ha spesso indotto ad operare per strati con considerevoli ricadute sui tempi di lavorazione.

#### 4.1.2 Test di monitoraggio fonometrico e dispersione delle polveri

Al fine di rilevare l'entità delle emissioni acustiche e la concentrazione del materiale particellare aerodisperso nell'ambiente prodotto dall'apparecchiatura in fase

operativa, ci si è avvalso della collaborazione di professionalità<sup>5</sup> in grado di eseguire il rilievo dei dati secondo modalità scientifiche e normative e utilizzando strumentazioni appropriate.

Per il rilievo del rumore prodotto, è stata realizzata una mappatura relativa a diverse distanze dalla principale fonte acustica, ossia dalla fresa, ed in prossimità del dispositivo destinato a raccogliere il materiale di risulta - aspiratore. La strumentazione adottata è stato un fonometro integratore di classe 1, conforme agli standards IEC 651/1979 e 804/Ic 985.



Posizione di misura	$L_{Aeq,T}$	$P_a$	Classe di rischio
		dB(A)	dB
Punto A (fresa)	78,4	<100	0
Punto B (a 1 m di distanza)	75,6	<100	0
Punto C (a 2 m di distanza)	72,4	<100	0
Punto D (a 3 m di distanza)	70,7	<100	0
Punto E (aspiratore polveri)	78,2	<100	0
Lr (ambientale)	70,5		

Mappatura dei punti di rilievo

*Dati rilevati*

Dalla tabella riportante il rilievo del monitoraggio si evince l'innocuità delle emissioni dell'apparecchiatura, infatti i valori di  $L_{Aeq,T}$  (livello continuo di pressione sonora) e di  $P_a$  (pressione acustica istantanea) in ogni punto testato risultano rispettivamente inferiori a 80 dB(A) e a 140 dB che rappresentano i valori limite di soglia fissati dal D.Lgs del 15 agosto 1991, n° 277<sup>6</sup>, al di sotto dei quali non è contemplato alcun rischio (Classe di rischio 0).

In base allo stesso D.Lgs le polveri di intonaco, classificabili come *polveri inerti*, alla stregua del fumo e della nebbia, costituiscono materiali in sospensione. Per valutarne i rischi per la salute è necessario considerare, non solo l'effetto nocivo proprio di ciascun agente, la concentrazione e la durata di esposizione, ma anche la dimensione delle particelle, dato che si esplicita avvalendosi della classificazione dimensionale del particolato atmosferico:

- polveri sedimentabili con MMD (mass median diameter) > 10 micrometri;
- polveri inalabili con MMD compreso nell'intervallo 1 micrometro - 10 micrometri;
- polveri respirabili con MMD compreso nell'intervallo 0,1 micrometri - 1 micrometro.

L'effetto sanitario di quest'ultima tipologia di polveri è estremamente grave in quanto esse possono concentrarsi negli alveoli ed essere veicolate nel sangue.

<sup>5</sup> Il servizio è stato erogato dalla Grapho s.r.l. di Napoli.

<sup>6</sup> Attuazione delle direttive 80/1107/CEE, 82/605/CEE, 83/477/CEE, 86/188/CEE, 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro.

Da un punto di vista normativo, il D.P.R. n.303 del 19/3/1956<sup>7</sup> dispone che per i lavori che danno luogo alla formazione di polveri di qualunque tipo, il datore di lavoro è tenuto ad adottare i provvedimenti atti ad impedirne o a ridurne lo sviluppo e la diffusione nell'ambiente di lavoro; da qui è discesa la necessità di verificare il corretto funzionamento del sistema preposto alla captazione e convoglio del materiale asportato. I prelievi e le misure finalizzate al monitoraggio delle polveri emesse durante l'attività di rimozione, sono state eseguite in conformità a quanto previsto dall'allegato VIII del D.Lgs 277/91<sup>8</sup>. I prelievi sono stati effettuati utilizzando quattro campionatori "Aquaria", mod. CF 20 light, e prelevando circa 500 litri d'aria con un flusso di circa 10 litri/minuto. Le polveri, in conformità alle specifiche tecniche e normative per il tipo di inquinante in esame e per la tipologia dell'ambiente, sono state raccolte su filtri tarati di acetato di cellulosa di diametro 25 mm e porosità media di 0,2, 0,45, 0,6 e 0,8 µm. I prelievi ed i conteggi del materiale particolato sono stati effettuati in conformità a quanto disposto dai Manuali UNICHIM n. 124. In particolare, i conteggi delle particelle sono stati effettuati con Video-microscopio MORITEX ms102 Pico Scopeman (matr. 00058P), munito d'obiettivo zoom 50x – 200x collegato a PC Pentium III 650 Mhz, munito di scheda grafica Matrox Millenium G400 MAX. Per ulteriore verifica, si è ritenuto opportuno sottoporre ad analisi in SEM e conteggio laser i campioni di polveri raccolte su filtri da 0,8 µm.

I valori rilevati, espressi in milligrammi per metro cubo, sono riportati nella tabella che segue e confrontati con i valori limite di soglia (TLV-TWA<sup>9</sup>) pubblicati dall'American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGHI ed.1999) e adottati dall'Associazione Italiana Degli Igienisti Industriali (AIDII).

<i>Particelle insolubili non diversamente classificabili (PNOC)</i>	<i>prima</i>	<i>durante</i>	<i>D</i>	<i>TLV-TWA</i>
<i>Particelle inalabili, mg/m<sup>3</sup></i>	7,8	9,2	1,4	10
<i>Particelle respirabili, mg/m<sup>3</sup></i>	2,0	2,4	0,4	3
<i>Particelle sedimentabili, mg/m<sup>3</sup></i>	6,3	6,5	0,2	—————

In particolare, sono stati distinti i campionamenti effettuati prima dell'attività di rimozione e durante la normale attività dell'officina<sup>10</sup> da quelli praticati durante

<sup>7</sup> Norme generali per l'igiene del lavoro.

<sup>8</sup> Allegato VIII- *Modalità di campionatura e di misurazione degli agenti chimici e di valutazione dei risultati.*

<sup>9</sup> I TLV-TWA rappresentano i valori limite di soglia – media ponderata nel tempo, ossia la concentrazione media ponderata nel tempo, su una giornata lavorativa convenzionale di 8 ore e su 40 ore lavorative settimanali, alla quale si ritiene che quasi tutti i lavoratori possono essere ripetutamente esposti giorno dopo giorno, senza effetti negativi.

<sup>10</sup> Contestualmente, venivano eseguite in sede saldature con fiamma ossiacetilenica, tagli con fiamme ossidriche, torniture, fresature e lavorazioni di meccanica pesante.

le operazioni di asportazione dell'intonaco dalla parete. La differenza tra detti valori ha consentito di ottenere i dati derivanti dalla sola attività di asportazione. A conforto della sicurezza degli operatori, è possibile evincere dalla tabella che i valori relativi alle tre tipologie di polveri prodotte sono risultati abbondantemente



*Cappa aspirante e utensile di rimozione*

sotto i valori limite di soglia.

Relazionabili a questo ultimo gruppo di test, le prove di validazione del sistema di aspirazione sono state praticate al fine di verificarne la funzionalità rispetto alle azioni di captazione, convoglio e raccolta del materiale di risulta. Oltre a rilevare un'ottima risposta nell'evacuazione del materiale, prestazione peraltro già accertata contestualmente al suddetto monitoraggio strumentale, è stata indagata la legge dinamica attraverso cui si realizza la fuoriuscita di materiale dalla cuffia di captazione al fine di migliorare le prestazioni del dispositivo relazionate alle modalità di esecuzione della rimozione. In merito, è stata riscontrata

una sporadica e trascurabile dispersione di granuli di intonaco manifestata in modalità unidirezionale con derivazione dalla regione inferiore della cuffia; ciò è stato attribuito al verso della fresa ed è rilevabile soprattutto nella regione centrale dell'area di rimozione dove si riscontra una variazione di spessore determinata dalla modalità di rimozione centripeta con ricoprimento parziale delle traiettorie; le lievi fuoriuscite di materiale sono, inoltre, dovute alla deformazione, verificatasi per l'uso prolungato, della corona terminale della cuffia. Detto dispositivo flessibile, che si frappona tra la cuffia e la parete ha, tuttavia, fornito un'ottima risposta al fondamentale requisito di operare senza generare azioni traumatiche per la superficie.

Relativamente al contenitore di accumulo, si sono verificati degli arresti del dispositivo, circa ogni trenta minuti di funzionamento, causati dall'intasamento del filtro dalle polveri. Costituisce, questo, uno dei limiti del sistema che, in vista di una futura ingegnerizzazione, andrebbe superato per ottimizzare il processo di rimozione.

Le ottime risposte fornite dal sistema relativamente alle prove deputate alla verifica della rispondenza alle disposizioni in materia di sicurezza, ne consolidano la vocazione antinfortunistica. In questa sede sono state, infatti, riscontrate irrilevanti manifestazioni di caduta e proiezione di intonaco - il cui campo d'azione

risulta, comunque, limitato all'area recintata - e la totale assenza di fenomeni di caduta o proiezione di parti di utensile.

Prima di esaminare sinteticamente le prestazioni del prototipo in termini di sicurezza è opportuno tratteggiare le modalità in base alle quali viene tradizionalmente eseguita l'attività manutentiva di asportazione degli intonaci dalle facciate esterne delle fabbriche; l'azione viene praticata manualmente da manovalanza che opera facendo uso di utensileria meccanica - piccone -, o elettrica utensileria pneumatica - selezionata in base alla natura e allo stato di conservazione dell'intonaco da aggredire. La manualità dell'azione permette il superamento delle incertezze e delle vulnerabilità insite nel contesto edilizio in cui si opera: l'irregolarità delle superfici, la variazione dello spessore dell'intonaco, la presenza di elementi di pregio - occultati o meno - da tutelare, sono solo alcune delle problematiche riscontrabili, ma facilmente superabili attraverso la calibrazione dei colpi e degli affondi. L'operaio viene, tuttavia, esposto ad un complesso di rischi - coinvolgenti, in parte, le altre maestranze del cantiere - che si possono, così, enucleare:

- esposizione alle polveri - peraltro dannose alla salubrità dell'aria - che si sprigionano a seguito degli impatti meccanici,
- caduta dall'alto, in caso di operatività su impalcature,
- caduta accidentale di brani di intonaco,
- proiezioni di frammenti di intonaco,
- esposizione alle emissioni acustiche di tipo impulsivo cioè brevi ma intense,
- assunzione di posture ergonomicamente scorrette,
- esposizione degli arti a moti vibratorii trasmessi da utensileria pneumatica.

In contrapposizione al delineato contesto di tipo tradizionale, dove la criticità dell'attività di rimozione viene spesso aggravata dalla totale inosservanza delle prescrizioni in materia di sicurezza, la logica del sistema prospetta una serie di iniziative tese ad incrementare l'azione preventiva e, in alcuni casi, ad azzerare le possibilità di rischio per gli operatori. Alla base delle soluzioni adottate, è rintracciabile la scelta di fondo di remotare l'attività di asportazione. Tralasciando in questa sede le implicazioni di natura prettamente funzionale, che l'adozione di un sistema di controllo numerico a distanza comporta, è importante qui evidenziarne l'efficacia in termini di sicurezza: l'operatore gestisce il processo di rimozione da una postazione prossima a quella operativa del prototipo, ma lontana da qualsiasi fonte di pericolo. In questo intento egli si avvale di diversi dispositivi, la cui validazione è da ritenersi pienamente rispondente -, atti a:

- garantire la sicurezza degli operatori,
- segnalare situazioni di pericolo,
- garantire la sicurezza intrinseca dell'apparecchiatura.

Tra tutti spicca, per efficacia, l'adozione di un sistema di monitoraggio visivo che consente al conducente<sup>11</sup> di praticare l'osservazione continua e in tempo reale del campo d'azione e delle aree contigue. Oltre ai dispositivi preposti all'aspirazione

dei materiali di risulta, si segnalano, di seguito, i mezzi di sicurezza di cui il sistema è dotato:

- cancello antintrusivo, che vieta l'accesso alla recintata zona di pericolo, individuata dalla proiezione a terra del volume di lavoro dell'apparecchiatura,
- mantovana parasassi posizionata intorno all'apparecchiatura,
- segnalazioni luminose ed acustiche in caso di disfunzione funzionale dell'apparecchiatura,
- segnaletica di sicurezza.

#### 4.1.3 Test di funzionalità

Per quanto concerne la gamma di test afferenti la funzionalità meccanica<sup>12</sup> del sistema, è possibile ricondurre gli esiti significativi delle prove ai seguenti punti:

- le catene cinematiche, intese nella loro più stretta accezione come insieme vie di corsa e gruppi di movimento, si sono generalmente mostrate adeguate all'utilizzo previsto sia come configurazione del gruppo stesso (scorrimento e/o rotazione) e relativo dimensionamento, sia in rapporto alle esigenze dell'ambiente edilizio;
- tutte le parti strutturali, fin dalle prime fasi di montaggio in laboratorio e di seguito durante le prove, sono apparse eccessivamente dimensionate, ma tale caratteristica resta giustificata dall'impiego di componentistica standard che non ne consente un accurato dimensionamento in rapporto all'utilizzo effettivo;
- il posizionamento in facciata del sistema, ancorché non correlato a particolari e specifiche deficienze della realizzazione eseguita, non si è rivelato in tutte le prove svolte immediatamente fruibile e peraltro di difficile operatività;
- i sistemi di comando e trasmissioni sono risultati, al pari dei cinematismi, generalmente adeguati come parte integrante della configurazione della catena cinematica e del relativo dimensionamento, anche in rapporto alle esigenze dell'ambiente edilizio;
- la rigidità del sistema è risultata compatibile con la funzionalità ed il livello prestazionale atteso del sistema di asportazione e della qualità della finitura.

Le prove dei sistemi elettronici e di governo sono state finalizzate alla verifica del cablaggio, della funzionalità della macchina, della libreria di programmi, alla messa a punto dei trasduttori e alla messa in servizio dei dispositivi elettronici. Gli esiti rilevanti dei test possono così riassumersi:

<sup>11</sup> Così viene definito dalla Direttiva CEE n.392 del 14/6/1989 un operatore competente incaricato dello spostamento di una macchina. Il conducente può essere trasportato dalla macchina, oppure accompagnarla a piedi, o azionarla mediante telecomando (cavi, radio, ecc.).

<sup>12</sup> In particolare i test sono stati eseguiti prima e dopo il cablaggio, durante l'assemblaggio dell'apparecchiatura di rimozione sulla piattaforma e durante il funzionamento del sistema integrato apparecchiatura-piattaforma.

- il sistema di connettorizzazione, utilizzato per i collegamenti elettrici dal quadro elettrico alla macchina ed ai dispositivi ausiliari, si è rilevato estremamente efficiente permettendo tempi di collegamento non superiori ai 15';
- l'uso di normali motori asincroni, retroazionati da encoder, e l'uso di una normale cremagliera per la movimentazione della piattaforma (avendo quest'ultima elevate tolleranze di lavorazione) ha mostrato tutti i suoi limiti rendendo prima complessa l'operazione di taratura degli inverter e, successivamente, costringendo ad una limitazione della velocità di spostamento della piattaforma;
- la valutazione della precisione e ripetibilità delle lavorazioni è risultata estremamente positiva. Il grado di precisione e ripetibilità è stato notevole anche quando l'apparecchiatura, integrata con la piattaforma, ha evidenziato momenti torcenti ed inclinazioni dovuti al sistema portante della piattaforma (sistema monocolonna), che hanno richiesto basse velocità di spostamento per la riduzione di simili fenomeni;
- le funzioni di ricerca dei marker e rilievo delle coordinate sono state rese possibili grazie alla presenza di un efficace sistema video.



