



Corso di Aggiornamento

"Qualità Totale e Qualità Ambientale"

metodi e tecniche di progettazione per il prodotto industriale

Milano, 6, 7 e 8 giugno

Direttore:

prof. arch. Francesco Trabucco

Coordinatore scientifico:

arch. Davide Bruno

Collaboratori:

Andrea Alloni

Nausicaa Campili

Carloluca Gariboldi

Relatori:

Davide Bruno

Andrea Calvi

Nando Campriani

Antonio D'Andrea

Rodolfo De Dominicis

Maria Teresa Esposito

Alberto Galgano

Raffaella Mangiarotti

Ezio Manzini

Maurizio Montagna

Augusto Morello

Giorgio Oggero

Enzo Pagliarulo

Domenico Palmeri

Stefania Palmieri

Manuela Perugia

Giorgio Potenza

Alberto Seassaro

Francesco Trabucco

Marco Zanuso

Francesco Zucchelli



Corso di aggiornamento
“Qualità Totale e Qualità Ambientale
metodi e tecniche di progettazione per il prodotto
industriale

6 giugno 1995
“Qualità Totale e sviluppo dei nuovi prodotti”
(moderatore dott. arch. Davide Bruno)

Mattina:

ore 9,30

prof. arch. Alberto Seassaro, Presidente Corso di Laurea in Disegno Industriale, Dip. P.P.P.E. –
Saluto inaugurale

ore 9,45

prof. arch. Francesco Trabucco, Dip. P.P.P.E.
Le ragioni del corso

ore 10,00

dott. ing. Alberto Galgano, Presidente Gruppo Galgano
Qualità Totale: un modello globale per gli anni '90

ore 11,45

dott. arch. Manuela Perugia, Dip. P.P.P.E.
Qualità ambientale: scenari futuribili

Pomeriggio:

ore 14,30

dott. ing. Domenico Palmieri, Presidente Associazione Italiana Produzione
Innovazione tecnologica e Qualità Totale: strumenti di vantaggio competitivo

ore 15,15

dott. arch. Davide Bruno, Dip. P.P.P.E.
La progettazione continua

ore 16,00

dott. ing. Angelo Maspero, Industrie Vortice
Qualità Totale ed innovazione

Ore 16,45

dott. ing. Enzo Pagliarulo, Polimetodologici-Direz. Tecnica-Fiat Auto
Il Systems Engineering nel processo di sviluppo prodotto



Corso di aggiornamento
“Qualità Totale e Qualità Ambientale”
metodi e tecniche di progettazione per il prodotto
industriale

7 giugno 1995

“Approcci innovativi per lo sviluppo di nuovi prodotti”
(moderatore dott. arch. Alessandro Alessandri)

Mattina:

ore 9,30

dott. arch. Antonio D'Andrea, Manager Quality Gruppo Electrolux
Process Management

ore 10,45

dott. ing. Francesco Zucchelli, Consulente Senior Gruppo Galgano
La qualità nello sviluppo di nuovi prodotti: Forward Engineering, Quality Function Deployment, Design Review, Carry over e Design for Assembly

ore 11,00

dott. arch. Davide Bruno, Dip. P.P.P.E.
Prototipazione Rapida per lo sviluppo dei prodotti

ore 11,45

dott. ing. Maurizio Montagna, Consulente Gruppo Galgano
Lo sviluppo dei nuovi prodotti. Tecniche statiche e innovative. Design for Experiments e tecniche affidabilistiche. Analisi del valore e tecniche Pert e Gantt

Pomeriggio: “Casi”

ore 14,30

dott. arch. Stefania Palmieri, Dip. P.P.P.E.
Evoluzione Storica

ore 15,15

dott. ing. Giorgio Oggero, Responsabile Qualità Industrie Pininfarina
Il caso di una industria automobilistica. Qualità Totale e Lean Production

ore 16,00

dott. Giorgio Potenza, Director of Process Technology S.G.S. Thomson Microelectronic
Simultaneous Engineering, Codesign di progetto, prodotto e processo



Corso di Aggiornamento
“Qualità Totale e Qualità Ambientale”
metodi e tecniche di progettazione per il prodotto
industriale

8 giugno 1995
“Metodologie e tecniche”
(moderatore dott. arch. Manuela Perugia)

Mattina:

ore 9,30

dott. arch. Davide Bruno, Dip. P.P.P.E.

Design for Disassembling e Design for Dismantling

ore 10,15

dott. arch. Raffaella Mangiarotti, Dip. P.P.P.E.

Life Cycle Analysis e Design for Disassembling: strumenti di progetto?

ore 11,00 -

dott. arch. Maria Antonietta Esposito, Ricercatore dell'Università degli studi di Firenze
Costituzione di sistemi qualità EN 29000

ore 11,30

dott. ing. Nando Campriani, vice presidente IMQ Milano

Quality Assurance e certificazione nella progettazione di prodotti industriali.

ore 12,15

dott. ing. Andrea Calvi, Calvi tecnologie S.r.l.

L'organizzazione per il controllo di processo

Pomeriggio: “Casi e Risultati” (moderatore prof. arch. Francesco Trabucco)

ore 14,30

dott. ing. Marco Poma, Responsabile Tecnologie Ambientali Whirlpool Corporation

Metodologia Strutturata. Design for Disassembling. Il caso di una industria produttrice di elettrodomestici

ore 15,15

dott. ing. Rodolfo De Dominicis, Presidente Vector International

Qualità nei processi di opere complesse

ore 16,00-18,00

Tavola rotonda: *Quale qualità per il futuro*

Interverranno: prof. arch. Francesco Trabucco, prof. ing. arch. Ezio Manzini, prof. arch. Tomás Maldonado, arch. Marco Zanuso, prof. ing. Augusto Morello



Corso di aggiornamento
Qualità Totale e Qualità Ambientale

Direttore del corso:

prof. arch. Francesco Trabucco

Coordinatore scientifico:

dott. arch. Davide Bruno

Collaboratori:

Andrea Alloni

Nausicaa Campili

Carlomaria Gariboldi

Rosalba Russo

Elenco relatori:

Alessandro Alessandri	POLITECNICO DI MILANO Dip. P.P.P.E.
Davide Bruno	POLITECNICO DI MILANO Dip. P.P.P.E.
Andrea Calvi	CALVI TECNOLOGIE S.r.l. Agrate Brianza MI IMQ Milano
Nando Campriani	ELECTROLUX Guardamiglio MI
Antonio D'Andrea	VECTOR S.r.l. INTERNETIONAL OUROUMOFF CONSULTING Roma
De Dominicis	UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FIRENZE Dip. Processi e Metodi della Produzione Edilizia
Maria Antonietta Esposito	GRUPPO GALGANO Milano
Alberto Galgano	POLITECNICO DI MILANO Dip. P.P.P.E.
Tomàs Maldonado	POLITECNICO DI MILANO Dip. P.P.P.E.
Raffaella Mangiarotti	POLITECNICO DI MILANO Dip. P.P.P.E.
Ezio Manzini	POLITECNICO DI MILANO Dip. P.P.P.E.
Angelo Maspero	INDUSTRIE VORTICE Zoate MI
Maurizio Montagna	GRUPPO GALGANO

Augusto Morello	Milano A.D.I.
Giorgio Oggero	Milano INDUSTRIE PININFARINA
Enzo Pagliaruolo	Torino FIAT AUTO
Domenico Palmieri	Torino ASSOCIAZIONE ITALIANA PRODUZIONE
Stefania Palmieri	Milano POLITECNICO DI MILANO Dip. P.P.P.E.
Manuela Perugia	POLITECNICO DI MILANO Dip. P.P.P.E.
Marco Poma	WHIRPOOL CORPORATION Cassinetta VA
Giorgio Potenza	S.G.S. THOMSON MICROELECTRONIC Agrate Brianza Mi
Alberto Seassaro	POLITECNICO DI MILANO - Dip. P.P.P.E.
Francesco Trabucco	POLITECNICO DI MILANO Dip. P.P.P.E.
Marco Zanuso	POLITECNICO DI MILANO Dip. P.P.P.E.
Francesco Zucchelli	GRUPPO GALGANO Milano

"Qualità Totale e Qualità Ambientale"
metodi e tecniche di progettazione per il prodotto industriale

Design for Disassembling e Design for Dismalting

Davide Bruno

Milano, 6-8 giugno



Politecnico di Milano
Facoltà di Architettura
Corso di Laurea in Disegno Industriale
Dipartimento di Programmazione, Progettazione e Produzione Edilizia

Corso di aggiornamento
“Qualità Totale e Qualità Ambientale”
metodi e tecniche di progettazione per il prodotto industriale

DESIGN FOR DISASSEMBLING E DESIGN FOR DISMANTLING
arch. Davide Bruno

giugno 1995

Strategie globali.

“Se all'inizio del secolo, e fino a pochi decenni fa, il mito del progresso era la posizione culturale dominante, oggi, di fronte ai disastri ambientali, al degrado del territorio, all'inquinamento fisico e semantico del nostro ambiente quoti-diano¹” i dibattiti culturali in atto influiscono nelle decisioni di progettisti, tecnici e produttori, che mirano a definire e produrre prodotti “compatibili con la qualità dell'ambiente”.²

In tal senso l'innovazione di progetto e di processo porta dei cambiamenti nel modo di “fare” il prodotto, ma soprattutto richiede dei cambiamenti rilevanti nelle aziende che passano dalle vecchie alle nuove tecnologie di processo per la produzione del prodotto stesso.