GABRIELLA DUCA

## 4.2 La cantierabilità del sistema verticale

Per cantierabilità si può intendere la capacità del sistema verticale di essere impiegato in maniera efficace ed efficiente nello svolgimento delle attività di cantiere. Da ciò deriva che qualunque metodo o sistema per il test di cantierabilità del sistema verticale, deve essere finalizzato a valutare se e quanto il cantiere verticale sia in grado di agevolare, sotto tutti i punti di vista, le operazioni di cantiere. Ciò vuol dire, riuscire a comprendere in che misura esso assicuri facilità d'uso, agevolezza e rapidità nell'installazione e nell'esecuzione delle operazioni, rilevare quanto e in che modo consenta la riduzione degli errori nelle lavorazioni come pure nelle azioni e movimenti degli operai, così da migliorare da un lato la qualità del prodotto finito e, dall'altro, le condizioni di sicurezza per tutti gli operatori di cantiere.

Riferito al cantiere verticale per il recupero edilizio, il concetto di cantierabilità chiama in causa due questioni principali connesse una ai caratteri specifici del cantiere di recupero<sup>13</sup>, l'altra all'introduzione in cantiere di tecnologie avanzate e complesse ed alle trasformazioni delle attività che ne conseguono<sup>14</sup>. Per quanto concerne le problematiche attinenti al recupero edilizio, la valutazione della cantierabilità del sistema verticale comporta il controllo di tutte le variabili del cantiere che possono dar luogo a conflitti o "interferenze" dovute ai vincoli tecnici e organizzativi propri del recupero. Infatti, affinché risulti effettivamente cantierabile, il sistema verticale deve essere allestibile in siti che non sempre sono noti e controllabili completamente in tutte le loro variabili, esso deve risultare compatibile con i vincoli geometrici e dimensionali che l'esistente pone nell'impianto del cantiere, deve garantire livelli di efficienza e flessibilità organizzativa tali da compensare l'esiguità degli spazi di servizio per le apparecchiature e lo stoccaggio materiali. Inoltre, l'utilizzo efficace del sistema verticale nel contesto del recupero non deve essere compromesso dalle difficoltà di accesso al cantiere di mezzi e attrezzature, né da eventuali imprevisti dovuti alla scarsa conoscenza del contesto urbano in cui si opera. Ancora, si consideri che il cantiere verticale per il recupero edilizio deve garantire non soltanto la protezione del personale di cantiere, ma anche delle persone estranee ai lavori che continuano a vivere ed operare nell'edificio oggetto del cantiere e/o nel suo contesto; infine, la cantierabilità del sistema verticale nel caso del recupero deve tener conto della necessità di tutelare i caratteri materici e costruttivi del bene oggetto di intervento.

In relazione agli aspetti di innovazione tecnologica<sup>15</sup> caratterizzanti il sistema ver-

<sup>13</sup> In particolare sul problema si veda: Savi V.R., *La cultura del cantiere nel progetto di recupero*, De Costanzo Editore, Napoli, 1992 e Caterina G., *Tecnologia del recupero edilizio*, UTET, Torino, 1987

<sup>14</sup> Sul tema si veda: Conio C., *La sicurezza nelle macchine e nelle attrezzature di cantiere*, Maggioli Editore, Rimini, 2000 e Auteri A., La Ferla F., *Le macchine per un cantiere di recupero: profili tecnici, economici e di sicurezza*, Catania, dattiloscritto, 1996

<sup>15</sup> Sul tema si veda: Mecca S., *Comprendere il cantiere. Verso nuovi paradigmi per l'organizzazione*

ticale, i test di cantierabilità sono stati orientati prevalentemente al controllo dei livelli di difficoltà di montaggio, messa in opera ed uso del sistema, in rapporto alla sua controllabilità da parte degli operatori, al rischio di errore nell'esecuzione delle azioni di cantiere, all'efficacia delle singole operazioni ed all'efficienza complessiva delle attività di cantiere. Infatti, si deve considerare che l'adozione del sistema verticale nel cantiere di recupero costituisce una trasformazione principalmente dal punto di vista dell'organizzazione: non sono tanto le nuove attrezzature e macchinari che hanno impatto sulla "vita" del cantiere, ma sono soprattutto le singole azioni, le loro relazioni e le competenze necessarie per il buon esito delle lavorazioni che subiscono una forte trasformazione e che, quindi, richiedono l'individuazione di adeguati criteri per la valutazione della cantierabilità del sistema verticale.

#### **4.2.1 Criteri per la valutazione della cantierabilità: il contributo dell'usabilità**

L'adozione del sistema verticale nel cantiere di recupero implica trasformazioni complesse, che coinvolgono molteplici aspetti del cantiere. Da questa considerazione preliminare risulta evidente la necessità di verificare la cantierabilità in base a criteri che tengano conto, non solo dell'efficacia delle singole azioni, ma di tutto il complesso sistema dato dall'insieme delle competenze, dei tempi e modalità di esecuzione delle operazioni, dell'organizzazione e logistica del cantiere e delle loro relazioni con i vincoli del contesto del recupero.

In tale scenario, ai fini della definizione degli indicatori delle prestazioni di cantierabilità, dei parametri di valutazione e delle procedure di test, si dimostra particolarmente utile il riferimento al concetto di usabilità. L'usabilità viene introdotta nell'ambito tecnico-normativo dalla norma "ISO 9241 -1993 *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals - Part 11: Guidance on usability*". La norma citata definisce l'usabilità come l'efficacia, l'efficienza e la soddisfazione con cui specifici utenti raggiungono dati obiettivi in determinati ambienti. L'efficacia rappresenta l'accuratezza e la completezza con cui gli utenti realizzano gli obiettivi fissati; l'efficienza è l'accuratezza e la completezza degli obiettivi raggiunti in relazione alle risorse impiegate; la soddisfazione è data dal comfort e dall'accettabilità nell'uso del sistema. Sebbene sia stato coniato per un ambito di applicazione particolare –l'ergonomia del lavoro al videoterminale–, il concetto di usabilità risulta particolarmente utile ogni qual volta ci si debba riferire a sistemi complessi, dei quali si vogliono analizzare in maniera integrata i fattori umani, tecnici, di contesto e organizzativi.

Per la valutazione della cantierabilità del sistema verticale nel cantiere di recupero, il ricorso al concetto di usabilità ed alle tecniche di analisi elaborate nell'ambito culturale dello "user centred design", risultano strategici, in quanto consentono la messa a sistema dei vincoli di contesto specifici dell'intervento di recupero

---

*del cantiere edile*, ETS, Pisa, 2002 e Department of the Environment, Transport and the Regions DETR, *Rethinking construction*, London 1998

con le variabili di natura tecnica e operativa. Secondo le logiche dell'usabilità, è possibile intendere il livello di cantierabilità del sistema verticale, come il grado di adeguatezza del sistema alle esigenze degli operatori di cantiere o, in altri termini, identificare la misura della cantierabilità con la misura in cui il sistema verticale supporta tutti gli attori del cantiere nello svolgimento delle loro attività.

Sulla scorta di tale approccio al problema e data la complessità dei fattori da rilevare e tenere sotto controllo, nella messa a punto della procedura di test si è fatto riferimento alla tecnica della task analysis. Questa è uno strumento operativo sviluppato nell'ambito dell'user centred design che consente di analizzare i compiti in modo da esplicitare le interazioni fra sistema utilizzato, utenti e contesto d'uso<sup>16</sup>. Essa può essere impiegata con successo, sia nella programmazione, sia nella valutazione delle attività di cantiere, poiché consente di individuare la sequenza specifica delle azioni e le caratteristiche dei sistemi affinché gli obiettivi delle attività possano essere raggiunti in modo efficace, efficiente e soddisfacente<sup>17</sup>. Sulla base di tale articolato sistema di riferimenti teorici ed operativi, è stata messa a punto la griglia dei parametri/indicatori in grado di rappresentare i livelli di cantierabilità e usabilità dell'apparecchiatura rispetto a ciascuna attività, indipendentemente dalla loro natura e dalle eventuali peculiarità specifiche dei diversi cantieri. Quindi, per ogni singola operazione del cantiere di rimozione sono stati individuati uno o più indicatori rappresentativi dei loro livelli di difficoltà, indipendentemente dalla loro natura, dalla particolare tipologia dei fronti oggetto di intervento e dalla localizzazione delle lavorazioni in facciata. Nell'elaborazione della procedura di test, massima attenzione è stata prestata affinché le prove ed i giudizi risultassero ripetibili e confrontabili e riducessero al minimo i possibili equivoci durante l'effettuazione dei test in situ o la lettura dei risultati. Ciò ha condotto a stabilire che ciascun indicatore deve essere: adeguatamente generico da poter osservare qualsiasi tipo di operazione, rappresentativo della difficoltà di ciascuna operazione, congruente con le problematiche operative tipiche del cantiere edile di recupero nonché adeguatamente specifico rispetto al sottocantiere di rimozione d'intonaco. Gli indicatori ritenuti significativi sono:

- il tempo impiegato per portare a compimento l'operazione,

---

<sup>16</sup> Secondo la norma ISO 9241/11 – 1998, l'usabilità di un qualsiasi sistema va misurata rispetto allo specifico contesto d'uso del sistema stesso. Il grafico, tratto dalla norma, individua gli elementi costituenti il contesto d'uso, che sono: utenti, compiti, attrezzature e ambiente. Inoltre, il grafico riportato esplicita le relazioni fra obiettivi, misure di usabilità e prodotto/sistema di cui si vuole conoscere il livello di usabilità.

<sup>17</sup> I dati rilevati attraverso la task analysis sono incentrati sull'osservazione delle condizioni di svolgimento delle attività attraverso il comportamento dell'utente. Essi, dunque, mirano ad evidenziare le abilità e competenze dei soggetti coinvolti, le modalità di impiego delle attrezzature, le posture e i movimenti, l'atteggiamento mentale degli operatori nell'uso dei sistemi (Kirwan B., Ainsworth L.K. *A guide to task analysis*, Taylor & Francis, London, 1993). Sull'approccio centrato sull'utente si veda anche: Attaianese E., Duca G., "Ergonomics contribution to urban maintenance", in De Joanna P., Fiore V. (eds), *Proceedings of International conference Urban Maintenance as Sustainable Development*, Liguori Editore, Napoli, 2002.

- il numero di addetti occorrenti per compiere correttamente il compito (squadra tipo),
- la qualifica superiore necessaria nella squadra,
- la tipologia delle attrezzature necessarie per il buon esito dell'attività.

Il parametro tempo risulta, quasi sempre, determinante nella formulazione di un giudizio sulla difficoltà o sull'efficienza delle operazioni di cantiere, pertanto, per ogni singola operazione sottoposta a test sono stati individuati intervalli di tempo congruenti con la particolare tipologia di lavoro, assumendo come riferimento la pratica del cantiere di recupero tradizionale. Anche il numero degli addetti che formano la squadra tipo, è descrittivo delle difficoltà connesse ad un tipo qualsiasi di operazione. Di fatto in tale parametro, come pure in quello temporale, sono inglobati tutti quegli aspetti che hanno a che fare sia con la difficoltà intrinseca dell'operazione sia con i livelli di eventuale disagio connessi alla natura del sito e a qualsiasi condizione locale capace di incidere sulla difficoltà dell'attività. Entrambi i parametri restituiscono informazioni su quelle condizioni locali estremamente variabili, quali le dimensioni dell'area di cantiere, la morfologia del sito, la geometria della facciata, la manovrabilità delle attrezzature e degli elementi, il loro peso e ingombro. Anche per il parametro numero degli addetti, è stato definito per ciascuna operazione il numero di componenti della squadra congruente con l'attività osservata, conformemente a quanto desunto dalla pratica del cantiere tradizionale.

La qualifica più alta dell'addetto impegnato nell'ambito della squadra di lavoro - operaio semplice, operaio qualificato, operaio specializzato - contribuisce a rappresentare la difficoltà intrinseca dell'operazione, in quanto testimonia competenze professionali necessarie per eseguire l'operazione.

La tipologia delle attrezzature necessarie - a mano, semplici, complesse - contribuisce a definire il livello di difficoltà operativa di ciascuna fase; con la dizione *a mano* si indicano attrezzi quali cacciaviti, leve e altri utensili di normale uso che non presuppongono particolari difficoltà di utilizzo; nella voce *semplici* si includono apparecchiature, quali trapano o chiavi dinamometriche di uso più specifico; mentre vengono classificati come *attrezzature complesse* quegli strumenti che per la difficoltà d'uso o la particolare dimensione e complessità, presuppongono un più alto livello di attenzione o perizia nell'uso (ad esempio carrelli elevatori, gruette, trabattelli, ecc.). I valori dei diversi indicatori sono espressi con una scala di valutazione di tre punti, indicando la difficoltà crescente con i livelli da 1 a 3. Per ciascuna operazione da sottoporre a test è stato definito il peso relativo di ciascun parametro, individuando, prevalentemente sulla base dell'esperienza di dominio dei ricercatori coinvolti, quanto ogni singolo parametro incide sull'efficacia ed efficienza complessive del compito. Il livello di difficoltà di ciascuna operazione, risulta quindi descritto da un valore numerico che si ottiene moltiplicando il livello di difficoltà di ciascun parametro per il suo peso percentuale all'interno del compito specifico e sommando il risultato di tale prodotto con il valore degli altri parametri analogamente ottenuti.

#### 4.2.2 Una procedura di test della cantierabilità

Nel caso specifico dell'apparecchiatura semiautomatica per la rimozione degli intonaci, si è ritenuto che l'osservazione delle caratteristiche di cantierabilità non potesse essere condotta trascurando la stretta integrazione esistente fra il prototipo della piattaforma e quello dell'apparecchiatura per la rimozione degli intonaci; pertanto nella fase di programmazione e definizione delle attività di test si è stabilito di sottoporre al test di cantierabilità l'intero sistema integrato, composto da piattaforma e apparecchiatura di rimozione.

Dunque, con *test di cantierabilità* si indica l'insieme dei controlli relativi alle operazioni di assetto e manovra del sistema integrato, preliminari all'effettiva operatività del sistema verticale per la rimozione degli intonaci di facciata. I controlli effettuati riguardano le fasi di lavoro finalizzate dalla posa in opera del sistema, dal trasporto in cantiere degli elementi costitutivi al posizionamento in assetto di lavoro.

La procedura di test messa a punto è strutturata in tre sezioni: accessibilità, installazione e manovrabilità, ciascuna delle quali sviluppata attraverso schede per l'osservazione delle attività appositamente definite.

Questi in dettaglio i test:

##### A - Test di accessibilità

###### A.1 - Percorso stazione di scarico - cantiere

Il test valuta il livello di difficoltà relativo alle operazioni di scarico e trasporto degli elementi del sistema integrato piattaforma/apparecchiatura da una stazione di scarico, ipotizzata al di fuori di un centro storico di limitata accessibilità, fino al cantiere di rimozione. Questo test è effettuabile solo in cantiere e solo nel caso di sussistenza delle condizioni ipotizzate (centro storico di limitata accessibilità con stazione di scarico esterna ad esso).

Il senso del test si basa sulla rilevanza del fattore accessibilità nell'installazione di un cantiere di recupero nell'ambito sia di un centro storico sia di un qualsiasi altro sito che per conformazione orografica dei luoghi o mancanza/carenza delle vie di accesso, ponga problemi di trasporto e adduzione di attrezzature e materiali.

###### A.2 - Accatastamento degli elementi del sistema in cantiere

Il test rileva il grado di difficoltà delle operazioni di accatastamento in cantiere degli elementi del sistema integrato piattaforma/apparecchiatura.

Le operazioni considerate sono esclusivamente quelle di accatastamento preliminari al posizionamento e montaggio in facciata del sistema piattaforma/apparecchiatura.