La ricerca tecnologica e scientifica sempre più esasperata ha modificato lo scenario dei prodotti che circolano sul mercato, condizionandone la durata della vita. Se nel passato le industrie si limitavano a produrre beni che soddisfacevano i bisogni del mercato, oggi si propongono di creare questi bisogni, o di fare emergere quelli latenti.

L'immissione di grandi quantità di materiali dismessi nell'ambiente ha portato con sé problemi che vanno al di là del puro “fatto ecologico”, mettendo in discussione il benessere stesso dell'umanità.

Un'evoluzione così repentina della scena in cui viviamo, sta portando e porterà ad una sempre più spinta riflessione sulla revisione sia dei processi produttivi industriali, sia della metodologia progettuale.

La qualità quindi non viene solo intesa come “qualità totale”, ovvero quel “fare qualità” all'interno del processo produttivo, bensì in termini di “globalità”, cioè come qualità “responsabile” della salvaguardia dell'ambiente.

Il prodotto, risultato del processo progettuale, non viene considerato solo all'interno del contesto industriale ma anche al suo esterno, analizzandolo al termine del suo ciclo di vita per evitare che la sua qualità si trasformi in non-qualità per l'ambiente.³

¹ Ezio Manzini, *Artefatti*, Ed. Domus Academy, Milano 1990, pag. 34

² T. Maldonado, *Disegno industriale: un riesame*, Feltrinelli, Milano 1991, pag. 100

³ Per un maggiore approfondimento su questo argomento, è possibile consultare i seguenti testi: Ezio Manzini, *Artefatti*, Domus Academy, Milano 1990, pag. 111 - Ed il Rapporto Brundtland, della Commissione Mondiale Indipendente sull'ambiente e lo sviluppo, istituita dall'ONU e presieduta dal Primo Ministro norvegese Gro Harlem

La progettazione diventa un'operazione sempre più complessa, non più limitata allo studio di forma, funzionalità, estetica, ma tesa alla ricerca continua di innovazioni tecnologiche che possano contribuire alla realizzazione di beni che considerino la realtà ambientale.

Il connubio tra cultura del progetto e cultura dell'impresa diventa momento cruciale: il designer con i suoi progetti si orienterà verso risposte volte alla soddisfazione di esigenze imprenditoriali e quindi del mercato, ma può e deve mantenere quell'autonomia culturale che gli permette di sensibilizzare l'impresa al di là degli obiettivi di profitto.

I movimenti sociali e politici in Europa hanno contribuito a questa opera di sensibilizzazione, inducendo alla creazione di normative per la produzione industriale che tenessero conto del problema ambientale, del problema dell'inquinamento etc.

I nuovi processi produttivi automatizzati possono offrire garanzie ambientali nel momento in cui si produce consapevolmente, riducendo le scorie, l'immissione di rifiuti solidi, liquidi e gassosi nell'ambiente.

Il problema tuttavia è sempre legato all'utilizzo dei materiali, che devono essere il meno nocivi e inquinanti possibili, ed è in tal senso che nasce il contrasto più forte con gli investimenti complessivi dell'impresa.

Se da un lato il progettista deve fare uno sforzo verso una progettazione "intelligente e sensibile", è necessario che anche la cultura dell'impresa cambi verso una maggiore sensibilità e attenzione per la società, gli individui e l'ambiente.

Alcuni maggiori produttori stanno già da tempo lavorando per studiare apposite linee dedicate allo smantellamento dei prodotti ed esistono già alcune realizzazioni sperimentali.⁴ Il problema del riciclaggio dei materiali è diventato importante non soltanto per la salvaguardia dell'ambiente (difesa del territorio, utilizzo accurato di quanto andrebbe altrimenti disperso), ma anche per il risparmio delle risorse (materie prime, energia); ciò è già attuato da tempo nel campo di alcuni materiali come la carta, il vetro, i metalli, ma questa pratica si diffonderà in futuro sempre più, perché il volume dei

Brundtland. Il rapporto è poi stato pubblicato nel 1987 con il titolo *our Common Future* (pubblicato in Italia con il titolo *Il futuro di noi tutti*, Bompiani, Milano 1988).

⁴ Uno degli impianti più significativi nelle industrie delle automobili è quello della PSA (Automobilie Peugeot et Automobiles Citroen), che ha attivato un impianto pilota di smantellamento e riciclaggio dei materiali.

materiali coinvolti è ragguardevole; si pensi ad esempio alle tonnellate di plastica prodotta in Europa.

La standardizzazione permette di creare prodotti senza troppi scarti di produzione, ma è altresì importante che non si pensi alla qualità ambientale del prodotto solo in termini di ottimizzazione dei processi produttivi e quindi di riduzione dei costi, ma anche in termini di benessere collettivo.

“Se la grande sfida del 2000 sarà, ne siamo convinti, la conversione ambientale degli apparati, dei processi e dei prodotti industriali, l'attuale divario tra progetto e ricerca è il primo ostacolo da superare. Non c'è dubbio che, per essere all'altezza di tale sfida, sarà necessaria una forte convergenza tra progetto e ricerca. In questo nuovo contesto il “disegno industriale potrà svolgere, accanto a tutte le altre discipline progettuali, un ruolo di primaria importanza”⁵.

Quindi i progetti diventano un'occasione di design integrale nell'ottica del riciclaggio e non soltanto di re-design parziale di alcuni componenti, precedentemente progettati con altri materiali ed industrializzati con differenti tecnologie.

Ciò che viene richiesto da oggi in poi al progettista non è più solo di creare l'oggetto ma anche di farlo scomparire, o, meglio, di progettare, come per gli individui replicanti di “Blade Runner”, contemporaneamente alla creazione la data e le modalità di dissoluzione.

Si parla cioè di prodotti *compatibili con la qualità dell'ambiente*, come sostiene Tomàs Maldonado, “compatibili con la qualità dell'ambiente, prodotti con le medesime -o addirittura migliori- prestazioni degli attuali, ma riprogettati in modo da non dover ricorrere a tecnologie ad alta densità di materie prime e di energie non rinnovabili”. Una ulteriore definizione è quella di prodotti *ambientalmente responsabili*, che rispondono, attraverso l'identità conferitagli dalle scelte progettuali, della loro presenza nell'ambiente. L'oggetto, giunto al termine del proprio ciclo di vita, in qualunque modo e forma sia ridotto, deve dissolversi; deve perdere la sua identità morfologica per acquistarne una differente nel momento in cui verrà riutilizzata la sua componente materica per un nuovo prodotto.

⁵ T. Maldonado, *Disegno industriale: un riesame*, Feltrinelli, Milano 1991 pag. 101

Il livello di successo di questa operazione è già determinato nella fase di sviluppo del prodotto, fase in cui il progettista, oltre a definire l'assemblaggio, ne stabilisce la smontabilità al fine di renderlo materia "seconda" riutilizzabile, valutando non solo le conseguenze delle decisioni intraprese per il ciclo di vita del prodotto, ma anche quelle che coinvolgono i cicli di vita successivi.

Si tratta quindi di non considerare più soltanto il prodotto ma il sistema di cui esso farà parte, uno scenario che comprenderà i sistemi di raccolta e riciclaggio, di valorizzazione e miglioramento del materiale.

La continua estensione del tempo di vita dei prodotti, effetto del miglioramento della qualità, della solidità e dei trattamenti più svariati, costituisce un fattore molto significativo quando si considera il recupero del materiale. Oltre questo periodo di vita un prodotto che rimane per lungo tempo esposto all'ambiente, agli sbalzi di temperatura, alle impregnazioni di sporco, subendo torsioni e svergolamenti, etc, vede degradate le proprietà del materiale di cui è costituito, riducendo conseguentemente la qualità, o addirittura, le possibilità del riciclo.⁶

L'applicazione di tali procedure implica grossi investimenti da parte delle aziende che devono sostenere i costi legati all'innovazione di progetto -attività di ricerca e di progettazione- e di processo -linee e macchinari, organizzazione e gestione-.

La perplessità che emerge a tale riguardo è legata alla capacità delle aziende, e soprattutto delle piccole e medie aziende, di sostenere tali investimenti.

Sviluppare un prodotto che deve essere assemblato per essere disassemblato facilmente, non richiede una completa ridefinizione delle metodologia di design, ma piuttosto un allargamento della prospettiva del design tradizionale.