Estrapolando tale operazione, si è inteso discretizzare la fase della sistemazione degli elementi del sistema in cantiere in due sub fasi, quelle di accatastamento e di posizionamento presso la facciata, in considerazione del fatto che in aree di cantiere piuttosto ampie ed in relazione alla pianificazione temporale delle operazioni, le due fasi possono essere eseguite anche in tempi differenziati. Per cantieri di limitata estensione e di scarsa complessità, questa fase e la successiva possono coincidere.

A.3 - Posizionamento degli elementi del sistema in prossimità della facciata  
 Il test valuta il livello di difficoltà connesso con le operazioni di posizionamento e degli elementi del sistema integrato piattaforma/apparecchiatura presso la facciata su cui si dovrà intervenire.

Le operazioni considerate sono esclusivamente quelle di posizionamento, preliminari al montaggio sulla facciata del sistema piattaforma/apparecchiatura.

## B – Test di installazione

### B.1 - Montaggio

#### B.1.1 - Montaggio piattaforma

Scopo della prova è la misura del livello di difficoltà relativo alle operazioni di montaggio della piattaforma autosollevante, su cui va integrata l'apparecchiatura di rimozione.

Il test è effettuabile sia in officina sia in cantiere.

#### B.1.2 - Montaggio apparecchiatura sulla piattaforma

Il test valuta il livello di difficoltà delle operazioni di montaggio della piattaforma autosollevante.

Si noti che il prototipo di apparecchiatura, per la sua geometria, ingombro e massa, può porre alcuni problemi in fase di aggancio al ponteggio; tale operazione è resa critica dalla presenza sugli assi di movimento a rotazione dell'attrezzo dei motori elettrici di precisione, che non devono subire urti.

#### B.1.3 - Montaggio del sistema di aspirazione

Il test rileva il grado di difficoltà delle operazioni di montaggio del sistema di aspirazione dei residui di lavorazione. Gli intervalli considerati per ciascun parametro derivano dall'esperienza di dominio relativa ai normali cantieri di recupero edilizio e si riferiscono ad operazioni analoghe a quella considerata.

Il montaggio del sistema di aspirazione, che è parte integrante del sistema, non pone particolari problemi; l'unica attenzione deve essere posta nel collocare correttamente il tubo di aspirazione ed il contenitore per la raccolta delle polveri - comunque mobile in quanto dotato di ruote - rispetto alla piattaforma e all'apparecchiatura, al fine di non ostacolare i movimenti e le operazioni degli addetti.

#### B.1.4 - Connessione dei cavi di alimentazione e trasmissione dati

La prova intende rilevare il grado di difficoltà delle operazioni di connessione dei cavi di alimentazione e trasmissione dati.

La fase di connessione dei cavi risulta delicata e cruciale per il funzionamento dell'intero apparato. Essa riguarda non solo le connessioni elettriche ma anche quelle di trasporto dati, essenziali per la corretta conduzione del sistema. Gli addetti a tale operazione devono essere ben istruiti rispetto al riconoscimento dei fasci di cavi e delle loro funzioni.

### B.2 Smontaggio

#### B.2.1 - Smontaggio piattaforma

#### B.2.2 - Smontaggio apparecchiatura sulla piattaforma

### B.2.3 - Smontaggio del sistema di aspirazione

### B.2.4 - Sconnessione dei cavi di alimentazione e trasmissione dati

L'intero gruppo di test B.2, che riguarda le operazioni di smontaggio del sistema integrato piattaforma / apparecchiatura, è speculare rispetto a quello di montaggio, i cui test specifici sono stati descritti sopra. Pur se analoghe a quelle di montaggio, le operazioni di smontaggio sono state considerate a parte, poiché la smobilitazione del cantiere potrebbe porre problemi di diversa natura rispetto a quelli rilevabili in fase di montaggio.

## C - Test di manovrabilità per l'assetto in opera

### C.1 – Test di rilievo delle coordinate di marker

La prova valuta il livello di difficoltà delle operazioni di rilievo delle coordinate del marker attraverso l'uso della videotelecamera, necessarie per l'esecuzione della fase successiva di riferimento delle coordinate relative della facciata alle coordinate assolute del sistema piattaforma/apparecchiatura.

Questo test è effettuabile solo in cantiere.

Questa fase richiede particolare accuratezza nell'esecuzione perché da essa dipende la rispondenza del sistema alla programmazione tramite controllo numerico. Obiettivo di questo test è valutare l'aumento della difficoltà di esecuzione di un'operazione, generalmente svolta in officina e non in un cantiere, al passaggio dall'ambiente controllato al cantiere di recupero. Queste operazioni vengono svolte prevalentemente dagli addetti al controllo remoto del sistema, essendo l'intervento degli operai addetti al montaggio necessario solo per il montaggio delle telecamere.

### C.2 – Assetto del sistema in facciata rispetto agli assi cartesiani di riferimento

La prova valuta il livello di difficoltà delle operazioni di posizionamento rispetto agli assi di riferimento assoluti del sistema piattaforma/apparecchiatura.

Il test posizionamento di precisione si distingue dal precedente in quanto concerne esclusivamente la parte di controllo software dell'apparecchiatura. Nei tempi rilevati sono stati inclusi anche i tempi per l'impostazione dei comandi di rimozione di un'area a geometria semplice già presente in libreria, così da riuscire a valutare con l'insieme dei test di cantierabilità tutti i tempi e le risorse necessari a rendere effettivamente operativo il sistema integrato piattaforma/apparecchiatura.

## 4.2.3 L'applicazione della procedura di test

Il sistema integrato piattaforma/ apparecchiatura semi automatica per la rimozione degli intonaci è stato sottoposto al test di cantierabilità nel cantiere del Palazzo Civico di Atripalda (Avellino), su di una parete di tufo intonacata di circa 30 mq. La particolare natura delle operazioni e le condizioni peculiari dell'ambiente in cui avvengono, se da un lato possono considerarsi utili ai fini della calibrazione del sistema integrato per le operazioni di un cantiere di recupero "standard", dal-

L'altro hanno consentito di provare il grado di controllo del prototipo in assetto operativo raggiungibile in condizioni particolarmente restrittive.

I test effettuati nel cantiere del Palazzo Civico di Atripalda sono quelli relativi alla "Installazione" in prossimità della parete di prova e all'"Assetto" in facciata in corrispondenza delle aree di rimozione del sistema integrato piattaforma/apparecchiatura. Tali operazioni sono propedeutiche alla fase effettiva di lavorazione; a conclusione di queste deve essere possibile la messa in funzione dell'apparecchio a rotazione per la rimozione delle porzioni di intonaco da demolire. Lo scopo di questi test è stato quello di descrivere, commentare e dare una prima valutazione delle operazioni di installazione e posizionamento del sistema e dei livelli di difficoltà presentati da tali operazioni, al fine di verificare la rispondenza delle prestazioni in cantiere del sistema integrato ai requisiti di cantierabilità definiti in fase di progettazione. Di fatto, i valori rilevati sono risultati solo parzialmente significativi una volta letti alla luce delle specificità dei test in situ, pertanto gli esiti dei test vanno considerati come un riferimento più utile in fase di pre-ingegnerizzazione, che non a quella di una validazione di un prototipo da avviare alla produzione industriale.

In tal senso i risultati del test assumono un valore che travalica quello specifico del controllo delle attività. Ad esempio, si noti che la durata di alcune attività è risultata estremamente dilatata rispetto alle attese, in quanto, contestualmente alle operazioni programmate, si sono dovute effettuare modifiche e/o aggiustamenti, elaborati al momento, dovuti dalla mancanza di riferimenti ad esperienze analoghe.

Il senso dei test condotti non è relativo tanto alla possibilità di confrontare gli esiti dell'uso del sistema verticale con analoghe attività del cantiere tradizionale, quanto piuttosto alla registrazione analitica di problemi ed ostacoli riscontrati nell'approntamento del sistema verticale connessi alla configurazione prototipale del sistema.

Nel complesso, i test hanno evidenziato che le fasi di movimentazione e assemblaggio/disassemblaggio del sistema presentano livelli di difficoltà medi, legati prevalentemente all'ingombro, al peso e alla delicatezza di alcune componenti del sistema stesso.

Tali problemi potrebbero essere superati in una fase di più spinta ingegnerizzazione del sistema che preveda la realizzazione ad hoc di alcuni componenti che nel caso presentato sono stati prelevati dal mercato. Ciò vale in particolare per gli assi di movimentazione e i motori asincroni di precisione, gli uni di ingombro e massa eccessivi rispetto alla testa utensile e alle forze in gioco per l'attività di rimozione, gli altri ridondanti rispetto alla precisione degli spostamenti richiesti.

L'adozione di componenti ad hoc consentirebbe un notevole ridimensionamento degli ingombri e delle masse, oltre alla possibilità di prevedere componenti elettromeccaniche meno delicate di quelle adottate, adatte all'impiego in cantiere.

Rispetto alla configurazione del prototipo testato, in cantiere è stata necessaria l'adozione di adeguate misure di salvaguardia dei componenti nonché la predisposi-



zione di attrezzature per la movimentazione del sistema (eventuale carrello elevatore di portata adeguata alle masse e agli ingombri in gioco, ...). Un'ultima considerazione marginale riguarda l'ingombro dei cavi di potenza e di segnale che, per la loro quantità e lunghezza, hanno creato qualche difficoltà nella movimentazione delle componenti del sistema.

Nel complesso, il test di cantierabilità ha validato gli esiti della sperimentazione del sistema per la rimozione semiautomatica degli intonaci ed ha evidenziato gli aspetti che nelle eventuali successive fasi di sviluppo industriale richiedono una maggiore customizzazione dei dispositivi industriali presenti sul mercato.



GIAMBATTISTA GIORDANO

### 4.3 Sostenibilità economica/prestazionale delle scelte progettuali

In questa parte dello studio è analizzata la sostenibilità economica/prestazionale dell'apparecchiatura semiautomatica per la rimozione degli intonaci raffrontandone gli indicatori (economici e di prestazione) con il sistema tradizionale di rimozione. Al fine di effettuare tale valutazione è stato necessario progettare il prototipo del sistema semiautomatico, in uno stadio di produzione industriale poiché solo simulando la produzione ordinaria del dispositivo semiautomatico diventa possibile confrontare i sistemi alternativi di rimozione degli intonaci.

Sono stati, in primo luogo, definiti i parametri (o criteri) di valutazione con riferimento all'attività di rimozione nel suo complesso e quindi rispetto al sistema integrato "piattaforma-apparecchiatura". Successivamente è stato analizzato il costo complessivo per la rimozione degli intonaci relativamente all'uso dell'apparecchiatura semiautomatica ed al sistema tradizionale di rimozione.

Nella fase conclusiva è stata effettuata la valutazione in termini costi/prestazioni attraverso l'approccio multicriterio, che riesce a comprendere contemporaneamente indicatori espressi con diverse scale di valutazione. La scelta di un approccio multicriterio è scaturita, dunque, dalla necessità di analizzare dati di diverso formato che non sono tra loro confrontabili attraverso un'unica dimensione come avviene ad esempio con le valutazioni finanziarie o economiche. Attraverso questo approccio si è tentato di ottenere un valore aggregato, o complessivo, del sistema integrato al fine di poter confrontare le prestazioni globali dei due sistemi.

#### 4.3.1 Definizione dei parametri di valutazione

La definizione e strutturazione dei parametri di valutazione tiene conto, in via preliminare, della scelta del metodo di valutazione multicriterio.

E' stata proposta la strutturazione di tipo gerarchico poiché, per il raffronto del sistema integrato con i sistemi tradizionali di rimozione, si è deciso di utilizzare il metodo AHP (Analytical Hierarchical Process), cioè un metodo di valutazione a criteri multipli, dal momento che questo metodo riesce ad integrare indicatori qualitativi e quantitativi. Inoltre l'AHP consente l'acquisizione e la gestione di giudizi esperti, necessari per alcuni indicatori della valutazione, attraverso i confronti a coppie che sono più facilmente esprimibili in un ambiente caratterizzato da attori, obiettivi e alternative multipli, eterogenei e conflittuali.

Come già accennato i parametri di valutazione sono stati organizzati in una struttura gerarchica dove al primo livello sono individuati i macroparametri o categorie generali di valutazione e cioè:

- *Efficienza economica*
- *Tutela ambientale*
- *Sicurezza*
- *Efficacia.*

### *Efficienza economica*

Questo macroparametro sintetizza quegli elementi che si riferiscono alla dimensione economica delle attività di rimozione degli intonaci rispetto ai quali è possibile ricomporre un giudizio di convenienza economica dell'utilizzo del sistema integrato in comparazione con i sistemi tradizionali.

Il macroparametro *Efficienza economica* può considerarsi composto dai seguenti criteri ritenuti rilevanti nella formulazione di un giudizio di convenienza economica:

- *costo della rimozione;*
- *flessibilità d'uso del sistema.*

Il *costo di rimozione* rappresenta un criterio quantitativo espresso in Lire a metro quadro di intonaco rimosso ed è computato, per il sistema integrato, con riferimento al costo di acquisizione delle attrezzature, al costo di gestione e al costo di manutenzione.

Il criterio *flessibilità d'uso del sistema* è di tipo qualitativo e si riferisce all'attitudine del sistema di rimozione ad essere utilizzato anche per altre attività. In particolare è da considerarsi, per il sistema proposto, la possibilità di predisporre l'utilizzo di utensili differenti dalle frese per il taglio degli strati di intonaco. A titolo esemplificativo si può immaginare l'apparecchiatura integrata come un "cantiere verticale" atto ad eseguire molteplici operazioni che hanno l'obiettivo comune della riqualificazione/ripristino delle facciate degli edifici storici. Pertanto con relativamente piccole integrazioni al sistema, sarà possibile effettuare, ad esempio, oltre alla rimozione degli intonaci, operazioni di rilievo, diagnosi, ricomposizione dell'intonaco, intervento sui rivestimenti, in generale, sui componenti delle facciate degli edifici.

### *Tutela ambientale*

Questo macroparametro è funzione di tutti quei fattori, almeno quelli macroscopici, che in qualche modo legano il funzionamento del sistema integrato al contesto ambientale circostante, eventualmente determinando in esso impatti negativi.

I criteri ritenuti rilevanti nella definizione del macroparametro *Tutela ambientale* sono relativi:

- *dispersione di polveri;*
- *inquinamento acustico.*

La *dispersione delle polveri* rappresenta uno dei problemi più rilevanti legati alla attività di rimozione degli intonaci dal momento che essa può essere direttamente connessa a conseguenze sulla salute pubblica dei cittadini che soggiornano in ambienti contigui a quelli di svolgimento dell'attività e sui terreni sui quali tali polveri si depositano (inducendo il rischio, ad esempio, di saturare i meccanismi filtranti del suolo). Il criterio è di tipo qualitativo (tiene conto della granulometria e delle quantità di polveri disperse) e tiene conto anche delle interazioni che il sistema ha con gli agenti atmosferici (trasporto con azione eolica e acque di scorrimento).

L'*inquinamento acustico* rappresenta un problema rilevante dell'attività di rimozione dal momento che la produzione di rumori deve considerarsi cumulata a quella di altre sorgenti che in ambito urbano appaiono tutt'altro che irrilevanti interagendo direttamente sia con la salute pubblica che con la tutela stessa del patrimonio architettonico provocata dal carico di vibrazioni. Per la complessità dei fenomeni connessi con tale forma di inquinamento, il criterio è da considerarsi di tipo qualitativo.

### *Sicurezza*

Il macroparametro *Sicurezza* è funzione di tutti quegli elementi che contribuiscono alla variazione delle condizioni della pericolosità dell'attività di rimozione degli intonaci.

I criteri ritenuti rilevanti nella definizione di questo macroparametro sono:

- *esposizione alle polveri;*
- *esposizione al rumore;*
- *rischio di incidente rilevante per gli operatori.*

L'*esposizione alle polveri* rappresenta uno dei problemi di estrema rilevanza per la sicurezza degli operatori. Il criterio è di tipo qualitativo poiché tiene conto sia della quantità delle polveri disperse che della loro granulometria.