Il progetto industriale va ad inserirsi in una prospettiva più ampia. Si tratterà quindi di considerare una valutazione economica delle funzioni residuali dei materiali e dei componenti progettati, un facile disassemblaggio del prodotto che preveda la separazione dei materiali non compatibili, un metodo di classificazione rapido e sicuro, un'operazione

⁶ Questa considerazione risulta essere il pensiero espresso da Francesco Trabucco e da Alberto Meda durante una tavola rotonda avutasi in occasione del corso di aggiornamento sul "Design Ecologico" presso il Politecnico di Milano.

di pulizia, di preparazione al riutilizzo e di logistica dei sistemi di recupero dei materiali e le possibili interazioni con altri sistemi.⁷

La risoluzione dei problemi connessi al riciclaggio va oltre la facilità di assemblaggio e di disassemblaggio; richiede l'esistenza di una vera e propria industria del recupero. Non basta smontare il prodotto e separare le materie "prime"; occorre reimpiegare le materie, creare nuove idee per nuovi prodotti, commercializzarli a prezzi contenuti, avendo sostenuto dei costi economicamente ammissibili. Esistono a tale riguardo due forme di responsabilità; la prima dà parte dell'industria-progettista nell'inventare nuovi impieghi per le resine riciclate; la seconda dà parte del mercato affinché accolga e diffonda il concetto che la materia riciclata ha comunque le stesse caratteristiche della materia vergine, cioè "pulita", in modo da non ostacolare o addirittura impedire l'utilizzo di nuovi materiali.

Compatibilità ambientale fisica

Valutare la problematica dell'impatto ambientale per l'attività di progettazione significa esaminare la nozione sistematica di ambiente allo scopo di contrastare preventivamente i fenomeni di degrado ed evitare infrastrutture, impianti tecnologici o prodotti giudicati a rischio. Il problema della compatibilità ambientale dei prodotti è sentito come urgente:⁸ un ambiente il più possibile sano ed integro è il punto di partenza necessario ed insostituibile per riuscire ad ottenere livelli più elevati di comfort. Ambiente e società non possono contrapporsi polarmente; in una società in cui le trasformazioni sono sempre più repentine, i confini tra le due appaiono sempre meno delimitabili, ed il rapporto che si stabilisce è di stretta interdipendenza e interazione. Un rapporto in cui molto spesso i rispettivi ruoli vengono scambiati; ciò che oggi va a vantaggio del solo ambiente, domani può servire per ideare prodotti più confortevoli per l'uomo. Va definendosi volta per

⁷ Significativo è in questo senso il progetto messo in atto dalla Fiat Ambiente, denominato F.A.Re. (Fiat Ambiente Recycling) che ha costituito un vero e proprio consorzio di riciclatori con il fine di disassemblare, smantellare e recuperare parti e materiali delle automobili che hanno raggiunto la fine del loro ciclo di vita.

⁸ Per maggiori approfondimenti sull'argomento cfr. M. Chiapponi, op. cit., 1989 e T. Maldonado, op. cit. 1987.

volta sia il sistema di cui ci si occupa che il suo ambiente: la progettazione continua dei prodotti implica, infatti, una visione dinamica delle varie problematiche.

"Se all'inizio del secolo, e fino a pochi decenni fa, il mito del progresso era la posizione culturale dominante oggi, di fronte ai disastri ambientali, al degrado del territorio, all'inquinamento fisico e semantico del nostro ambiente quotidiano"⁹ si deve porre un limite. È necessario sin dall'inizio nelle decisioni dei designers-tecnici-produttori poter definire e produrre prodotti "ambientalmente compatibili"¹⁰. L'innovazione di progetto e di processo porta così dei cambiamenti nel modo di pensare e fare il prodotto, ma soprattutto richiede dei cambiamenti rilevanti nelle aziende che passano dalle vecchie alle nuove tecnologie di processo per la produzione del prodotto stesso.

La "nuova progettazione", che definisce prodotti industriali ecologici, solleva interrogativi progettuali su questo argomento al fine di avere un prodotto di qualità. Qualità che non deve essere intesa solo come "qualità totale", cioè quel fare qualità all'interno del processo produttivo, bensì in termini di "globalità", intesa come qualità responsabile della salvaguardia dell'ambiente¹¹. Il prodotto non va considerato solo all'interno del contesto industriale ma anche al suo esterno, analizzandolo anche al termine del suo ciclo di vita, ed evitando che la sua qualità si trasformi in una non-qualità per l'ambiente.

Di fronte a questa nascente coscienza ambientale la prima reazione è stata quella di limitare il più possibile le tecnologie avanzate che del resto è una delle condizioni affinché la progettazione continua possa trovare un campo di applicazione. L'uguaglianza tecnologia-degrado ambientale è da sempre presente nella coscienza popolare; è immediato il riferimento ad un passato, neanche troppo remoto, in cui i prodotti caratterizzati da tecnologie piuttosto elementari ben si integravano con l'ambiente. Contro questa idea si è dichiarato H. Simon, che avanza l'ipotesi secondo la quale i problemi si risolvono non con meno, ma con più e miglior tecnologia.¹² I "nuovi

⁹ Cfr. E. Manzini, *Artefatti*, Domus Academy, Milano 1990 pag. 34.

¹⁰ Cfr. T. Maldonado, *Disegno industriale: un riesame*, Feltrinelli, Milano 1991 pag. 100.

¹¹ Cfr. E. Manzini, op. cit., 1990.

¹² Cfr. A. Herbert Simon, *Technology and environment, in management science*, XIX: 10 giugno 1973, pag. 1110-1121.

prodotti" devono rispondere a tre esigenze: a ciò che è tecnicamente possibile - valutando attentamente le possibilità offerte dalle tecnologie- a ciò che è socialmente apprezzabile -attraverso una puntuale analisi dei bisogni e dei desideri dei fruitori- e a ciò che è ambientalmente sostenibile.

Se per il progettista di oggi è normale progettare un prodotto igienico per l'uomo, per l'immediato futuro è fondamentale pensare a prodotti igienici anche per l'ambiente. Questo nuovo modo di pensare la realtà che ci circonda impone dei vincoli, delle restrizioni che in un primo tempo faranno sentire i progettisti più costretti nel loro campo di azione, ma "se all'inizio del secolo il Movimento Moderno ha accettato la sfida della produzione industriale e, in nome della democrazia dei consumi, ha sviluppato anche un'estetica dell'oggetto seriale, oggi si tratta di accettare la sfida delle nuove tecnologie e, in nome di un'ecologia dei consumi, proporre un'estetica del progetto ecologico. Inoltre, come all'inizio del secolo il Movimento Moderno non si è limitato a proporre i valori di riferimento e l'estetica dei prodotti industriali, ma ha anche tracciato le linee di uno scenario complesso in cui tali prodotti dovevano andare a collassarsi, così anche oggi il progetto ecologico non può essere formulato a prescindere da un quadro d'insieme, dalla produzione di scenari in cui i singoli prodotti possano vivere".¹³

Una strada da percorrere nella soluzione di questo problema è quella di pensare a prodotti che interferiscono e disturbano sempre meno l'ambiente, dei "prodotti leggeri" capaci di svolgere le proprie funzioni e di avere una propria identità che però non sia schiacciante o dominante nei confronti della realtà che li accoglie. Questa naturalmente è solo una soluzione tra le possibili, o meglio, è una parziale soluzione che permetterà ai nuovi produttori di vivere "pacificamente" nella realtà ambientale.

Quando si inizia la progettazione di un prodotto si rendono quindi necessarie varie analisi: quella puntuale dell'ambiente in cui deve collocarsi il progetto, per giungere a determinare gli indicatori ambientali più significativi, in assoluto e in relazione all'infrastruttura o al progetto previsto; l'analisi del progetto per stabilire quali sono i fattori impattanti e qual'è il loro livello di pericolosità per l'ambiente considerati;

¹³ Cfr. E. Manzini, *Artefatti*, Domus Academy, Milano 1990 pag.94.

l'identificazione degli impatti e la loro valutazione, con riferimento alla loro prevedibilità, vastità, importanza, probabilità, durata e reversibilità.

La durata della vita utile del prodotto e modalità di dismissione

Fino agli anni Settanta, la strategia comune delle maggiori industrie italiane era quella di realizzare prodotti della migliore qualità possibile. Il tempo di vita del prodotto era tale da consentire il miglioramento della tipologia stessa del prodotto. Il miglioramento veniva realizzato attraverso progressivi affinamenti del modello originario e attraverso lente modifiche al processo produttivo.

L'esempio introdotto successivamente dall'industria giapponese ha insegnato che la competitività dell'industria si basava sullo sviluppo continuo dei prodotti.

Il tempo di vita del prodotto diventa sempre più breve e il prodotto, se vuole essere di successo, non può permettersi errori e quindi modifiche dopo la sua produzione, e deve pertanto prevenire i problemi invece di rincorrerli. Questi principi rimangono immutati anche se la strategia vincente non sembra più essere impostata su un continuo sviluppo dei prodotti, quanto piuttosto sulla qualità¹⁴.

Diviene necessario assicurare la qualità non più solamente nel processo produttivo ma già nella fase di progettazione. La fase di progettazione, indicata anche come Ricerca e Sviluppo, gestisce l'introduzione e l'utilizzo delle tecnologie innovative di prodotto e processo, e una definizione progettuale non precisa può essere causa fino al 40% degli errori del prodotto. Valori simili sono stati ottenuti da ricercatori indipendenti, operanti in campi molto diversi¹⁵.

La progettazione non dovrebbe considerarsi come un ente indipendente, il cui compito è quello di realizzare il progetto migliore possibile secondo il proprio punto di vista.

Questo ente deve sviluppare un progetto che ottimizzi la qualità intesa come rispondenza all'uso. Non si sta sostenendo che tradizionalmente i progettisti abbiano svolto il proprio lavoro disegnando prodotti con basse prestazioni; ciò che si sta sostenendo è che non

¹⁴ Cfr. A. Galgano, op. cit., 1991.