L'*esposizione al rumore* tiene conto dei danni acustici provocati da esposizioni a livelli sonori elevati. Il criterio si riferisce sia all'intensità del rumore emesso dal sistema di rimozione che alla distanza degli operatori dalla sorgente di rumore.

Il *rischio di incidente rilevante per gli operatori* è relativo all'attitudine del sistema di rimozione a ridurre l'esposizione al rischio di incidente degli operatori ed è riferito tanto al rapporto con gli utensili di rimozione che al pericolo di caduta.

### *Efficacia*

Il macroparametro *Efficacia* è funzione di quegli elementi che contribuiscono alla determinazione dei livelli prestazionali in riferimento agli obiettivi fondamentali dell'attività di rimozione. Anche in questo caso è possibile identificare dei criteri rilevanti nella definizione del macroparametro *Efficacia*:

- *precisione (riferita ai limiti delle superfici sulle quali intervenire);*
- *collisione col supporto murario;*
- *esigenza di intervento manuale;*
- *cantierabilità.*

La *precisione* è da valutarsi con riferimento all'area dell'intonaco da rimuovere ed alla reale capacità del sistema di operare su tutta la parte di intonaco interessata dall'intervento. Pertanto il giudizio, di tipo qualitativo, è riferito all'attitudine del sistema a garantire l'intervento di rimozione al fine di perseguire l'obiettivo finale della riqualificazione delle facciate. Saranno espressi, ad esempio, giudizi relativi al taglio sullo spessore dell'intonaco e sulla superficie del paramento murario.

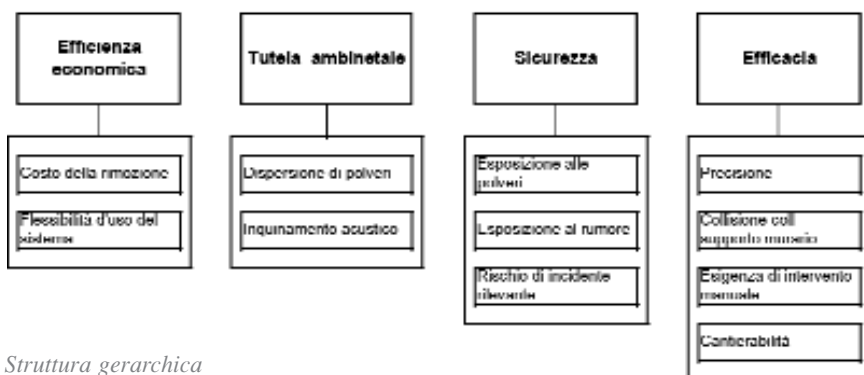
Il criterio *collisione col supporto murario* analizza la capacità del sistema ad

effettuare la rimozione dell'intonaco evitando intrusioni sul supporto murario. Operativamente, questo criterio serve a valutare le attitudini, del sistema di rimozione, al controllo delle variazioni di spessore e della non complanarità delle superfici.

L'attitudine del sistema di rimozione ad accedere a tutte le parti di intonaco da rimuovere, e quindi ad operare, costituisce il riferimento per il criterio *esigenza di intervento manuale*. Tale criterio è stimato qualitativamente con riferimento sia alle attitudini di accessibilità del sistema che alle prestazioni nella rimozione.

Infine la *cantierabilità* misura qualitativamente la predisposizione del sistema integrato di rimozione a consentire le operazioni di assetto e manovra con riferimento all'accessibilità, all'installazione (montaggio e smontaggio) e al posizionamento.

In figura è riportata la struttura gerarchica degli obiettivi e dei criteri.



Struttura gerarchica

### 4.3.2 Il costo della rimozione degli intonaci

La previsione dei costi di utilizzo in cantiere dell'apparecchiatura è orientata alla determinazione dei costi di utilizzo in cantiere dell'intero sistema integrato.

L'analisi dei costi di utilizzo del sistema è effettuata con riferimento ad un anno di attività di rimozione degli intonaci e all'utilizzo di una piattaforma con monocolonna centrale. La piattaforma ha dimensioni pari a 20 mt di altezza e 4,7 mt di lunghezza (ponte a doppio sbalzo). Tale ipotesi è giustificata dalla necessità di ottenere una più semplice lettura ed elaborazione dei dati. Ciò comunque non induce alcuna differenza dei risultati rispetto ad un'analisi riferita all'intero periodo di vita utile del sistema *piattaforma-apparecchiatura*.

I costi di utilizzo in cantiere ( $C_c$ ) del sistema possono essere considerati funzione dei costi di gestione ( $C_g$ ), dei costi di manutenzione ( $C_m$ ) e della quota di ammortamento annuo riferita all'acquisto del sistema integrato ( $C_a$ ).

$$C_c = f(C_a, C_g, C_m)$$

La determinazione della quota di ammortamento prevede l'individuazione del più probabile valore di mercato del sistema *piattaforma-apparecchiatura*.

Il prototipo di apparecchiatura risulta realizzato dall'assemblaggio di dispositivi, materiali e accessori presenti sul mercato e, comunque, l'analisi del costo di costruzione non è ritenuta rilevante ai fini della stima di un eventuale prezzo di mercato.

La previsione di un prezzo orientativo per l'apparecchiatura ha preso in esame i seguenti elementi:

- si è ritenuto valido considerare il prototipo di apparecchiatura, con una buona approssimazione, vicino ad un prodotto ingegnerizzato ed industrializzato solo con riferimento ad alcuni parametri generali relativi ai meccanismi di funzionamento e al sistema di controllo che lo gestisce. Tale considerazione implica che un ipotetico riferimento nel mercato è possibile solo per quelle apparecchiature (bracci meccanici) che risultano maggiormente assimilabili alle prestazioni del prototipo e, in previsione, alle prestazioni che, eventualmente, si richiederanno al prodotto ingegnerizzato. E' stata quindi utilizzata la banca dati relativa ad apparecchiature assimilabili costruita per valutare, nell'ambito della ricerca, l'opportunità di realizzare il prototipo di apparecchiatura a partire da un braccio meccanico già presente in commercio;
- per quanto detto al punto precedente, attraverso il supporto degli esperti di settore (ingegneri meccanici, ingegnere elettrico ed altri), si è proceduto alla riduzione successiva dell'insieme di apparecchiature rilevate come disponibili nel mercato fino all'individuazione di un braccio con caratteristiche meccaniche simili a quelle del previsto prodotto ingegnerizzato e si è assunto come prezzo orientativo dell'apparecchiatura quello relativo all'offerta economica prodotta per il braccio prescelto.

L'offerta economica, *Prif*, è stata fornita da una ditta specializzata con riferimento ad un robot mod. P.4000 MULTI nudo a 4 assi controllati, realizzato con 2 moduli da 2 assi controllati ciascuno con corsa orizzontale di mm. 4000, asse ver-

ticale di mm. 900, portata max Kg 70, corredato di armadio di controllo tipo "UCB 9" con ventilazione forzata composto da: personal computer di supervisione con DOC da 8 Mb, floppy disk per archivio programmi e uscita parallela per stampante; modulo di controllo assi con microprocessori dedicati a funzionamento parallelo; sistema comando ingressi uscite 32/16 I/O espandibile con programmazione confortevole, provvisto di rete di potenza ed ingressi optoisolati; terminale di programmazione in materiale termoplastico con tastiera a membrana e display LCD da 40 caratteri per 4 righe; connettori industriali per interfacciamento robot e periferiche accessibili dall'esterno del controllore; dispositivi di controllo ed emergenza; predisposizione per dispositivi di protezione (barriere, cancelli e recinzioni), di sistema operativo RD2 con autoapprendimento.

Il prezzo di riferimento (*Prif*) dell'apparecchiatura è pari a 79 MLit.

Il prototipo di *piattaforma* risulta realizzato, per la maggior parte, da un dispositivo presente sul mercato. Per tale motivo è possibile, attraverso una indagine di mercato rivolta direttamente ai fornitori, ottenere i prezzi di riferimento. In effetti la realizzazione del prototipo di *piattaforma*, per la movimentazione dell'apparecchiatura per la rimozione degli intonaci, ha previsto alcune integrazioni e modifiche meccaniche ed elettriche su di un modello di *piattaforma* commercializzato.

La metodologia per la previsione del "prezzo minimo" della *piattaforma* sperimentata nella ricerca ha preso in esame i seguenti elementi:

- si è ritenuto valido considerare il prototipo di *piattaforma*, con una buona approssimazione, molto vicino ad un prodotto ingegnerizzato ed industrializzato (in effetti tale considerazione è possibile poiché le integrazioni meccaniche ed elettriche sono caratterizzate da un relativamente basso livello di complessità ed innovazione tecnologica, inoltre le integrazioni sono ridotte, dal punto di vista quantitativo, rispetto al dispositivo in commercio);
- per quanto detto al punto precedente, attraverso il supporto degli esperti di settore (ingegneri meccanici, ingegnere elettrico ed altri) si è stimato il prezzo minimo della *piattaforma* sperimentata che è costituita da un dispositivo in commercio e dalle integrazioni apportate;
- le considerazioni fatte hanno consentito di determinare con buona approssimazione il prezzo minimo del dispositivo di *piattaforma* sperimentato ed attualmente ad un livello di prototipo.

In una parte successiva del presente studio è stato determinato, inoltre, il prezzo minimo del carrello per il trasporto e l'alloggiamento dell'apparecchiatura, per la rimozione degli intonaci, alla *piattaforma*.

La *piattaforma*, così come descritta è presente sul mercato al prezzo di 28,5 MLit. Al modello base sono state apportate le seguenti modifiche ed integrazioni per la parte meccanica:

- costruzione e montaggio di strutture aggiuntive per il supporto dell'apparecchiatura per la rimozione degli intonaci;
- realizzazione scala di accesso per quota 3,00 m;



- realizzazione mantovana parasassi;
  - realizzazione cancello di accesso controllato con apposito dispositivo.
- Sono state apportate, inoltre, le seguenti modifiche ed integrazioni elettriche:
- sostituzione di motoriduttori senza encoder con motoriduttori con encoder;
  - installazione di cinque connettori Harting;
  - installazione di due sezionatori;
  - installazione di due relè;
  - modifica dello schema elettrico.

La previsione del prezzo minimo è stata effettuata secondo la seguente formula:

$$P_{min} = P_o + P_{mod}$$

Dove:  $P_o$  rappresenta il prezzo della piattaforma non modificata  
 $P_{mod}$  rappresenta il prezzo delle modifiche meccaniche ed elettriche realizzate a scala industriale.

$P_{mod}$  è stato determinato ipotizzando, con il supporto degli esperti che hanno progettato le modifiche, quanto di seguito:

- modifiche elettriche: *costo materiali e manodopera* Lit. 2.000.000;  
 utile dell'azienda e costi di promozione e distribuzione Lit. 2.000.000.
- modifiche meccaniche: *costo materiali e manodopera* Lit. 3.000.000;  
 utile dell'azienda e costi di promozione e distribuzione Lit. 3.000.000.

In sintesi, si è ipotizzato un prezzo di mercato per la piattaforma pari a 38,5 MLit. La quota di ammortamento annua è determinata in funzione del costo di acquisizione (di investimento) delle strumentazioni.

L'ammortamento dei costi di acquisizione può essere computato, nel periodo di vita utile delle apparecchiature, come quota annua ( $I_a$ ) secondo la seguente espressione:

$$I_a = \frac{I \cdot r \cdot q^n}{q^n - 1}$$

Dove:

- $I$  = il prezzo minimo delle apparecchiature;
- $r$  = il tasso di interesse;
- $q$  = rappresenta il binomio di attualizzazione ( $I+r$ );
- $n$  = rappresenta la vita utile dell'apparecchiatura.

Considerato che:

- $I$  è pari alla somma di  $P_{apparecchiatura} + P_{piattaforma}$  e cioè MLit. 79+ MLit. 38,5 e cioè pari a MLit. 117,5 (così come definito precedentemente);
- $r = 3,75\%$  (Rif. Provvedimento Banca d'Italia 28 Aprile 2000);
- $n$  può essere posto pari a 8 anni tenendo conto sia della rapidità di immissione sul mercato di apparecchiature più moderne e sofisticate, sia con riferimento alla normativa fiscale che consente la detrazione delle spese e dunque l'ammortamento per apparecchiature in un periodo pari a 8 anni.

Per quanto considerato si ha:

$$I_a = 17.271.000 \text{ MLit./anno}$$

Nella quota di ammortamento andrebbero computati anche i costi relativi ai corsi di specializzazione degli operai abilitati a manovrare il sistema integrato. Tali somme, in riferimento al costo medio di un corso di formazione possono, però, essere considerate irrilevanti e vengono trascurate.

L'analisi dei costi di gestione è effettuata con riferimento alle seguenti ipotesi: i costi di trasporto sono riferiti al trasferimento delle apparecchiature da un cantiere a quello successivo (ci si riferisce cioè all'ipotesi di lavoro continuativo dell'impresa in possesso dell'apparecchiatura); l'apparecchiatura è utilizzata in tutto il suo periodo di vita utile.

I costi di gestione ( $C_g$ ) sono computati, congruentemente con i parametri relativi ai test di cantierabilità attraverso la seguente formula:

$$C_g = C_t + C_{inst} + C_{pos} + C_f$$

Dove:

$C_t$  = costo di trasporto in cantiere della strumentazione;

$C_{inst}$  = costo di installazione;

$C_{pos}$  = costo di posizionamento;

$C_f^{pos}$  = costo di funzionamento del sistema.

Per il computo di ciascuno dei costi sopra specificati è necessario individuare la quantità e la qualifica della manodopera impegnata nell'esecuzione delle relative attività.

I costi di gestione sono computati in modo da tenere conto dei costi di trasporto e di un costo comprensivo delle voci relative alle altre tre attività (installazione, posizionamento e funzionamento) riferite complessivamente a una squadra tipo, capace di svolgere le tre attività specifiche della gestione.

In particolare si prenderà in considerazione il tempo necessario allo svolgimento di tutta l'attività riferita ad un modulo di cantiere (un modulo di sistema integrato di rimozione) rispetto al quale sarà possibile computare i costi complessivi della gestione e cioè della squadra-tipo individuata.

#### *I. Costo di trasporto in cantiere del sistema piattaforma-apparecchiatura ( $C_t$ )*

Il costo di trasporto della strumentazione si riferisce alle quattro attività principali attraverso le quali il trasporto del sistema integrato in cantiere può essere espletato. Le attività sono:

*I.a. trasporto dall'ultimo cantiere alla stazione di scarico;*

*I.b. scarico e trasporto lungo il percorso dalla stazione di scarico al cantiere;*

*I.c. accatastamento degli elementi del sistema in cantiere.*

**I.a.** Per il trasporto dall'ultimo cantiere alla stazione di scarico si considera il costo del nolo di un autocarro con portata q.li 8 per il quale la tariffa di riferimento prevista dal Provveditorato alle Opere Pubbliche, della provincia di Napoli è pari a 113,07 Lire/Q.le Km.

Con l'ipotesi di utilizzo del sistema integrato per la rimozione degli intonaci, nell'ambito della provincia di Napoli è possibile individuare un intervallo di percor-

renza che va da un minimo di 0,5 Km (spostamento minimo del sistema integrato per il quale si necessita di un apposito mezzo di trasporto) ad un massimo di 20 Km (per cantieri localizzati, eventualmente, in città differenti).

A tale intervallo di percorrenza corrisponde un intervallo dei costi pari a lire [0 – 44.800] per il quale si è approssimato a zero il costo dello spostamento minimo, ritenuto trascurabile.

Per la previsione dei costi, di cui alla presente voce, è considerata una massa trasportata pari a 1980 Kg come somma di:

- massa della piattaforma = kg 1.200;
- massa dell'apparecchiatura = Kg 290 (stimata pari al 70% della massa del prototipo).

Per le due voci che seguono, per le quali non è possibile riferirsi ai dati rilevati, sono considerati i valori attesi per i test relativi ai parametri: numero addetti, qualifica addetti e attrezzatura.

**I.b.** Per lo scarico ed il trasporto lungo il percorso stazione di scarico-cantiere si prevedono i seguenti valori dei parametri che contribuiscono alla formazione del costo:

- 1 + 2 operai qualificati con tariffa pari a 31.416 Lit/ora;
- 2 operai semplici con tariffa pari a 29.076 Lit/ora.

Il tempo previsto per tale operazione è compreso tra 120 e 180 minuti con l'ausilio di semplici attrezzature meccaniche.

L'intervallo dei costi/ora per tale attività corrisponde a lire [89.568 – 120.984], i cui valori sono relativi a due squadre composte rispettivamente da un operaio qualificato e due operai semplici o da 2 operai qualificati e due operai semplici. L'intervallo dei costi complessivi è riferito al lavoro di 120 minuti, per l'estremo inferiore, e di 180 minuti per l'estremo superiore. Pertanto si avrà lire [179.136 – 362.952].

**I.c.** Per l'accatastamento del sistema in cantiere sono previsti due operai semplici che, con l'ausilio di mezzi meccanici semplici, operano per un tempo di 60 + 120 minuti. L'intervallo dei costi complessivi per questa operazione è pari a lire [58.152 – 116.304]. Tale intervallo è computato per il lavoro di due operai semplici che operano per un'ora, in corrispondenza dell'estremo inferiore, e per due ore in corrispondenza dell'estremo superiore.

## *II. Costo di installazione ( $C_{inst}$ )*

Il costo di installazione si compone dei costi relativi alle attività di:

II.a. posizionamento degli elementi del sistema in prossimità della facciata;

II.b. montaggio piattaforma;

II.c. montaggio apparecchiatura;

II.d. montaggio sistema di aspirazione;

II.e. connessione cavi;

II.f. smontaggio piattaforma;

II.g. smontaggio apparecchiatura;

II.h. smontaggio sistema di aspirazione;

**IIi.** sconnessione cavi.

Per le sopraelencate attività, come già detto, il costo sarà computato attraverso una stima complessiva a partire dall'impiego di una squadra tipo.

**IIa.** L'operazione di posizionamento in facciata è necessaria ogni qual volta deve predisporre il sistema integrato in una nuova posizione e quindi, rispetto a questa attività, sarà necessario considerare le seguenti categorie di manodopera: due operai semplici senza l'ausilio di particolari mezzi meccanici.

**IIb.** L'operazione di montaggio della piattaforma prevede, come da valori rilevati, l'impiego di un operaio specializzato e di 1 + 2 operai semplici senza l'utilizzo di particolari attrezzature. Si determinano, pertanto, due possibili configurazioni della squadra necessaria all'espletamento dell'attività: una minima, costituita da 1 operaio specializzato e 1 operaio semplice, e una massima costituita da 1 operaio specializzato e 2 operai semplici.

**IIc.** L'operazione di montaggio dell'apparecchiatura prevede l'impiego di un operaio specializzato e 1 + 2 operai qualificati che operano con l'ausilio di mezzi meccanici complessi. Anche in questo caso è opportuno fare riferimento a due possibili configurazioni: quella minima, di 1 operaio specializzato e 1 operaio qualificato, e quella massima, di 1 operaio specializzato e 2 operai qualificati.

**II.d.** L'operazione di montaggio del sistema di aspirazione prevede l'impiego di uno o due operai semplici senza l'ausilio di particolari attrezzature. Uno o due operai semplici costituiscono, in questo caso, le due possibili configurazioni di squadra, minima e massima, per questa attività.

**II.e.** L'operazione di connessione dei cavi prevede l'impiego di un operaio semplice.

**II.f.** Lo smontaggio della piattaforma richiede l'impiego di un operaio specializzato e 1 + 2 operai semplici senza l'ausilio di attrezzature particolari. Rispettivamente le squadre in configurazione minima e massima saranno formate una da 1 operaio specializzato e 1 operaio semplice e una da 1 operaio specializzato e 2 operai semplici.

**II.g.** Lo smontaggio dell'apparecchiatura richiede l'impiego di un operaio specializzato e 1 + 2 operai qualificati con l'ausilio di attrezzature meccaniche complesse e questo comporta 2 possibili configurazioni di squadra: quella minima, composta da 1 operaio specializzato e 1 operaio qualificato, e quella massima composta da 1 operaio specializzato e 2 operai qualificati.

**II.h.** Lo smontaggio del sistema di aspirazione richiede l'impiego di uno o due operai semplici senza l'ausilio di particolare strumentazione. 1 o 2 operai semplici saranno le configurazioni minima e massima della squadra necessaria all'esecuzione dell'attività.

**II.i.** La sconnessione dei cavi prevede un operaio semplice senza l'uso di attrezzature particolari.

**III.** *Costo di posizionamento degli elementi del sistema in cantiere ( $C_{pos}$ )*

Il costo di posizionamento degli elementi del sistema in cantiere si compone delle voci relative alle attività di:

III.a. assetto del sistema in facciata;

III.b. posizionamento di precisione sull'area oggetto di intervento.

**III.a.** L'assetto del sistema in facciata richiede, come è possibile evincere dai dati rilevati, uno o due operai semplici che operano senza l'ausilio di attrezzature particolari 1 operaio semplice o 2 operai semplici rappresenteranno le possibili configurazioni della squadra.

**III.b.** Il posizionamento del sistema in facciata prevede l'impiego di un operaio semplice che opera senza l'ausilio di particolari attrezzature.

*IV. Costo di funzionamento del sistema ( $C_f$ )*

Il costo di funzionamento del sistema integrato di rimozione è funzione della manodopera impiegata per l'attività di rimozione. Tale attività di rimozione deve essere assistita da uno o due operai specializzati (per la parte meccanica e per quella elettronica) e saranno queste le possibili due configurazioni di squadra minima e massima (la variabilità dipende dalla eventualità che la manodopera segua corsi di formazione per l'utilizzo del sistema integrato che riguardano entrambe le componenti (meccanica ed elettronica).

Per questo elemento dei costi si considerano ininfluenti i consumi energetici.

Con riferimento a quanto esaminato è possibile individuare un intervallo complessivo di variazione dei costi di trasporto così come sintetizzato nella tabella.

VOCI DI COSTO	COSTO MINIMO	COSTO MASSIMO	COSTO MINIMO + UTILE E SPESE (26,5%)	COSTO MASSIMO + UTILE E SPESE (26,5%)
I.a.	0	44.800	0	56.672
I.b.	179.136	362.952	226.607	459.134
I.c.	58.152	116.304	73.562	147.125
TOTALI			300.169	662.931

Per quanto riguarda le altre componenti dei costi, invece, è necessario definire la squadra tipo per le operazioni su un modulo di cantiere.

Nella tabella successiva sono schematizzate le squadre minime e massime relative allo svolgimento delle attività di cui ai punti IIa, IIb, IIc, IId, IIe, IIf, IIg, IIh, IIIi, IIIa, IIIb e IV.

E' possibile dedurre, da un semplice confronto, che le configurazioni minime e massime delle squadre che dovranno assistere l'intero processo di rimozione potranno considerarsi le seguenti:

- configurazione minima: [1 operaio specializzato, 1 operaio qualificato, 2 operai semplici];
- configurazione massima: [2 operai specializzati, 2 operai qualificati, 2 operai semplici].

	Operai specializzati		Operai qualificati		Operai semplici	
	min	max	min	max	min	max
IIa	–	–	–	–	2	2
IIb	1	1	–	–	1	2
IIc	1	1	1	2	–	–
IId	–	–	–	–	1	2
IIe	–	–	–	–	1	1
IIf	1	1	–	–	1	2
IIg	1	1	1	2	–	–
IIh	–	–	–	–	1	2
IIi	–	–	–	–	1	1
IIIa	–	–	–	–	1	1
IIIb	–	–	–	–	1	1
IV	1	2	–	–	–	–
max	1	2	1	2	2	2

I costi relativi alla manodopera delle due squadre sopra individuate potranno essere rappresentati da un intervallo calcolato sulla base delle tariffe orarie della manodopera e all'intervento su un singolo modulo di cantiere.

Pertanto l'intervallo di variazione del costo orario della manodopera corrisponde a:

$$\text{Lit. [122.786 – 187.420]}$$

I costi di manutenzione si compongono di costi di manutenzione ordinaria e costi di manutenzione straordinaria.

Per quanto attiene ai primi, è possibile considerare che la manutenzione ordinaria venga eseguita durante le fasi di montaggio, smontaggio e installazione e pertanto sono considerati compresi nei costi, già computati, di cui alle voci I, II, e III.

Per quanto riguarda i costi di manutenzione straordinaria (per esempio sostituzione di parti meccaniche o di componenti elettronici) si ritiene di computarli in ragione del 10% della quota di ammortamento annuo e rappresentano una quota parte de costi fissi della rimozione.

$$C_m = 10\% C_a = 1.727.000 \text{ Lit./anno}$$

Come già evidenziato i costi di rimozione sono funzione della quota annua di ammortamento, dei costi di gestione e dei costi di manutenzione.

Per la stima del costo di rimozione si considera quello riferito al complesso dei costi sostenuti per un modulo di cantiere (dove per modulo di cantiere si intende la superficie di una facciata sulla quale il sistema integrato può agire una volta installato; tale superficie corrisponde a 20mt di altezza e circa 5mt di larghezza).

Per la determinazione dei costi di rimozione è necessario determinare il numero di giornate impiegate dalla squadra tipo per l'intervento su un singolo modulo di cantiere. A questo scopo si fa riferimento alla velocità di rimozione dell'apparecchiatura.

La velocità di rimozione, dedotta dai dati rilevati, è funzione delle dimensioni dell'utensile/fresa e delle velocità di rotazione e di avanzamento dell'utensile. Essendo queste ultime fissate con riferimento a prestazioni ottimali (precisione del taglio e vibrazioni) è possibile considerare che la velocità di rimozione dipende unicamente dalla dimensione della fresa come illustrato nella tabella che segue.

Dimensione utensile	Tempi di rimozione (campione 40x40 cm <sup>2</sup> )	Tempi di rimozione (m <sup>2</sup> /h)
φ 40	1'15"	7,68
φ 80	1'20"	7,2
φ 125	55"	10,47

Per una generica rimozione è possibile ipotizzare un utilizzo della fresa φ 40 per il 20% della superficie da rimuovere, per il 50% della fresa φ 125 e del restante 30% per la fresa φ 80.

La velocità di rimozione di riferimento per il computo del costo di rimozione può essere calcolata in ragione di una media pesata delle singole velocità come indicato nel seguito:

$$V_{\text{rim}} = 0,2*7,68 + 0,3*7,2 + 0,5*10,47 = 8,931 \text{ m}^2/\text{h}$$

Con riferimento al modulo di cantiere (dove, si ricorda, per modulo di cantiere si intende la superficie di facciata sulla quale può agire il sistema integrato) la superficie di rimozione, così come rilevabile dagli elaborati grafici, è di circa 100 mq., con circa 3 mq. di superficie che necessita, per l'intervento sull'intonaco, di attività tradizionale (il sistema, per la sua conformazione e per le specifiche tecniche, non può rimuovere questa superficie).

Se si ipotizza che:

- il sistema opera per max n. 5 ore/giorno (considerando che le restanti 3 ore sono impiegate per programmare il sistema, per effettuare controlli, ecc.) durante le quali saranno rimossi circa 45 mq di intonaco;
- per le operazioni di montaggio, trasporto, posizionamento ecc. vengono impiegati due giorni (uno all'inizio dell'attività ed uno al termine);

è possibile concludere che sono necessari, in media, 4 giorni per tutte le operazioni relative ad un singolo modulo di cantiere.

Questo implica, infine, che i costi variabili dell'azione di riqualificazione delle facciate di un edificio possono essere riportati al singolo modulo di cantiere facendo riferimento a 32 ore lavorative della squadra tipo in configurazione minima/massima impiegata: lire [3.929.152 – 5.997.440] (costi di manodopera per modulo di cantiere).

Con riferimento ai 4 giorni necessari per le operazioni di ogni singolo modulo di cantiere e considerati 250 giorni lavorativi all'anno, potranno essere previsti al massimo circa 60 moduli di cantieri in un anno.

E' possibile ipotizzare due scenari su base annua:

### Utilizzo continuativo del sistema di rimozione

Sulla base di 250 giorni lavorativi all'anno e nell'ipotesi di un periodo di 4 giorni per cantiere si avranno circa 60 moduli di cantiere all'anno. Per questa ipotesi tutti i costi fissi annui andranno distribuiti per i 60 moduli di cantiere considerati.

### Utilizzo discontinuo del sistema di rimozione

In questa ipotesi si considera il 50% di utilizzo annuo e cioè in ragione di 30 cantieri all'anno. Per tanto i costi fissi andranno suddivisi per i 30 moduli di cantiere considerati.

Con riferimento a ciascuno di questi due scenari è possibile formulare tre ipotesi relative al numero di cantieri in un anno al fine di stimare l'incidenza delle voci di costo sul singolo modulo di cantiere, così come riportato nella tabella seguente.

	I scenario (60 moduli/anno)		II scenario (30 moduli/anno)	
	CANTIERI	N. MODULI/CANTIERE	CANTIERI	N. MODULI/CANTIERE
1° Ipotesi	20	3	15	2
2° Ipotesi	10	6	6	5
3° Ipotesi	5	12	2	15

Sulla base delle ipotesi formulate è possibile affermare che i costi totali per moduli di cantiere saranno quelli riportati nelle tabelle che seguono con riferimento anche agli intervalli di variazioni delle differenti voci di costo.

	1° Ipotesi		2° Ipotesi		3° Ipotesi	
	minimo	massimo	minimo	massimo	minimo	massimo
Quota di ammortamento	288	288	288	288	288	288
Costo di trasporto	100	221	50	110	25	55
Costi di gestione	3.930	6.000	3.930	6.000	3.930	6.000
Costi di manutenzione	29	29	29	29	29	29
<b>TOTALI</b>	<b>4.347</b>	<b>6.538</b>	<b>4.297</b>	<b>6.427</b>	<b>4.272</b>	<b>6.372</b>

*Costi totali riferiti al primo scenario (in 1.000 di lire)*

	1° Ipotesi		2° Ipotesi		3° Ipotesi	
	minimo	massimo	minimo	massimo	minimo	massimo
Quota di ammortamento	576	576	576	576	576	576
Costo di trasporto	150	332	60	132	20	44
Costi di gestione	3.930	6.000	3.930	6.000	3.930	6.000
Costi di manutenzione	58	58	58	58	58	58
<b>TOTALI</b>	<b>4.714</b>	<b>6.966</b>	<b>4.624</b>	<b>6.766</b>	<b>4.584</b>	<b>6.678</b>

*Costi totali riferiti al secondo scenario (in 1.000 di lire)*

I costi totali riferiti ai due scenari, e rispettivamente alle tre diverse ipotesi, possono essere distribuiti con riferimento alla superficie rimossa nell'ambito di ciascun modulo.

In tabella seguente sono riportati i costi medi totali, riferiti alla superficie rimossa, per un modulo di cantiere rispetto alle ipotesi considerate.