¹⁵ Ibidem.

sempre i livelli di qualità del prodotto, nella fase progettuale, corrispondono all'uso che se ne vuole fare, (da parte dell'azienda, del cliente e della fabbricazione), nè sono congruenti con la qualità a cui mirano gli altri enti aziendali.

Di fatto, nel passato, la funzione progettazione è incorsa spesso in due errori dal punto di vista della qualità del prodotto.

A volte, essa ha teso ad inseguire prestazioni non corrispondenti alle esigenze ed alle possibili condizioni di uso normale ed anormale, ma "interessanti" dal punto di vista tecnico scientifico. Altre volte, la progettazione è stata effettuata in base alle esigenze di *marketing*, senza tenere sufficientemente in conto le reali possibilità di fabbricazione o erogazione del prodotto.

Il progetto acquisisce una sempre maggiore responsabilità e centralità rispetto al processo produttivo di cui diventa una sorta di struttura informatrice. Il progetto innovativo, con alto contenuto di innovazione tecnica, deve sempre andare oltre la soglia delle aspettative sia del committente che del mercato, e rappresentare "lo scarto dalla norma", come sostiene Castiglioni.

Una ricerca di qualità non viene mai impostata solo sui dati emersi dalle ricerche di mercato: queste riflettono soprattutto immagini consolidate e raramente danno luogo ad un progetto innovativo.

Secondo Trabucco, "progettare l'innovazione significa porre al centro del proprio fare progettuale il tema della risposta qualitativa ai bisogni che la nostra società, ad alto tasso di sviluppo industriale, pone come condizione allo sviluppo."

L'innovazione di processo, porta dei cambiamenti nel modo di "fare" il prodotto, ma soprattutto richiede dei cambiamenti rilevanti nelle aziende che passano dalle vecchie alle nuove tecnologie di processo/prodotto.

Al fine di apportare un ulteriore contributo al dibattito culturale circa la questione dell'innovazione, nonchè sollevare interrogativi progettuali su questo argomento, nel presente paragrafo vengono discusse le modalità correnti utili al processo di dismissione del prodotto.

Quanto sostenuto assume maggior rilievo se si considera che non è più possibile pensare esclusivamente al trattamento finale distruttivo dei materiali (es. incenerimento e deposito in aree predisposte).

I maggiori produttori stanno già da tempo lavorando per studiare apposite linee dedicate allo smantellamento dei prodotti ed esistono già alcune realizzazioni sperimentali.

Il problema del riciclaggio dei materiali è diventato importante non soltanto per la salvaguardia dell'ambiente (difesa del territorio, utilizzo accurato di quanto andrebbe altrimenti disperso), ma anche per il risparmio delle risorse (materie prime, energia); ciò è già attuato da tempo nel campo di alcuni materiali come la carta, il vetro, i metalli, ma questa pratica si diffonderà in futuro sempre più, perché il volume dei materiali coinvolti è ragguardevole (si pensi ad esempio alle tonnellate di plastica prodotta in Europa).

Si è parlato di prodotti *ambientalmente compatibili*¹⁶ come sostiene Maldonado, "compatibili con la qualità dell'ambiente, prodotti con le medesime (o addirittura migliori) prestazioni degli attuali, ma riprogettati in modo da non dover ricorrere a tecnologie ad alta densità di materie prime e di energie non rinnovabili", si deve ora introdurre un secondo concetto: quello di prodotti ambientalmente responsabili, che rispondano attraverso l'identità conferitagli dalle scelte progettuali, della loro presenza nell'ambiente.

L'oggetto, giunto *al termine del proprio* ciclo di vita, in qualunque modo e forma sia ridotto, deve dissolversi; deve perdere la sua identità morfologica per acquistarne una differente nel momento in cui verrà riutilizzata la sua componente materica per un nuovo prodotto.

Il livello di successo di questa operazione è già determinato nella fase di sviluppo del prodotto, *fase in cui il progettista*, oltre a definire l'assemblaggio ne stabilisce la smontabilità al fine di renderlo materia "seconda" riutilizzabile, valutando non solo le conseguenze delle decisioni intraprese per il ciclo di vita del prodotto, ma anche quelle che coinvolgono i cicli di vita successivi.

Si tratta quindi di non considerare più soltanto il prodotto ma il sistema di cui esso farà parte, uno scenario che comprenderà i sistemi di raccolta e riciclaggio e di valorizzazione e miglioramento del materiale.

Le nuove modalità di progettazione, volte alla semplificazione del processo di disassemblaggio del prodotto - note più brevemente come *design for disassembling* -

¹⁶ T. Maldonado, op. cit., 1976.

non implicheranno una completa ridefinizione delle metodologie del disegno industriale. Si baseranno sulle già acquisite procedure di assemblaggio del prodotto, implicando semplicemente un allargamento della prospettiva del design tradizionale.

La nuova prospettiva dovrà essere sensibile alla valutazione economica delle funzioni residuali dei materiali e dei componenti progettati, a un facile disassemblaggio del prodotto che preveda la separazione di materiali non compatibili dovrà prevedere un metodo di classificazione rapido e sicuro, un'operazione di pulizia e di preparazione al riutilizzo; inoltre studiare le logistiche dei sistemi di recupero dei materiali e le possibili interazioni con altri sistemi.¹⁷

Oggi il *design for disassembling* comincia ad essere applicato nella produzione dei più svariati prodotti, dai piccoli oggetti di disegno industriale alle automobili, che rappresentano il massimo livello di complessità di un prodotto a "largo consumo" con cui il designer può interagire.

I centri studio dell'industria automobilistica, notoriamente il settore più innovativo in questo senso, stanno sviluppando le strategie di disassemblaggio molto più velocemente rispetto a qualsiasi settore. Questo perché, in tutto il mercato dei prodotti di media e lunga durata, la dismissione delle automobili rappresenta il problema più urgente di smaltimento di rifiuti solidi.

Due sono i differenti tipi di progetto che sintetizzano il più generale panorama degli interventi: il primo ha come obiettivo quello di riuscire a dissassemblare e riciclare attraverso catene di smontaggio automatizzate le automobili attualmente già dismesse; con risultati apprezzabili non solo in termini di responsabilità ambientale ma anche delle più banali operazioni di manutenzione.

Il secondo mira ad ottimizzare il processo in modo più radicale, attraverso una nuova concezione tecnica dei prodotti che dovranno essere facilmente disassemblabili o addirittura in alcuni casi direttamente riciclabili, eliminando le necessità di disassemblare il prodotto.

¹⁷ A tale riguardo si confrontino gli studi effettuati dalle Industrie General Electric Plastic Italia.

Utilizzando, infatti, materiali particolarmente idonei (polimeri termoplastici) e appartenenti a una stessa famiglia, facendo attenzione a non introdurre materiali non compatibili, si eliminano le necessità di smontaggio consentendo un'operazione di riciclaggio immediata.

I progetti dovrebbero presentare un'occasione di design integrale nell'ottica del riciclaggio e non soltanto di re-design parziale di alcuni componenti, precedentemente progettati con altri materiali ed industrializzati con differenti tecnologie. L'impostazione del progetto secondo questo principio dovrebbe contemplare oltre le procedure di assemblaggio, quelle di disassemblaggio del prodotto al termine del proprio ciclo di vita.

Ad esempio, i materiali termoplastici, riciclabili possono essere ri-processati anche numerose volte, ed affinché ciò sia possibile è necessario verificare attentamente la qualità dei materiali di differente provenienza per un corretta destinazione nel ri-uso.

Bisogna accertare pertanto se il materiale ha subito un degrado più o meno pesante di caratteristiche (meccaniche, chimico-fisiche, di aspetto) dovute all'impiego nel primo ciclo di vita, a seguito di attacchi ambientali di vario tipo (umidità, raggi UV ecc.) o a causa di danni nel primo processo di trasformazione o ancora per uso non corretto del prodotto. Gli impieghi successivi, a seconda del ciclo di vita precedente, potrebbero essere sia nel medesimo campo di applicazione originario che in uno diverso e via via verso utilizzi che richiedano minori prestazioni.

Gli interrogativi per le imprese si basano sulla possibilità di integrazione fra le procedure di progettazione, innovazione tecnica e le questioni inerenti al riciclaggio e al riuso dei materiali, nonché quelle ambientali. Al fine di trarre delle conclusioni sul grado di compatibilità tra le procedure tradizionali di definizione del progetto, e le procedure di *design for disassembling*, si può affermare che, essendo le tecniche di produzione cambiate e le modalità di consegna *just in time* dei componenti e dei moduli diventate un fatto comune, la produzione per rimanere competitiva e produttiva deve diventare un'assemblatrice di prodotti. Pertanto la responsabilità per lo sviluppo dei componenti è in mano ai fornitori. E' loro compito sviluppare componenti di prodotti secondo le modalità di progetto esposte in questa parte del lavoro di ricerca.

I prodotti che verranno progettati espressamente per essere disassemblati saranno oggetto di procedure di smontaggio semplificato, rispetto ai vecchi prodotti concepiti con differenti modalità di progetto.