IPOTESI/superficie in mq	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20 cant./anno-costi totali min.	435	217	145	109	87	72	62	54	48	43
10 cant./anno-costi totali min.	430	215	143	107	86	72	61	54	48	43
5 cant./anno-costi totali min.	427	214	142	107	85	71	61	53	47	43
20 cant./anno-costi totali max.	654	327	218	163	131	109	93	82	73	65
10 cant./anno-costi totali max.	643	321	214	161	129	107	92	80	71	64
5 cant./anno-costi totali max.	637	319	212	159	127	106	91	80	71	64
15 cant./anno-costi totali min.	471	236	157	118	94	79	67	59	52	47
6 cant./anno-costi totali min.	462	231	154	116	92	77	66	58	51	46
2 cant./anno-costi totali min.	458	229	153	115	92	76	65	57	51	46
15 cant./anno-costi totali max.	697	348	232	174	139	116	100	87	77	70
6 cant./anno-costi totali max.	677	338	226	169	135	113	97	85	75	68
2 cant./anno-costi totali max.	668	334	223	167	134	111	95	83	74	67

*Costi medi*

In conclusione i costi medi per metro quadro di superficie rimossa, considerando le diverse ipotesi poste variano da un minimo di Lit. 43.000 per metro quadro di superficie rimossa ad un massimo di Lit. 668.000 per metro quadro di superficie rimossa. I limiti minimo e massimo si hanno rispettivamente nelle seguenti ipotesi:

- Limite minimo: primo scenario, terza ipotesi, costi totali minimi, superficie rimossa pari al totale della facciata;
- Limite massimo: secondo scenario, prima ipotesi, costi totali massimi, superficie rimossa pari al 10% della superficie del modulo di cantiere.

La stima dei costi di rimozione del *sistema tradizionale* si effettua attraverso l'ordinaria analisi dei prezzi per la rimozione degli intonaci, quando non risulta possibile avere riferimenti noti su tali informazioni. In alternativa, dunque, è possibile stimare il costo di rimozione, attraverso l'uso di tariffari.

In questa sede si è ritenuto opportuno seguire la seconda strada poiché l'attività di rimozione degli intonaci è un'attività ricorrente negli interventi di recupero, pertanto già analizzata e contemplata nella maggior parte dei tariffari ufficiali.

Pertanto, con riferimento a quanto detto, si considerano, per l'attività di rimozione degli intonaci, le seguenti voci riportate nel prezzario per l'esecuzione delle opere pubbliche in Campania, in vigore:

- Ponteggio o castello in tubolari metallici in opera Lit./giunto 5.600
- Tavolato per ponteggi metallici Lit/0,7 mq di sup. 9.400
- Schermatura di ponteggi o di armature di sostegno Lit/mq di sup. 5.000
- Spicconatura di intonaco Lit/mq 4.800
- Compenso alla spicconatura per la salvaguardia degli elementi architettonici<sup>18</sup> Lit/mq. 6.460

Così come per la stima dei costi per il sistema integrato, anche per il sistema tradizionale si distinguono costi fissi e costi variabili. Inoltre, per effettuare il con-

<sup>18</sup> Questa voce non è contemplata nel tariffario a cui si è fatto riferimento, per cui è stato utilizzato, per il caso specifico, il tariffario per gli interventi di recupero, ristrutturazione e manutenzione edito dalla DEI, Tipografia del Genio Civile, aprile 1998.

fronto tra i due sistemi, si utilizza lo stesso modulo di cantiere e gli stessi intervalli di superficie di rimozione.

I prezzi relativi alle voci da a) a d) vengono ridotti in ragione del 5% così come previsto dalla vigente normativa.

Voci	Unità di misura	Quantità	Prezzo unitario	Prezzo unit. rid.	Costo
Ponteggio	2 gt/mq	200	L. 5.600	L. 5.320	L. 1.064.000
Tavolato	0,7mq/mq di sup	70	L. 9.400	L. 8.930	L. 625.100
Schermatura	mq	100	L. 5.000	L. 4.750	L. 475.000
<b>Totale costi fissi</b>					<b>L. 2.164.100</b>

*Costi fissi per modulo di cantiere (100 mq)*

I costi variabili sono pari alla somma delle voci d) ed e), per tanto si ha:

Costi variabili = Lit 4.560<sup>19</sup> + Lit 6.460 = Lit/mq **11.020**.

I costi medi sono dati dal rapporto tra i costi totali e la superficie rimossa, così come riportato nella tabella seguente.

Tali costi variano da un minimo di 33.000 lire/mq, per una superficie rimossa pari al 100% del modulo di cantiere, ed un massimo di 227.000 lire/mq, per una superficie rimossa pari al 100% del modulo di cantiere.

Superficie in mq	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Costi variabili	L. 110	L. 220	L. 331	L. 441	L. 551	L. 661	L. 771	L. 882	L. 992	L. 1.102
Costi fissi	L. 2.164	L. 2.164	L. 2.164	L. 2.164	L. 2.164	L. 2.164	L. 2.164	L. 2.164	L. 2.164	L. 2.164
Costi totali	L. 2.274	L. 2.385	L. 2.495	L. 2.605	L. 2.715	L. 2.825	L. 2.936	L. 3.046	L. 3.156	L. 3.266
Costi medi	L. 227	L. 119	L. 83	L. 65	L. 54	L. 47	L. 42	L. 38	L. 35	L. 33

*Costi del sistema tradizionale (x 1.000)*

Dal raffronto tra i costi del sistema integrato di rimozione degli intonaci ed il sistema tradizionale emerge che il sistema integrato sperimentato non risulta avere mai una convenienza economica relativamente ai costi.

Come si evidenzia nei grafici in allegato, il costo medio di rimozione attraverso il sistema semiautomatico, rispetto a quello tradizionale, risulta notevolmente superiore se si considera una quantità di intonaco rimosso fino al 50%-60% della superficie del modulo di cantiere. Ciò accade per tutte le ipotesi e gli scenari considerati. Tale distanza si riduce notevolmente se si considera una quantità di intonaco rimossa superiore al 60% della superficie del modulo di cantiere considerato.

In effetti tale distanza è minima, pari allo scarto tra i valori di 43.000 lire/mq (per il sistema semiautomatico) e di 33.000 lire/mq (per il sistema tradizionale), se si considera una superficie di rimozione pari al 100% del modulo di cantiere.

In conclusione è possibile affermare che dal punto di vista della convenienza economica si potrebbero avere pareggi o una convenienza per il sistema semiauto-

<sup>19</sup> riduzione del 5% come per le voci precedenti.

matico se fosse possibile ottenere moduli di cantiere di dimensioni maggiori rispetto a quello considerato nel presente studio.

### 4.3.3 La valutazione costi/prestazioni.

La valutazione costi/prestazioni, è stata affrontata attraverso l’approccio multicriterio. Il metodo di valutazione che meglio sembra rispondere alle esigenze valutative del caso è l’“AHP- *Analytic Hierarchy Process*”. L’AHP, proposto e sviluppato da Thomas Lorie Saaty negli anni ’70, utilizza una struttura gerarchica a più livelli nella quale il primo rappresenta l’obiettivo generale e gli altri gli obiettivi secondari, i criteri, i sottocriteri e le alternative (Saaty, 1993)<sup>20</sup>.

Attraverso la struttura gerarchica, la graduatoria delle alternative si organizza secondo passaggi gradualità, che vanno dal generale (livelli più alti della gerarchia) al particolare (livelli più bassi).

La prima fase della valutazione multicriterio, una volta individuati i criteri e le alternative, ed in seguito alla costruzione della gerarchia, prevede l’assegnazione dei pesi di ogni criterio. La graduatoria di ogni criterio viene effettuata attraverso la costruzione di matrici dei confronti a coppie. I confronti tra gli elementi, per determinare l’importanza reciproca, avviene attraverso una scala costituita da giudizi verbali che vanno da importanza uguale ad importanza estrema. In particolare si individuano cinque giudizi di confronto:

- 1 - Importanza uguale;
- 3 - Importanza moderata;
- 5 – Importanza forte;
- 7 – Importanza molto forte;
- 9 – Importanza estrema.

Ai cinque giudizi verbali si associano i valori 1, 3, 5, 7, 9. Nel caso in cui si ha necessità di esprimere l’importanza relativa con una maggiore precisione, è possibile considerare dei giudizi intermedi ai quali si associano i valori 2, 4, 6, e 8. La matrice dei confronti a coppie ha la seguente struttura:

$$[A] = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

ed è una matrice quadrata. Inoltre la matrice gode della proprietà di essere simmetrica e reciproca. Ciò significa che:

$$a_{ii} = 1 \qquad a_{ji} = 1/a_{ij} \qquad a_{ij} \neq 0.$$

<sup>20</sup> Cfr. Saaty T.L., Forman E. (1993), *The Hierarchon*, RSW Publication, Pittsburg.

Il confronto a coppie avviene chiedendosi quale dei due elementi soddisfa meglio l'obiettivo o il criterio del livello superiore.

Per individuare l'ordine di priorità tra gli elementi di ogni matrice si calcola l'autovettore principale e lo si rapporta all'unità. In questo modo si ottiene il vettore che esprime per righe il peso relativo, o la priorità, di ogni elemento.

L'autovettore principale può essere calcolato in modo approssimato attraverso la radice n-essima dei prodotti degli n elementi di ciascuna riga, ottenendo il vettore v di componenti:

$$\begin{aligned}
 v_1 &= \sqrt[n]{a_{11}x_{a12}x_{...}x_{a1n}} \\
 v_2 &= \sqrt[n]{a_{21}x_{a22}x_{...}x_{a2n}} \\
 &\dots\dots\dots \\
 v_n &= \sqrt[n]{a_{n1}x_{a_n2}x_{...}x_{a_nn}}
 \end{aligned}$$

Si sommano, dunque, le componenti v<sub>n</sub> ottenendo la somma S = v<sub>1</sub> + v<sub>2</sub> + v<sub>3</sub>. Il vettore delle priorità (x<sub>n</sub>) si determina rapportando all'unità la somma S, dunque:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \frac{v_1}{S} \\
 x_2 &= \frac{v_2}{S} \\
 &\dots\dots\dots \\
 x_n &= \frac{v_n}{S}
 \end{aligned}$$

con x<sub>1</sub> + x<sub>2</sub> + ..... + x<sub>n</sub> = 1.

I giudizi sui confronti a coppie di frequente possono risultare incoerenti, in quanto la mente umana non ha la capacità di tenere conto simultaneamente di tutte le relazioni

Per verificare la coerenza della matrice, quindi la sua attendibilità, si calcola il corrispondente autovalore principale λ<sub>max</sub> moltiplicando le componenti della matrice dei confronti per il vettore delle priorità x, ottenendo un nuovo vettore y di componenti y<sub>1</sub>, y<sub>2</sub>, .....y<sub>n</sub>:

$$A \cdot x = y$$

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ y_n \end{pmatrix}$$

dove:

$$\begin{aligned}
 y_1 &= a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \\
 y_2 &= a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \\
 &\dots\dots\dots \\
 &\dots\dots\dots \\
 y_n &= a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n
 \end{aligned}$$

Dividendo le componenti ( $y_i$ ) del vettore  $y$  per le omologhe ( $x_i$ ) del vettore  $x$  si ottengono le componenti ( $z_i$ ) di un nuovo vettore  $z$ :

$$\begin{aligned}
 z_1 &= \frac{y_1}{x_1} \\
 z_2 &= \frac{y_2}{x_2} \\
 &\dots\dots\dots \\
 z_n &= \frac{y_n}{x_n}
 \end{aligned}$$

la cui somma divisa per il rango  $n$  della matrice dei confronti fornisce, con buona approssimazione, l'autovalore principale  $\lambda_{max}$ :

$$(z_1 + z_2 + \dots + z_n)/n = \lambda_{max}$$

Quanto più il valore  $\lambda_{max}$  si avvicina al numero  $n$  tanto più coerente è il risultato. Noto il valore  $\lambda_{max}$  è possibile calcolare l'indice di coerenza (I.C.):

$$I.C. = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

Per una matrice random in una scala da 1 a 9 è stato calcolato sperimentalmente l'indice random (I.R.). Il rapporto tra l'indice di coerenza e l'indice random esprime il rapporto di coerenza (R.C.) della matrice:

$$R.C. = I.C./I.R.$$

Per essere accettabile questo valore deve essere  $\leq 10\%$ . In caso contrario è necessario rivedere i giudizi dei confronti a coppie rielaborando una nuova matrice<sup>21</sup>. La valutazione fornisce non solo la graduatoria dei prodotti alternativi ma anche la sensibilità del peso di ogni criterio e del valore di ogni

<sup>21</sup> Esiste una ampia bibliografia sull'applicazione del metodo AHP. Nel caso in esame si è fatto riferimento a quanto riportato nel testo "Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio" di Luigi FUSCO GIRARD e Peter NIJKAMP, edito da FrancoAngeli, Milano, 1997.

alternativa. In altri termini, poiché i risultati dipendono dal valore dei pesi attribuiti ai criteri ed agli obiettivi, ci si è chiesto che cosa potrebbe accadere se si attribuissero pesi diversi. Ciò aiuta a comprendere in una valutazione complessa quali sono gli elementi sensibili e quelli meno importanti. La soluzione di questo problema prevede, in seguito all'applicazione del modello di valutazione multicriterio, una analisi di sensitività che individua graficamente fino a che punto è valida la preferibilità di un prodotto alternativo al variare dei pesi dei criteri e degli obiettivi. Per la valutazione multicriterio è proposto lo schema gerarchico riportato in figura 2.

L'obiettivo principale è la “*Valutazione del sistema di rimozione degli intonaci di edifici storici*”. Al secondo livello della gerarchia sono riportati i criteri esaminati nel paragrafo “*Definizioni dei parametri di valutazione*”. Pertanto i criteri di valutazione sono i seguenti:

1. *Efficienza economica*
2. *Tutela ambientale*
3. *Sicurezza*
4. *Efficacia.*

Al terzo livello della gerarchia sono riportati i sottocriteri e cioè:

- 1.a. *costo della rimozione;*
- 1.b. *flessibilità d'uso del sistema;*
- 2.a. *dispersione di polveri;*
- 2.b. *inquinamento acustico;*
- 3.a. *esposizione alle di polveri;*
- 3.b. *esposizione al rumore;*
- 3.c. *rischio di incidente rilevante;*
- 4.a. *precisione;*
- 4.b. *collisione col supporto murario;*
- 4.c. *esigenza di intervento manuale;*
- 4.d. *cantierabilità.*

Al quarto ed ultimo livello sono riportate le alternative e dunque:

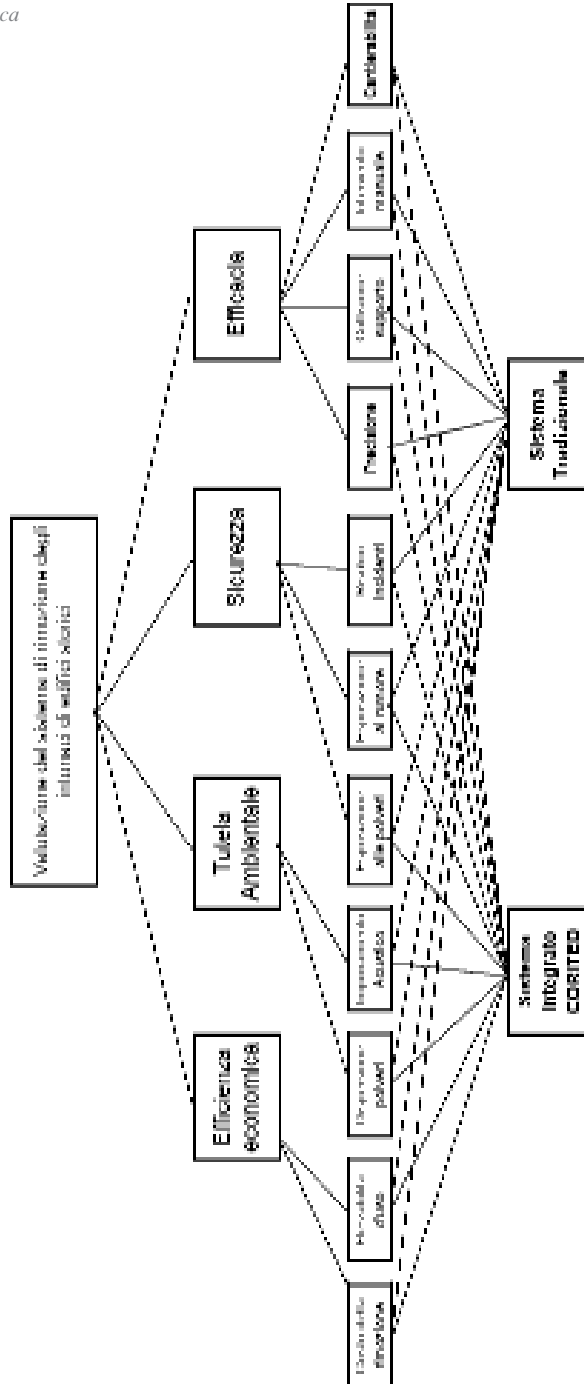
- a) sistema Integrato per la rimozione degli intonaci;
- b) sistema Tradizionale per la rimozione degli intonaci.