Questo rappresenta un'opportunità per l'applicazione dei tecnopolimeri termoplastici che consentono un'ampia possibilità di integrazione e costi bassi di investimento; rappresenta inoltre un grande aiuto agli smantellatori di prodotti che diventeranno in futuro, quando i vantaggi economici potranno essere pienamente apprezzati, disassemblatori e sofisticati riciclatori di prodotti.

Necessariamente ne risultano due differenti modalità di trattamento del prodotto: la prima meno definita, che imporrà anche un certo livello di improvvisazione nella risoluzione dei problemi; la seconda definita nei minimi particolari già a livello di progetto.

Inoltre la continua estensione del tempo di vita dei prodotti, effetto del miglioramento della qualità, della solidità e dei trattamenti più svariati, costituisce un fattore molto significativo quando si considera il recupero del materiale. Oltre questo periodo di vita, i materiali sono soggetti ad attacchi da parte dell'ambiente attraverso componenti chimici, adesivi, vernici, raggi ultravioletti, sbalzi di temperatura, sporcizia, etc.; avranno quindi caratteristiche imprevedibili e modificate rispetto a quelle originarie.

Pertanto, nel caso in cui il prodotto nasca da modalità di progetto differenti e inoltre abbia subito deformazioni nel corso della sua vita, il disassemblaggio manuale o con forza bruta rimane spesso l'unico mezzo efficace per il suo smantellamento.

Un prodotto che rimane per lungo tempo esposto all'ambiente, agli sbalzi di temperatura, alle impregnazioni di sporco, subendo torsioni e svergolamenti, etc., vede degradate le proprietà del materiale di cui è costituito, riducendo conseguentemente la qualità, o addirittura, le possibilità del riciclo.

La qualità viene ulteriormente ridotta dalla contaminazione attraverso vernici e sistemi di copertura che necessitano di studi volti a una rimozione efficiente o alla definizione di sistemi compatibili, svolti parallelamente a quelli sulle tecnologie avanzate e sui tecnopolimeri termoplastici.

L'applicazione di tali procedure implica grossi investimenti da parte delle aziende che devono sostenere i costi legati all'innovazione di progetto (attività di ricerca e di progettazione) e di processo (linee e macchinari, organizzazione e gestione).

La perplessità che emerge a tale riguardo, è legata alla capacità delle aziende, soprattutto piccole-medie, di sostenere tali investimenti.

Se i legislatori non provvederanno a promulgare leggi e imposizioni precise sulle responsabilità e le modalità di intervento relative a queste problematiche, l'impegno nella ricerca e nello sviluppo non sarà totalmente appagato e si perderà un'occasione per ottimizzare le procedure di definizione del prodotto.

Se invece questo accadrà, il *design for disassembly* diventerà una modalità di primaria importanza accentrando l'attenzione sulle procedure di ottimizzazione dei processi industriali.

Bisogna riconoscere che l'adozione delle tecniche di *design for disassembling*, non risolve appieno le complesse problematiche del riciclaggio. Tali modalità di progetto insegnano solamente come montare e smontare meglio i prodotti industriali, risolvendo un altro problema importante della produzione industriale che è costituito dall'esigenza di buona manutenzione del prodotto.

La risoluzione dei problemi connessi al riciclaggio va oltre la facilità di assemblaggio e di disassemblaggio, richiede l'esistenza di una vera e propria industria del recupero. Non basta smontare il prodotto e separare le materie "prime", occorre reimpiegare le materie, creare nuove idee per nuovi prodotti, commercializzarli a prezzi contenuti, avendo sostenuto dei costi economicamente ammissibili.

“Il compito del designer non si dovrà limitare alla definizione e all'attuazione delle procedure di disassemblaggio. Per avviare questa politica, in modo realistico da un punto di vista economico, bisogna intensificare la domanda di materia riciclata.

Esistono a tale riguardo due forme di responsabilità, delle quali si è più diffusamente parlato nei capitoli precedenti; la prima da parte dell'industria - progettista nell'inventare nuovi impieghi per le resine riciclate. A fini di questo obiettivo il progettista industriale potrà svolgere un ruolo di primaria importanza attraverso lo sviluppo e la definizione di progetti che impieghino in modo creativo i nuovi materiali, facendo convergere progetto e ricerca.

La seconda da parte del mercato affinché diventi idea diffusa che la materia riciclata abbia comunque le stesse caratteristiche della materia vergine, cioè "pulita", in modo da non ostacolare o addirittura impedire l'utilizzo dei nuovi materiali nelle nuove applicazioni."¹⁸

¹⁸ F. Trabucco, dall'intervento durante la tavola rotonda al Corso di Aggiornamento sul Design Ecologico, Politecnico di Milano, Milano 1992.

"Qualità Totale e Qualità Ambientale"
metodi e tecniche di progettazione per il prodotto industriale

Prototipazione rapida per lo sviluppo dei prodotti

Davide Bruno

Milano, 6-8 giugno



*Politecnico di Milano
Facoltà di Architettura
Corso di Laurea in Disegno Industriale*

Dipartimento di Programmazione, Progettazione e Produzione Edilizia

*Corso di aggiornamento
“Qualità Totale e Qualità Ambientale
metodi e tecniche di progettazione per il prodotto
industriale*

Prototipazione Rapida per lo sviluppo dei prodotti

arch. Davide Bruno

Giugno 1995

Indice

- 1 . La prototipazione rapida: definizione e potenziali applicazioni.
- 2 . Prototipazione rapida tramite le metodologie di stereografia e sinterizzazione laser.
3. Sintesi sulle tecniche generali sulla costruzione rapida dei modelli.
4. Note sintetiche sui vantaggi.
5. La Stereolitografia per la Ricerca.
6. Sviluppi futuri

1.

La prototipazione rapida: definizione e potenziali applicazioni

Nella realizzazione di un nuovo prodotto, la costruzione del prototipo rappresenta una delle fasi più lunghe, più costose e di più difficile preventivazione in termini di tempi e costi. Molte decisioni potrebbero essere prese in anticipo e con maggior sicurezza se si potesse disporre rapidamente di una riproduzione in resina dei nuovi pezzi per realizzare modelli, prove, dimostrazioni, valutazioni estetiche, studi di producibilità e così via. Oggi sono disponibili una serie di nuove tecnologie che permettono di realizzare in poche ore parti in resina, o in altri materiali: sono le cosiddette "tecnologie di prototipazione veloce e di costruzione di modelli solidi".

Le macchine per la prototipazione veloce operano, in sostanza, come un plotter a tre dimensioni: partendo da liquidi, o da polveri o fogli di materiale, generano oggetti solidi, a tre dimensioni, con qualsiasi geometria; parti cave, bottiglie, tubazioni, parti rientranti e anche parti disposte una dentro l'altra.

Oggi sono attive nel mondo circa una diecina di aziende che operano nel settore e sono circa un centinaio le macchine installate: in Italia ve ne sono già diverse, alcune delle quali operano per conto terzi.

Le tecniche di costruzione rapida dei prototipi possono aprire nuove opportunità all'industria manifatturiera non solo per minimizzare i tempi tecnici di approntamento di nuovi prodotti ma anche per realizzare, per esempio, modelli per gallerie del vento, e anche maquette, modelli statici, in settori quali il *design* industriale, l'urbanistica, l'impiantistica, l'edilizia, le calzature e così via.

2.

Prototipazione rapida tramite le metodologie di stereografia e sinterizzazione laser

Con RP (prototipazione rapida), si individua l'insieme di tecnologie sviluppate negli ultimi anni per costruire dei manufatti fisici direttamente dai dati concettuali di disegno. La prototipazione rapida, nonostante si sovrapponga parzialmente sia con altri processi di produzione come la fresatura veloce che con istanze di tipo gestionale come il *cuncurrent engineering*, viene, di norma, associata specificamente con le tecniche di fabbricazione a stratificazione (LMT). Questi sistemi (talvolta definiti anche con il termine *SFM-solid freeform manufacturing*), permettono di produrre in modo quasi automatico modelli reali da dati di tipo CAD, senza la necessità di elaborare ulteriori dati di *post-processing*, come la programmazione dei percorsi dell'utensile nel CAD/CAM. A partire da metà degli anni '80 sono stati commercializzati un certo numero di metodi LMT e molti altri sono soggetti a continuo sviluppo e ricerca la loro caratteristica comune è che la parte da prototipare viene costruita in modo additivo-generativo (non sottrattivo come nella fresatura), tramite l'aggiunta di materiale in strati successivi. Sebbene qualcuno di questi metodi richiede la rimozione di parte del materiale (ad esempio le tecnologie LOM) o l'estrusione del materiale medesimo (tipo FSM), tutti, comunque, differiscono dai processi tradizionali nell'aspetto essenziale che non richiedono l'utilizzo di utensili od attrezzi particolari per la produzione dei modelli. Il metodo LMT che ha trovato l'applicazione più diffusa è la stereografia, che consiste nell'indurimento di un fotopolimero tramite l'azione selettiva di un laser UV. La grande quantità di impianti installati è giustificata dalla possibilità di costruire parti ad alta precisione con buona rifinitura superficiale anche nel caso di geometrie con strutture molto dettagliate. Un'altra tecnologia che ha trovato un grande sviluppo è la sinterizzazione laser, che ha il vantaggio di produrre modelli utilizzando un'ampia gamma di materiali funzionali dal punto di vista ingegneristico. I risultati ottenuti con le metodologie LMT inducono a pensare che in tempi brevi sia possibile prototipare, direttamente dai dati concettuali CAD di

progetto, utensili e/o stampi (o più in generali attrezzi per la produzione) dando luogo ai primi esempi concreti di fabbricazione rapida (RM).

In particolare se la stereografia viene associata con tecniche secondarie tipo la replica con stampi siliconici per la prototipizzazione di parti plastiche o *software* particolari di costruzione del modello (come *Skin&Core* della EOS GmbH) per produrre anime da utilizzare in microfusione ed ottenere parti in metallo.

Una delle richieste fondamentali per i metodi LMT è che la geometria tri-dimensionale della parte da costruire venga fornita alla macchina sotto la forma di un insieme di profili a due dimensioni, ordinati lungo un asse di sezionamento. In generale queste informazioni sono derivate dalla descrizione di superficie o di volume dell'oggetto. I dati vengono trasferiti dal CAD usando un formato denominato STL, che si è imposto come lo *standard* di fatto. Per matematizzare la geometria delle superfici, STL utilizza dei triangoli con un vettore normale ed il risultato finale è una descrizione a *facets* con un alto grado di ridondanza. Susseguentemente il modello viene sezionato, al fine di generare i profili nel formato specifico proprietario richiesto dal sistema LMT. A causa della relativa bassa efficienza di questa conversione a due passi accompagnata dalle relative approssimazioni (che si traducono in errori di costruzione), si pensa che in futuro le informazioni saranno generate direttamente dai dati CAD originali.

Questo comporta una maggiore efficienza nello scambio dati fra *software* di sezionamento e sistema LMT. Le differenze principali rispetto a quanto accade nel caso in cui le geometrie vengono manipolate in modo tradizionale (cioè si genera un unico *file*, contenente sia dati bi-dimensionali sul profilo delle sezioni che parametri di processo della macchina LMT) sono:

1. Tempo di preparazione dei dati minimizzato.
2. Dimensioni contenute dei *files* trasferiti fra i sistemi (tipicamente il file di processo ha una dimensione simile alla descrizione geometrica) e quindi risulta enormemente facilitata sia la loro archiviazione che il collegamento in rete dei sistemi (*networking*).
3. Possibilità di mantenere a bordo del *computer* macchina (di norma un PC) diversi *files* di processo, anche nel caso di quantità di memoria di sistema contenuta (tipo 200 Mb).

Possibilità di variare i parametri di costruzione senza eseguire nuovamente il sezionamento (necessario se le sezioni vengono combinate con i parametri).

4. Possibilità di sezionare la parte senza pre-definire la macchina da usare, importante nel caso in cui l'utilizzatore disponga di più di un sistema LMT, magari anche diversi come uno stereografo ed un sistema di sinterizzazione (ed i parametri di processo sono tipici ed esclusivi per ogni singola macchina).

La famiglia delle macchine tedesche *STERE-OS* produce delle parti solidificando un liquido fotosensibile. L'idea fu inventata negli anni '50 da Munz, il quale brevettò un metodo di costruzione utilizzando una fotoemulsione e della luce proiettata.

Il principio di costruzione implica l'indurimento di un sottile strato di fotopolimero attraverso l'azione di un laser UV sulla sua superficie. All'inizio una piattaforma viene posizionata, nella vasca che contiene la resina, al di sotto della superficie del liquido di uno spessore corrispondente alla dimensione della strato che si intende produrre. Poi il *laser* focalizzato eseguisce una scansione sulla superficie attuata tramite una coppia di galvanometri ad alta velocità, inseguendo il profilo a due dimensioni ottenuto dalla proiezione della geometria tridimensionale in corrispondenza a quella sezione. Quando lo strato è completato la piattaforma, assieme al materiale solidificato, è nuovamente abbassata dello spessore convenuto (tipicamente 0.1 0.2 mm). Un secondo strato di fotopolimero viene quindi depositato e levigato per garantire una superficie omogenea ed uniforme (processo noto come *recoating*) e susseguentemente è generata un'altra sezione solida. La completa forma tri-dimensionale risulta costruita strato per strato.

La EOS GmbH ha una famiglia di macchine con dimensioni del volume utile di produzione variabili da 200x200x200 mm³ a 600x600x400 mm³. I sistemi sono modulari così come le opzioni.

La famiglia di macchine *FOSINT* costruisce dei modelli fisici con una procedura simile ai sistemi di stereografia. Le parti vengono generate strato per strato, a partire da una piattaforma, tramite l'interazione di un fascio laser sulla superficie di un materiale. La differenza fondamentale consiste nel fatto che il materiale in oggetto è in forma di polvere e che la solidificazione è una variazione di fase indotta da un processo termico piuttosto che

da una reazione chimica. Un sottile strato di polvere viene depositato sulla piattaforma e simultaneamente livellato e compattato allo spessore richiesto da uno speciale meccanismo a vibrazioni. Successivamente un fascio laser (che emettono nell'infrarosso) riscalda il materiale nel punto di focalizzazione, causando una fusione locale che amalgama gli individuali granelli di polvere. In generale, quasi ogni materiale è sinterizzabile a condizione che la sua granulometria corrisponda alle esigenze di *recoating* della macchina e che le proprietà ottiche di assorbimento si possano accoppiare alle caratteristiche della radiazione emessa dal laser. I materiali più adatti risultano essere i termoplastici ed i metalli con punti di fusione medio-bassi. Altri materiali con punto di fusione alto, come le ceramiche, sono trattabili nel caso che i granelli di polvere siano rivestiti con dei leganti (pur rimanendo non completamente risolto il problema di infiltrare in modo riproducibile le strutture porose che si ottengono). Sono da considerare fattibili anche i sistemi a doppio meccanismo di *recoating* per produrre parti in materiale composito (purché le proprietà chimico-fisiche siano omogenee). Al momento lo stato dell'arte in EOS è rappresentato dai due sistemi *EOSINT P* per materiali termoplastici ed *FOSINT M* per metalli.

La macchina denominata *EOSINT P* produce modelli fisici con dei materiali termoplastici e volumi di lavoro utili fino a 340x340x590 mm³. Il sistema utilizza un laser a CO₂ da 50 Watts ed è equipaggiato con dei contenitori estraibili per un cambio rapido dei materiali. La camera di lavoro è pre-riscaldata ad una temperatura leggermente inferiore al punto di fusione del materiale che si intende usare, in modo che la polvere possa essere solidificata senza applicare (tramite il laser) forti gradienti termici.

Finita la lavorazione la parte può essere estratta immediatamente e raffreddata in un forno esterno, lasciando il sistema di sinterizzazione pronto per un nuovo modello. In tale modo la produttività del sistema risulta di fatto raddoppiata rispetto a soluzioni tradizionali (poiché i cicli termici hanno periodi paragonabili ai tempi di produzione).

Il sistema *EOSINT M* è stato introdotto all'inizio del 1995 e risulta essere la prima macchina commerciale in grado di sinterizzare direttamente metallo senza l'ausilio di qualche legante. Il materiale utilizzato al momento attuale, è una lega speciale comprendente principalmente bronzo e *nickel*, sviluppata dalla Electrolux e licenziata in esclusiva alla EOS. La lega può

essere sinterizzata a temperatura ambiente (senza pre-riscaldamento) e mostra un ritiro trascurabile nella transizione di fase. Si raggiunge questo risultato poiché i componenti della lega hanno punti di fusione diversi, i quali si compensano vicendevolmente, dando luogo a corrispondenti variazioni di volume con un risultato netto prossimo a zero (inferiore allo 0.1%). Questo fatto, combinato con una dimensione del granule di circa 50 micron e con la capacità del sistema di generare strati di spessore inferiore ad 0.1 mm, consente di costruire delle forme con una accuratezza tipica di 0.1 mm. I volumi di lavoro sono dell'ordine di 250x250x150mm. Il materiale risultante ha delle proprietà paragonabili a quelle dell'alluminio. Le parti sono in grado di avere una densità vicina al 100%, in particolare tramite l'infiltrazione del modello con metalli basso-fondenti. La superficie raggiunge, in questo modo, un grado di rifinitura analogo ad un materiale finemente lappato, tipo specchio.

L'applicazione principale dei modelli prodotti da *EOSINT M* consiste nella creazione rapida di attrezzi in metallo. A differenza di altri metodi che richiedono processi a passi multipli, *EOSINT M* costruisce la parte in un singolo passaggio. Eventuali infiltrazioni della parte porosa non compromettono l'accuratezza dimensionale e l'ottima rifinitura delle superfici. Questo comporta che il modello risulta adatto sia per la costruzione di inserti per stampi ad iniezione che per la prototipazione di elettrodi (o parti di essi).

In un certo numero di installazioni di *beta-site* sono in corso delle sperimentazioni pratiche per la costruzione di stampi direttamente da dati CAD. I relativi risultati al momento non sono ancora stati resi noti.