Una volta strutturato il problema in forma gerarchica si procede all'identificazione dei pesi da attribuire ai criteri per mezzo dei confronti a coppie tra gli elementi dello stesso livello rispetto all'elemento o agli elementi del livello superiore.

I confronti a coppie prendono in considerazione i giudizi espressi dagli esperti di settore.

Definite le matrici degli impatti, attraverso il software EC.8 sono stati calcolati gli autovalori e gli autovettori al fine di determinare la priorità delle alternative e gli indici di coerenza dei giudizi.

Struttura gerarchica



Matrice 1: Criteri di valutazione

	Efficienza economica	Tutela Ambientale	Sicurezza	Efficacia
Efficienza economica	1	6	4	1
Tutela Ambientale	(6)	1	(3)	3
Sicurezza	(4)	3	1	(4)
Efficacia	1	6	4	1

Matrice 2: Efficienza economica

Efficienza economica	Costo rimozione	Flessib. d'uso
Costo rimozione	1	7
Flessib. d'uso	(7)	1

Matrice 3: Tutela Ambientale

Tutela Ambientale	Dispersione polveri	Inquinamento Acustico
Dispersione Polveri	1	1
Inquinamento Acustico	1	1

Matrice 4: Sicurezza

Sicurezza	Dispersione polveri	Esposizione al rumore	Rischio incidenti
Dispersione polveri	1	2	(2)
Esposiz. al rumore	(2)	1	(5)
Rischio incidenti	2	5	1

Matrice 5: Efficacia

Efficacia	Precisione	Alterazione supporto	Intervento manuale	Cantierab.
Precisione	1	1	4	(3)
Alterazione supporto	1	1	4	(3)
Intervento manuale	(4)	(4)	1	(7)
Cantierab.	3	3	7	1



Matrice 6: Costo rimozione

Costo rimozione	Sistema Integrato	Sistema Tradizionale
Sistema Integrato	1	1
Sistema Tradizionale	1	1

Matrice 7: Flessibilità d'uso

Flessib. d'uso	Sistema Integrato	Sistema Tradizionale
Sistema Integrato	1	5
Sistema Tradizionale	(5)	1

Matrice 8: Dispersione delle polveri

Dispersione polveri	Sistema Integrato	Sistema Tradizionale
Sistema Integrato	1	9
Sistema Tradizionale	(9)	1

Matrice 9: Esposizione al rumore

Esposizione al rumore	Sistema Integrato	Sistema Tradizionale
Sistema Integrato	1	1
Sistema Tradizionale	1	1

Matrice 10: Rischio di incidenti rilevanti

Rischio incidenti	Sistema Integrato	Sistema Tradizionale
Sistema Integrato	1	7
Sistema Tradizionale	(7)	1

Matrice 11: Precisione

Precisione	Sistema Integrato	Sistema Tradizionale
Sistema Integrato	1	1
Sistema Tradizionale	1	1

Matrice 12: Alterazione del supporto

Collisione supporto	Sistema Integrato	Sistema Tradizionale
Sistema Integrato	1	1
Sistema Tradizionale	1	1

Matrice 13: Intervento manuale

Intervento manuale	Sistema Integrato	Sistema Tradizionale
Sistema Integrato	1	(3)
Sistema Tradizionale	3	1

Matrice 14: Cantierabilità

Cantierab.	Sistema Integrato	Sistema Tradizionale
Sistema Integrato	1	1
Sistema Tradizionale	1	1

Matrice 15: Inquinamento acustico

Collisione supporto	Sistema Integrato	Sistema Tradizionale
Sistema Integrato	1	2
Sistema Tradizionale	(2)	1

Matrice 16: Inquinamento atmosferico

Intervento manuale	Sistema Integrato	Sistema Tradizionale
Sistema Integrato	1	3
Sistema Tradizionale	(3)	1

In particolare l'applicazione fornisce il seguente ordine di preferibilità globale:

SISTEMA TRADIZIONALE = 0,541

SISTEMA INTEGRATO = 0,459

In effetti non vi è una predominanza di un sistema rispetto all'altro, considerando il peso dei criteri assegnati ed il valore dei due sistemi alternativi rispetto ad ogni criterio. Ciò significa che ad un'analisi del sistema così come realizzato e cioè ad un livello di prototipo, corrisponde un valore aggregato molto vicino al valore attribuibile al *sistema tradizionale*. E' evidente che, essendo il *sistema integrato* suscettibile di notevoli miglioramenti, lo stesso potrebbe raggiungere risultati, e dunque prestazioni, superiori al *sistema tradizionale*.

Poiché i risultati dipendono certamente dai pesi (importanza) attribuiti ai criteri, ci si domanda che cosa accadrebbe se variasse, anche in maniera lieve, il peso dei criteri.

L'analisi di sensitività fornisce indicazioni sulla priorità delle alternative al variare dei pesi del livello superiore.

Attraverso tale analisi si osserva, dunque, se la predominanza delle alternative è forte oppure debole. Ciò significa verificare se effettivamente non vi è alcuna possibilità di discussione sulla graduatoria o se fosse possibile ottenere una diversa graduatoria variando di modeste quantità i giudizi espressi per l'importanza dei criteri.

L'analisi di sensitività è svolta nel seguente modo:

- in un sistema di assi cartesiani vengono riportati sull'asse delle ascisse i pesi attribuibili al criterio esaminato e sull'asse delle ordinate i valori delle componenti del vettore delle priorità globali;
- si tracciano le rette che indicano, per ciascuna soluzione alternativa, il modo con il quale variano i valori delle componenti del vettore delle priorità globali al variare del peso che si attribuisce al criterio in esame;
- si osserva la priorità delle alternative al variare del peso del criterio.

Nel caso specifico è effettuata l'analisi di sensitività per i quattro criteri principali. Da questa analisi si osserva che la variazione dei pesi del criterio *economico*, di quello *ambientale* e di quello relativo alla *sicurezza*, fanno cambiare l'ordine di priorità delle due alternative. Invece la variazione del peso del criterio relativo all'*efficacia* non consente l'inversione della priorità delle due alternative.

Ciò significa che per quanto riguarda quest'ultimo criterio vi è una forte dominanza dell'alternativa "*sistema tradizionale*".

In conclusione, la priorità del sistema tradizionale non è da ritenersi come dominanza forte sul *sistema integrato*, pertanto, i risultati ottenuti con la realizzazione del *sistema integrato* possono essere sicuramente paragonabili a quelli tradizionali o, meglio, suscettibili di miglioramenti rispetto al prototipo realizzato.

In allegato al presente documento sono riportati i dati ed i risultati dell'applicazione del modello di valutazione multicriterio.

Grafico 1. Primo scenario, prima, seconda e terza ipotesi con costi minimi

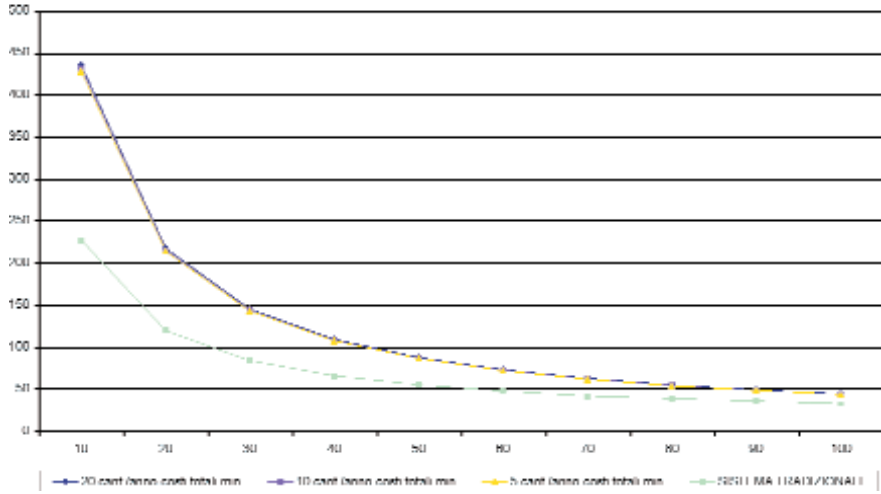


Grafico 2. Primo scenario, prima, seconda e terza ipotesi con costi massimi

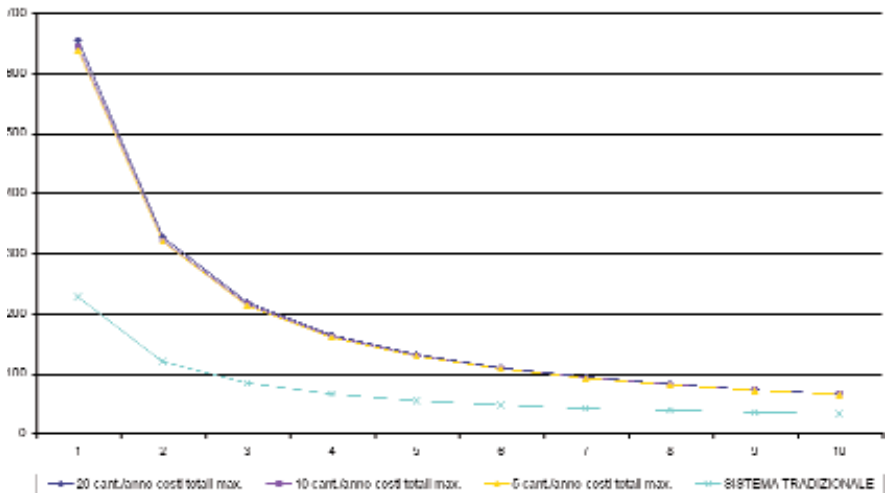


Grafico 3. Secondo scenario, prima, seconda e terza ipotesi con costi minimi

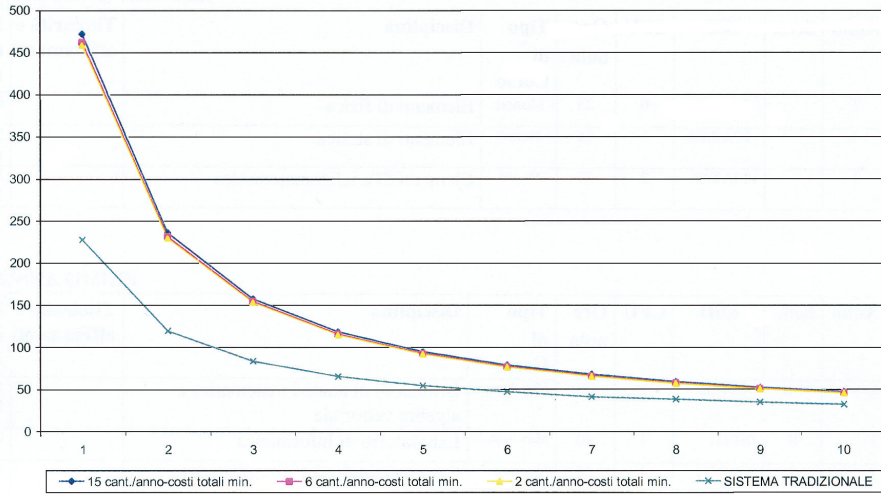
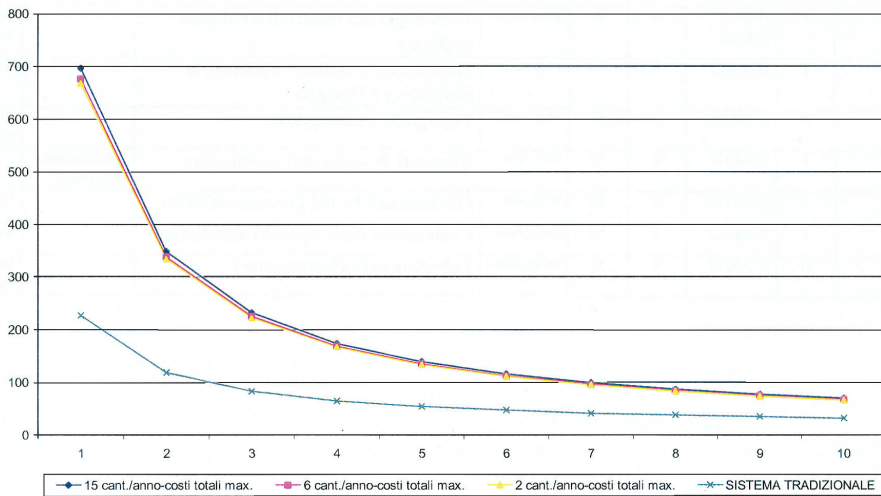


Grafico 4. Secondo scenario, prima, seconda e terza ipotesi con costi massimi



SERENA VIOLA

#### 4.4 Il “cantiere permanente” per la manutenzione e il recupero edilizio



Il cantiere di sperimentazione:  
Palazzo civico di Atripalda (AV)

Ottimizzare i processi di gestione dell'informazione che sottendono l'intervento sul patrimonio edificato, costituisce l'obiettivo principale che informa la proposta di cantiere verticale per il recupero e la manutenzione. In linea con il quadro degli indirizzi della politica comunitaria per il decennio 2000-2010, l'innovazione per il cantiere è perseguita attraverso la revisione dei modelli di interazione tra gli attori coinvolti nella gestione del patrimonio edificato, incidendo sulla acquisizione e elaborazione della conoscenza, e sul trasferimento dell'informazione, in azione<sup>22</sup>. L'intento che sottende il progetto di cantiere verticale è la riconfigurazione di modi e tempi del moni-

toraggio delle condizioni di stato del costruito, attraverso tecnologie dedicate in grado di orientare, la decisione operativa impattando direttamente sull'azione. L'innovazione è perseguita nell'intento di fornire soluzioni non convenzionali, ai processi ad alto valore aggiunto di informazione-decisione-intervento. La creazione di nuove opportunità di mercato<sup>23</sup> per gli operatori del settore edile, discende come conseguenza diretta degli scenari progettuali perseguiti. Le soluzioni prefigurate risultano in conformità con il nuovo Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (D.L. 22.1.2004 ) per il quale la valorizzazione dei beni architettonici è condizione fondamentale per la tutela dell'ambiente antropizzato.