Conclusioni

Fra le diverse metodologie LMT la stereografia rappresenta tuttora la tecnica che offre la maggiore accuratezza dimensionale, un'ottima risoluzione dei dettagli ed una buona rifinitura della superficie. Le resine a basso ritiro hanno ulteriormente migliorato queste prestazioni e sofisticate tecniche di costruzione hanno contribuito ad aumentare l'efficienza di produzione. Parti in materiale di tipo funzionale, come il nylon, sono sinterizzabili direttamente usando *EOSINT P*.

Altrimenti, esiste un certo numero di processi secondari per creare prototipi in materiali diversi (rispetto alle tecniche LMT) e soddisfare esigenze specifiche. Ad esempio la prototipazione di parti in plastica è risolta sufficientemente bene da una catena che include uno stereografo ed un sistema di stampaggio a siliceni. Si possono implementare altre tecniche di replicazione (*soft-tooling*) in congiunzione con un modello LMT, come stampi con resine epossidiche, *metal spraying* e *spin casting*, aumentando enormemente la varietà dei materiali che possono essere utilizzati. Per replicare il modello in metallo, tipo alluminio, acciaio o titanio, sono disponibili tecniche di fusione a cera persa attraverso anime costruite con *EOSINT P* in polistirolo oppure con *STER-OS* in resina.

Un approccio più diretto alla costruzione di attrezzi di produzione in metallo è costituito da *EOSINT M*. Il materiale sinterizzato in macchina ha proprietà molto simili all'alluminio quindi adatto per prototipare la maggior parte dei componenti degli stampi ad iniezione oppure degli elettrodi. La modellazione in metallo riduce sia i tempi di costruzione che le imprecisioni aggiuntive introdotte dai processi di replicazione.

3.

Sintesi sulle tecniche generali sulla costruzione rapida dei modelli

Il sistema Cubital di generazione delle parti solide. Questo sistema realizza prototipi per aggiunta di strati successivi di materiale. Il sistema parte da un polimero liquido che raffinato viene solidificato in modo selettivo da una luce ultravioletta non *laser*. Presenta produttività elevate e permette di realizzare pezzi tra di loro indipendenti in un unico ciclo di lavoro.

Sistemi di prototipazione e di misurazione veloci Eos. È l'unico produttore europeo di macchine di stereolitografia. La relazione è dedicata agli aspetti di *reverse engineering* (ricostruzione della forma di un pezzo per la sua duplicazione) tramite la nuova stazione di misura ottica *Eoscan*.

Processo di sinterizzazione selettiva a mezzo laser. La tecnologia consiste nel riscaldare, fino a ottenere la sinterizzazione, un sottile strato di polvere di resina: ripetendo l'operazione più volte e così possibile realizzare parti di forma qualsiasi.

Sistema di produzione di oggetti laminati. Il sistema sviluppato dalla *Helisys* produce oggetti solidi sovrapponendo fogli di carta sagomati e incollati tra loro: si ottengono parti di un materiale che assomiglia al compensato o al lamellare.

Sistema a strati sovrapposti. La *Stratasys* ha messo a punto una tecnologia basata sulla deposizione per strati sovrapposti di un sottile cordone attraverso la deposizione fluida impiegata dalle macchine.

4.

Nota sintetica sui vantaggi

L'obiettivo di questa relazione non è solo quello di fare il punto sulla situazione del settore ma anche di cercare di dare indicazioni per il futuro per contribuire allo sviluppo di queste tecnologie e soprattutto ad una loro applicazione realmente utile ad una struttura industriale. I prossimi anni saranno caratterizzati da competizione sui prodotti piuttosto che sulle capacità produttive: molte industrie saranno sempre più orientate all'ottimizzazione dello sviluppo del progetto del prodotto industriale. Le tecnologie di Prototipazione Rapida (RP da *Rapid Prototyping*) daranno un grosso contributo soprattutto per la riduzione del *time to marke* e tanto più saranno utilizzate tanto migliori saranno i prodotti sviluppati.

Vi sono tre aspetti della RP da considerare che vincolano la scelta delle macchine più appropriate da installare:

Miglioramento delle tecnologie disponibili.

Dalle ricerche effettuate è possibile affermare la mancanza in Italia di ogni attività di ricerca nel settore: tra le centinaia di centri di ricerca presenti in Italia non c'è ne nessuno interessato allo studio ed allo sviluppo delle tecnologie di RP.

Sembra improbabile che vi siano aziende nazionali che sviluppino queste tecnologie e quindi è verosimile che rimarremo completamente dipendenti dall'estero per queste tecnologie con ovvi risvolti negativi in termini di costi, di disponibilità di *know how* di formazione.

Conoscenza dei processi al fine di scegliere ed utilizzare il processo RP in modo ottimale.

Negli anni scorsi la valutazione delle caratteristiche dei pezzi ottenuti con il RP, qualsiasi sia la tecnologia impiegata, è complessa e fortemente dipendente dal contesto di utilizzazione.

Un buon utilizzo delle parti ed una giusta scelta della tecnologia non è per nulla banale e ben difficilmente può essere realizzata in modo efficiente da chi si avvicini a queste tecnologie per la prima volta.

D'altra parte i produttori di macchine e servizi non sono dei buoni consiglieri. C'è quindi, spazio per centri di valutazione, misurazione, consulenza che riducano i rischi di chi si avvicini per la prima volta a questo mondo.

Si deve trattare di "centri" assolutamente indipendenti (es: Università, C.N.R.) capaci di definire i requisiti tipici delle applicazioni e tradurli in specifiche di acquisto e di fornitura per l'acquisto dei servizi e delle macchine.

Per ora questa funzione è svolta da pochi consulenti privi però di strutture e non in grado di realizzare campagne di prove, misure, valutazioni: si evince da ciò la necessità e spazio di centri strutturati per questa funzione.

In altre parole sarebbe auspicabile che, visto che l'Italia, non sarà mai un produttore di macchine di RP almeno diventi "maestra" nel loro utilizzo ma per far questo non bastano consulenti ma occorre un intervento pubblico con un minimo di investimento in uomini ed in mezzi).

Modalità di utilizzo delle nuove tecnologie per la ricerca e per l'industria: miglioramento dell'impiego delle tecnologie all'interno del processo di progettazione/sviluppo di nuovo prodotti.

La prima condizione per l'utilizzo delle nuove tecnologie è una revisione e ridefinizione delle modalità di sviluppo dei prodotti e del ruolo dei progettisti sia nel contesto accademico per lo sviluppo della didattica e della ricerca, sia nel contesto industriale nazionale.

L'utilizzo di tecnologie di RP in sostituzione di mezzi tradizionali di lavorazione può portare a vantaggi sensibili ma molto localizzati e con ridotto impatto aziendale: nell'ipotesi di *time to market* di un anno, come valore medio ampiamente indicativo, il risparmio di qualche settimana porta a benefici assai ridotti a livello aziendale.

Inoltre, spesse volte, il tempo guadagnato non è sul "cammino critico" e quindi si riduce il tempo di prototipazione ma il risultato globale resta invariato.

Le tecnologie di RP devono essere viste come un mezzo da utilizzare in un ripensamento ed una ristrutturazione, un *reengineering* per usare una parola di moda, della funzione di progettazione e sviluppo prodotti.

Per il RP il vero vantaggio deriva dalla rapidità ed economicità della correzione degli errori e della progettazione per modifiche successive.

Il vero vantaggio emerge non dall'aver "prima" il primo prototipo ma dal poter realizzare tutta una serie di prototipi avendo la possibilità di introdurre, da subito, correzioni e miglioramenti.

Il RP deve essere visto come uno strumento per la realizzazione del *Concurrent Engineering* cioè come un mezzo per rendere più efficienti le riunioni di *Design Review* e le analisi di producibilità: riunioni ed incontri che, è cosa ovvia, sono tanto più utili tanto più si introducono modifiche al progetto in esame.

Il RP diventa tanto più utile quanto più il pezzo viene realizzato per essere modificato. Bisogna quindi inserire la prototipazione rapida nel processo di produzione tenendo presente di operare sul cammino critico, di prevedere delle fasi di modifica, ed eventualmente di completo riciclo a valle della prototipazione rapida ed infine di permettere l'utilizzo dei prototipi al maggior numero di enti aziendali.

Gli sviluppi futuri per l'integrazione di questa tecnologia, insieme a *software* appropriati (es. Pro-Engineer), oltre alle applicazioni per scopi di ricerca, potranno consentire ai Laboratori

di Progettazione un servizio di grande utilità, offrendo l'esperienza che è in procinto di acquisire con la Stereolitografia, e la soluzione ai problemi progettuali su prodotti industriali. Le imprese interessate potranno avere la possibilità di accostarsi alla stereolitografia fornendo varie forme di dati che descrivono il modello da realizzare: si va dai modelli matematici su supporto magnetico già post-processati dall'interfaccia CAD/stereo-litografia e quindi pronti per la lavorazione, al *wireframe*, al CAD 2D, passando per gli stadi intermedi. Sarà anche possibile fornire i disegni esecutivi su supporto cartaceo, sulla base dei quali verrà costruito il modello matematico.

A fianco delle applicazioni industriali le *applicazioni mediche* stanno diventando molto numerose, per ora quasi solo all'estero: in questo settore i progressi nelle TAC a scansione continua rendono molto più facile la generazione di dati volumetrici computerizzati direttamente utilizzabili per la produzione di parti.

5.

La Stereolitografia per la Ricerca.