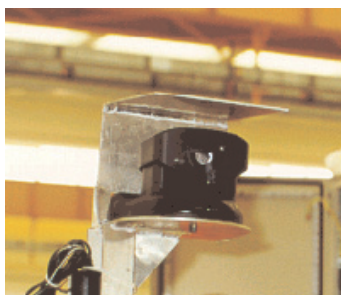
Il punto di arrivo cui convergono gli sforzi progettuali congiunti di architetti, ingegneri meccanici ed elettronici, informatici, programmatori, coinvolti nella messa a punto di strumentazioni innovative per il cantiere, è la prefigurazione di soluzioni dedicate, finalizzate alla “cura costante” del patrimonio costruito dei centri

<sup>22</sup> La Carta Europea delle tendenze dell'innovazione, elaborata in forma sperimentale nel 1999 e in forma operativa nel 2000, offre un quadro dei processi innovativi a livello nazionale e sovranazionale. Il Quadro di valutazione dell'innovazione in Europa è l'elemento centrale della *Carta delle tendenze*. Presenta venti indicatori dell'innovazione, tra cui: le risorse umane, la creazione di nuove conoscenze, il finanziamento dell'innovazione, i risultati e i mercati dell'innovazione. Nella carta del 2003 sono stati presi in esame in modo più approfondito rispetto alle versioni precedenti, i servizi.

<sup>23</sup> L'innovazione è in aumento nell'Unione Europea, ma l'ultimo *Quadro di valutazione dell'innovazione europea* (2003), realizzato dalla Commissione, conferma che la tendenza non è abbastanza sostenuta: è indispensabile accelerarne il ritmo, se l'UE vuole resistere alla pressione della concorrenza internazionale e realizzare il proprio obiettivo a lungo termine di diventare l'economia basata sulla conoscenza più competitiva al mondo, entro il 2010. A tale scopo serve una nuova analisi dei fattori che influenzano le prestazioni dell'innovazione ed un uso più creativo delle opportunità offerte dal sesto programma quadro pluriennale in materia di ricerca.



*Monitor per il controllo dell'avanzamento delle operazioni*



*Telecamere per il controllo dell'area di rimozione intonaco*

storici<sup>24</sup>. Alla apparecchiatura semiautomatica per la rimozione degli intonaci, fa diretto riscontro un modello innovativo per la gestione della manutenzione del costruito, attraverso l'ipotesi di un "cantiere permanente per la manutenzione", appropriato a situazioni contestuali ed operative molto diversificate. La validazione del sistema *cantiere verticale* trova espressione completa nella prefigurazione degli impatti che l'introduzione della tecnologia per il recupero dei centri storici può determinare rispetto ai modelli di gestione degli interventi di manutenzione e recupero del costruito in termini di risorse umane, creazione di nuove conoscenze e procedure di intervento, apertura del mercato. Il cantiere verticale, non è solo l'insieme delle attrezzature in grado di intervenire semi-automaticamente sul costruito esistente, ma è soprattutto il complesso integrato delle tecnologie per un cantiere "leggero" di monitoraggio e manutenzione permanente. Quest'ultimo è pensato per garantire il contenimento delle condizioni di stato del costruito all'interno di soglie prefissate, supportare la decisione circa gli interventi da realizzare, predisporre l'azione di recupero in tempo reale.

Il primo impatto diretto indotto dalla introduzione delle tecnologie del cantiere verticale è la predisposizione di un servizio di coordinamento delle informazioni e delle decisioni, struttura trasversale rispetto agli enti preposti (Ministero, Regioni, Sovrintendenze, Comuni...) alla tutela del patrimonio, ai tecnici incaricati del monitoraggio e della progettazione, alle imprese edili chiamate ad intervenire. Il servizio per il coordinamento è occasione strategica di centralizzazione di risorse umane, finanziarie, materiali<sup>25</sup>. Compiti specifici del servizio di coordinamento sono:

- monitorare in modo costante nel tempo, le modificazioni prestazionali dei singoli elementi in termini di sicurezza, fruibilità, gestione, benessere;
- identificare la probabile evoluzione dei fattori di degrado, rischio, patologia,

<sup>24</sup> Nel 1849 Ruskin scriveva: "il principio dei tempi moderni è di trascurare gli edifici prima, per restaurarli dopo. Prendetevi attenta cura dei monumenti e non avrete bisogno di restaurarli...osservate un vecchio edificio con cura premurosa, vigilatelo nel miglior modo possibile, ed a qualsiasi costo vigilatelo contro tutte le influenze dello sfacelo. Contate le sue pietre come contereste i gioielli di una corona, ...legatelo insieme con dei ferri dove si allenta ...fatelo con riverenza e continuamente, e nuove generazioni nasceranno e passeranno sotto la sua ombra".

<sup>25</sup> Il servizio si avvarrà di tecniche di comunicazione basate su modalità multicanale e disporrà di un sistema integrato sperimentale, da utilizzare nelle operazioni di manutenzione per garantirne la fruibilità del patrimonio edificato in condizioni di sicurezza ed in previsione della possibile evoluzione dei fenomeni di degrado.



*La mantovana parasassi e protezione delle aree del cantiere*

obsolescenza, emersi dal monitoraggio e riconducibili ad un'azione antropica e o ambientale, elaborando i diversi scenari di evento sugli edifici e prefigurandone le strategie di manutenzione;

- individuare le priorità e le modalità dell'intervento manutentivo alla luce dei monitoraggi, pianificando le modalità e i tempi degli interventi a breve e medio periodo;
- consentire la rapidità, l'efficienza, e la limitata invasività, dell'intervento di manutenzione;
- attivare protocolli di comunicazione tra enti di tutela ed enti preposti alla gestione, in modo da evitare conflitti;
- identificare le gerarchie di intervento manutentivo in situazioni ordinarie e straordinarie per il patrimonio archeologico e monumentale;
- pianificare le modalità degli interventi a breve-medio periodo;
- pilotare e coadiuvare gli operatori allo svolgimento delle attività di intervento in situ, fornendo informazioni elaborate in base allo specifico scenario di intervento.

A supporto delle succitate funzioni, il cantiere verticale è dotato di strumentazioni per il telecontrollo che grazie alle nuove forme di diffusione dell'informazione garantite dai supporti multicanale per i servizi in rete, rende consultabili le informazioni sui singoli episodi costruiti sottoposti a monitoraggio da remoto, supportando gli operatori nell'intervento sul campo, fino all'assistenza in situazioni di emergenza.

Grazie alla prefigurazione di un *centro di regia*, il cantiere verticale acquista elevata flessibilità sia a carattere morfologico-dimensionale che operativa. Il servizio di coordinamento costituisce il centro rete all'interno di un sistema centripeto in cui ciascun edificio interessato dal monitoraggio costituisce un fulcro indipendente. Ogni edificio coordinato nel progetto, è corredato di una dotazione fissa per il monitoraggio, costituita dal sistema di sensori, telecamere nonché da alcune attrezzature per l'ancoraggio e l'installazione della piattaforma verticale che supporta le dotazioni del cantiere.

L'attrezzatura temporanea è connotata da attributi di espandibilità e adattabilità alle specificità del sito di lavoro e alle forme di interazione tra attori coinvolti nel processo progettuale e attuativo e alle esigenze lavorative, in virtù del legame diretto con il modello teorico che lo informa. Un software controlla le interazioni tra servizio di coordinamento e singolo edificio. Potenzialità specifica che lo caratterizza è la georeferenziazione delle dotazioni fisse di cantiere rispetto alle tecnologie di governo e di intervento, con la possibilità di un controllo a distanza sia delle evoluzioni del degrado, sia in fase di montaggio del cantiere delle singole operazioni di manutenzione e recupero.

Nello specifico del prototipo realizzato per la rimozione di intonaci degradati, le

prove di validazione funzionale hanno permesso di evidenziare ulteriori impatti indotti dal sistema automatico rispetto alla struttura ed organizzazione tradizionale del cantiere edile:

- sicurezza per gli operatori e per i fruitori delle aree a immediato ridosso del sito di lavoro; al di là dei dispositivi previsti che impediscono danni alle cose e alle persone durante le fasi di lavorazione, il sistema integrato può eliminare del tutto gli operatori edili dalle funzioni di manutenzione della facciata, che risultano le più rischiose;
- velocità, le operazioni di rimozione risultano veloci e sicure e la velocità è implementabile.
- precisione, il sistema integrato di rimozione garantisce un livello di precisione superiore a quelli richiesti normalmente in edilizia per la rimozione degli intonaci, ma che risulta essere strategica relativamente alle opere sul patrimonio edilizio di rilevante interesse storico ed artistico.
- qualità ambientale, rispetto alle operazioni tradizionali di rimozione che generano grande rumorosità e volume di polveri e parti distaccate e proiettate, il sistema ha offerto prestazioni eccellenti.



## PROFILO SCIENTIFICO DEGLI AUTORI

### Gabriella CATERINA

Architetto, professore ordinario di tecnologia del recupero edilizio presso l'Università Federico II di Napoli. Responsabile Scientifico del Consorzio Corited (Consorzio Nazionale di Ricerca e Formazione sulle Tecnologie per la Costruzione e la Salvaguardia delle strutture edilizie). E' direttore del Dipartimento di Configurazione e Attuazione dell'Architettura; è coordinatore del Collegio dei Docenti del Dottorato di Ricerca in "Recupero Edilizio e Ambientale" presso l'Università di Napoli Federico II. E' presidente dei Corsi di Laurea in Edilizia e di Laurea Magistrale in Manutenzione e Gestione Edilizia ed Urbana della Facoltà di Architettura dell'Università Federico II di Napoli, con sede Cava dei Tirreni. E' stata presidente della SIE (Società Italiana di Ergonomia) e rappresentante italiano presso il CREE (Centro per la registrazione dell'Ergonomo Europeo); è inoltre chair del Building and Architecture Technical Group dell'IEA (International Ergonomics Association).

E' autrice di numerosi saggi ed articoli sulle tecnologie del recupero edilizio e urbano, con particolare attenzione al tema del controllo della qualità nel progetto di riqualificazione, riuso e manutenzione, nonché sulle tematiche della progettazione ergonomica e della qualità d'uso di ambienti e prodotti. Ha organizzato e partecipato a numerose mostre e convegni sui suddetti temi.

### Gabriella DUCA

Architetto, ergonomo europeo certificato (Eur Erg), dottore di ricerca in "Recupero Edilizio e Ambientale" con una tesi sull'ergonomia dell'ambiente scolastico, ricercatore nel campo dell'ergonomia e della tecnologia dell'architettura. Ha maturato esperienze di ricerca negli ambiti delle tecnologie innovative per l'intervento sull'edilizia esistente, qualità del progetto, del processo e del prodotto edilizio, usabilità e sicurezza dell'ambiente costruito. Ha pubblicato articoli scientifici sulla definizione e controllo dei requisiti ergonomici di servizi e prodotti, sull'accessibilità e usabilità di prodotti e servizi per utenze deboli. Attualmente è consulente del Laboratorio di Ergonomia Applicata e Sperimentale del Dipartimento di Configurazione e Attuazione dell'Architettura dell'Università Federico II di Napoli.

### Vincenzo FERRARO

Ingegnere elettronico; ha ricoperto le cariche di supervisore di produzione di due linee per la produzione presso la Texas Instruments Italia S.p.A, responsabile di un gruppo di linee di produzione presso la T.I.I. S.p.A, direttore di produzione dello stabilimento di Aversa T.I.I. S.p.A; Consumer Operation Manager presso lo stabilimento di Rieti T.I.I. S.p.A.; CMS operation manager presso lo stabilimento di Aversa T.I.I. S.p.A.; logistic & Customer Service manager presso lo stabilimento di Aversa T.I.I. S.p.A. Ha svolto incarichi di progettazione inerenti mac-

chine di produzione per la Magneti Marelli S.p.A., automazione di due linee di taglio del vetro per la Pilkington-Siv di S. Salvo, sistema di gestione pinne stabilizzatrici del traghetto “Montestello”, revisione ed implementazione linea di taglio dei lunotti per auto alla Pilkington-Siv, revisione e retrofitting alesatrice Ceruti della Fiat Avio di Pomigliano d’Arco.

Giambattista GIORDANO

Architetto, dottore di ricerca in “Metodi di Valutazione nella Progettazione Urbanistica ed Architettonica”, è professore a contratto di Estimo e Contabilità dei Lavori presso il corso di laurea in Edilizia dell’Università degli Studi di Napoli, Federico II. Ha pubblicato diversi lavori nel settore della valutazione di piani e progetti. Collabora alle attività di ricerca presso il Dipartimento di Conservazione dei Beni Architettonici ed Ambientali dell’Università degli Studi di Napoli - Federico II.

Teresa NAPOLITANO

Architetto, esperta in manutenzione edilizia ed urbana, e nelle tematiche inerenti il recupero e la riqualificazione del costruito esistente. Svolge, dal 1998, attività di ricerca, consulenza e didattica presso il consorzio Corited di Napoli e il Dipartimento di Configurazione ed Attuazione dell’Architettura l’Università “Federico II” di Napoli.

Ha pubblicato articoli e saggi inerenti le summenzionate tematiche.

Antonella PETRAI

Architetto, progettista e dottore di ricerca in “Recupero Edilizio ed Ambientale”. Svolge, dal 1988, attività di ricerca nel campo della gestione, manutenzione e recupero del patrimonio edilizio. Ha trascorso lunghi soggiorni di studio, formazione e lavoro in Francia, presso l’Università di Valenciennes, e in Belgio presso il LEMA, Laboratoire d’Etudes Methodologiques Architecturales dell’Università Statale di Liegi. Attualmente vive e lavora in Olanda, dove copre la carica di presidente del Comite di Amsterdam, organo istituzionale che cura gli interessi dei cittadini italiani.

Rocco SALVATO

Ingegnere meccanico; ha ricoperto le cariche di progettista presso il Laboratorio di Ricerca Ingranaggi Speciali; membro della Commissione Tecnico-Scientifica della Regione Campania per l’analisi e l’approvazione del programma di progettazione e realizzazione di impianti di cogenerazione; ingegnere capo nell’ambito del Contratto di Concessione per la realizzazione del Campo Eolico Campania (Bisaccia - AV); presidente e direttore generale del Centro Studi e Ricerche - Macchine ed attrezzature speciali - Produzioni del settore Aerospaziale - Elettronica.

### Rocco SALVATO

Ingegnere meccanico; ha ricoperto le cariche di progettista meccanico presso l'Olivetti CN., Machining Center; responsabile dell'ingegneria di produzione presso la Modinform (gruppo Olivetti ) settore produzione di tastiere per computer; coordinatore e responsabile delle attività aziendali di progettazione Meccanica presso la MARECO / Studi e Ricerche su Macchine ed attrezzature speciali; Coordinatore e responsabile operativo delle attività di progettazione e produzione presso la Mectronica per la Progettazione e Produzione del settore Ferroviario e Aerospaziale.

### Serena VIOLA

Architetto, dottore di ricerca in "Recupero Edilizio e Ambientale", assegnista di ricerca presso la Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Catania con sede Siracusa, è professore a contratto di Costruzione delle Opere di Architettura, presso il corso di Laurea in Edilizia dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, con sede Cava dei Tirreni. Svolge dal 1991 attività di ricerca presso il Dipartimento di Configurazione ed Attuazione dell'Architettura dell'Università Federico II di Napoli, sui temi della salvaguardia e valorizzazione dell'identità costruttiva del patrimonio edificato.

Vincitrice di una borsa di ricerca *Canadian Studies Faculty Research Program*, del Ministero degli Affari Esteri e del Commercio Internazionale del governo Canadese per l'anno 2004. Collabora con la Sovrintendenza ai Beni Ambientali, Artistici e Storici di Salerno per lo sviluppo di progetti di ricerca sui temi della prevenzione e repressione dell'abusivismo edilizio nella costiera Amalfitana. Collabora con il consorzio Corited, Consorzio Nazionale di Ricerca e Formazione sulle Tecnologie per la Costruzione e la Salvaguardia delle Strutture Edilizie, nello sviluppo di progetti di ricerca nel campo dell'innovazione di prodotti e processi per il recupero del costruito esistente. Ha pubblicato numerosi articoli e saggi sulle tematiche della conoscenza e tutela del costruito tradizionale.

Finito di stampare nel mese di Maggio 2005  
per conto della Luciano Editore - Napoli  
dalla Graficart s.n.c. - Formia (LT)