La ricerca di base sarebbe orientata inizialmente circa la possibilità di valutare direttamente l'efficacia delle più avanzate soluzioni tecnologiche, informatiche e più in generale organizzative. L'obiettivo è riprodurre a scopo dimostrativo *interne porzioni del processo produttivo*, fornendo esempi significativi di *integrazione* tra le funzioni aziendali.

Le installazioni comprendono:

centri di lavoro automatizzati; sistemi di movimentazione; sistemi Pro-Engenir, CAD, CAE, CAM, CAPP e Rapid Prototyping; sistemi informatici di pianificazione (Project for Windows), simulazione e controllo della produzione.

L'installazione presso il Corso di Laurea in D. I. di sistemi ad elevato contenuto tecnologico crea inoltre occasioni di comunicazione tra i fornitori di tecnologia ed i potenziali utilizzatori, sotto forma di *seminari*, *conferenze* ed *incontri su temi specifici*.

6.

Sviluppi futuri

Al fine di svolgere al meglio le funzioni già ampiamente discusse sarà necessario in futuro, per un centro di progettazione, disporre delle seguenti tecnologie:

Fase 1

1. Laboratorio modelli di supporto, potenziato rispetto quello attuale con 1 operatore *half time*;
2. CAD 3D Strim 100 della Cisigraph;
3. Macchinari EOSINT Sinter 340 x 340 x 590 mm;
4. Colata sotto vuoto di poliuretano in stampi di silicone: con macchinari HEK;

Fase 2

1. Macchinari per la Stereolitografia EOS: con vasca da 600 x 600 x 600 mm per modelli in resina e alluminio;
2. Produzione rapida di stampi per stampaggio per iniezione;
3. Stampi in silicone per realizzare modelli in cera per fusioni a cera persa,
* (preventivi allegati)

Queste tecnologie vengono utilizzate per realizzare le parti come quelle elencate di seguito:

I modelli estetici

I modelli estetici sono necessari per controllare, valutare e verificare i disegni.

Solitamente questi modelli sono realizzati manualmente in polistirolo espanso e rifiniti sempre a mano; recentemente però si ricorre sempre di più alla stereolitografia.

I principali problemi che si incontrano nella realizzazione dei modelli sono:

- il modello potrebbe non corrispondere perfettamente al disegno CAD; è quindi difficile avere la certezza che il modello fisico riproduca fedelmente il pezzo finale;
- la lavorazione a mano è difficile nel caso di parti complesse e di superfici curve "free form";
- la quantità di modelli diversi necessari in un progetto può essere superiore alla capacità produttiva interna all'azienda.

I prototipi di forma

I prototipi "geometrici" sono necessari per verificare la montabilità delle parti e come produrle. Solitamente questi modelli venivano realizzati a mano o a controllo numerico, ma la tecnologia di prototipazione veloce si sta rapidamente diffondendo in questo settore.

I problemi che si possono incontrare sono:

- i modelli fatti a mano non riproducono fedelmente il modello CAD e quindi le valutazioni possono essere falsate;
- le distorsioni delle parti ottenute per Stereolitografia rendono difficile il loro utilizzo per questi scopi;
- la realizzazione a mano e a controllo numerico di superfici curve "free form" è difficile;
- la costruzione dei modelli con tecnologie tradizionali può richiedere molto tempo;
- la quantità di modelli necessari in un progetto può superare le potenzialità produttive interne all'azienda.

I prototipi funzionali

I prototipi funzionali sono spesso necessari, in lotti di varia grandezza, per verificare che il pezzo disegnato funzioni, se il suo funzionamento può essere migliorato e per pianificarne l'assemblaggio. Solitamente questi modelli venivano realizzati a controllo numerico, oppure s'impiegava una prima versione dell'attrezzaggio finale.

I problemi che si incontrano nella realizzazione di questi modelli sono:

- la realizzazione a controllo numerico di superfici curve "free form" è difficile;
- il tempo necessario per realizzare i modelli con tecnologia tradizionale è troppo lungo.
- il numero di diversi modelli necessari in un progetto può superare la capacità interna all'azienda;
- i test sulle parti e quindi il completamento dei disegni devono essere rinviati in attesa delle attrezzature necessarie alla produzione;
- il test sul prototipo determina delle variazioni al disegno, che portano alla necessità di modifiche all'attrezzaggio;
- il costo dei test è eccessivo, dato che sono necessarie numerose variazioni di attrezzaggio molto costose.

Se il pezzo finale è in metallo, un prototipo di metallo non ferroso risulta adatto per questo tipo di test. Per la realizzazione di queste parti possono essere utilizzati svariati metodi, tra i quali la fusione in sabbia, la fusione a cera persa, la fusione in gesso o il procedimento SoliCast. Spesso viene scelta questa ultima tecnologia consistente nell'impiegare il pezzo ottenuto con la macchina della Cibital in modo simile ad un modello in cera per fusione a cera persa: in questo modo è possibile fornire prototipi metallici in 2-3 settimane.

Se il pezzo finale è invece di plastica, per questi *test* può risultare adeguato un modello in poliuretano, realizzato sotto vuoto. Questo pezzi possono essere prodotti con svariati materiali termoplastici con o senza l'aggiunta di fibre di vetro fino a materiali elastici come la gomma. Dei piccoli lotti di prototipi per *test* funzionali possono quindi essere pronti in 2-3 settimane con costi ridotti.

I prototipi tecnici

I prototipi tecnici sono necessari in piccoli o medi lotti per verificare se il pezzo risponde ai requisiti e supera i *test* di usura. Spesso questi modelli sono creati utilizzando una prima versione dell'attrezzaggio finale.

I problemi che si possono presentare sono:

- le proprietà fisiche dei pezzi prodotti con tecnologia tradizionale non corrispondono a sufficienza a quelle del pezzo finale;
- i test sulle parti e quindi il completamento dei disegni devono essere rinviati in attesa delle attrezzature necessarie alla produzione;
- il test sul prototipo determina delle modifiche al disegno, che portano alla necessità di modifiche all'attrezzaggio;
- il costo dei test è eccessivo, dato che sono necessari numerosi cambiamenti di stampi molto costosi;
- le modifiche che potrebbero migliorare il prodotto non vengono implementate perchè il cambio degli attrezzaggio ritarderebbe in modo inaccettabile l'ingresso sul mercato.

Se il pezzo finale è di metallo, risultano adatti per questi *test* dei modelli fusi in materiale metallico non ferroso.

Questi pezzi possono essere prodotti con svariati metodi, tra cui la fusione in sabbia, fusioni a cera persa, fusioni in gesso, e fusione con modelli ottenuti con la tecnologia SoliCast della Cubital.

La tecnologia SoliCast consiste nell'utilizzo del pezzo ottenuto con la macchina Cubital come modello in un processo simile a quello a cera persa: con questa tecnologia si possono produrre prototipi metallici in 2-3 settimane a costi contenuti.

Se il pezzo finale è di plastica, solitamente un prototipo di poliuretano, colato sotto vuoto, risulta adeguato per questi test.

Per questi pezzi possono essere utilizzati svariati materiali, dai poliacetati con o senza aggiunta di fibre di vetro fino ai materiali elastici come la gomma.

Piccoli lotti di prototipi per test funzionali possono quindi essere forniti in 2-3 settimane con costi ridotti.

Pre-serie

I pezzi di pre-serie sono necessari in quantità medie per provare le parti, ricevere le necessarie approvazioni e mettere a punto i metodi di produzione. Questi modelli vengono di solito realizzati con una prima versione degli attrezzaggi finali.

I problemi che si possono incontrare sono:

le parti realizzate con la prototipazione non sono abbastanza simili alle parti finali, dato che variano i materiali e le tecniche di produzione;

i test sulle parti e quindi il completamento dei disegni devono essere rinviati in attesa delle attrezzature necessarie alla produzione;

il test sul prototipo determina delle modifiche al disegno, che portano alla necessità di modifiche all'attrezzaggio;

il costo dei test è eccessivo, dato che sono necessari numerosi cambi di attrezzaggi molto costosi;

le modifiche che potrebbero aumentare il successo del prodotto non vengono implementate perchè il cambio degli utensili necessari ritarderebbe in modo inaccettabile l'ingresso sul mercato.

La migliore risposta a queste necessità è rappresentata dalla realizzazione di attrezzaggi e stampi di pre-serie, da utilizzare nel processo di produzione dei pezzi finali. Questi utensili possono essere utilizzati, preferibilmente dal fornitore, per la produzione della pre-produzione; essi permettono infatti un avvio anticipato della produzione stessa e vengono utilizzati finché non sono pronti quelli definitivi.

"Qualità Totale e Qualità Ambientale"
metodi e tecniche di progettazione per il prodotto industriale

La progettazione continua

Davide Bruno

Milano, 6-8 giugno



*Politecnico di Milano
Facoltà di Architettura
Corso di Laurea in Disegno Industriale
Dipartimento di Programmazione, Progettazione e Produzione Edilizia*

*Corso di aggiornamento
“Qualità Totale e Qualità Ambientale”
metodi e tecniche di progettazione per il prodotto industriale*

*Progettazione Continua:
analisi, scenari e prospettive per la gestione del progetto
del prodotto industriale
arch. Davide Bruno*

giugno 1995

Premessa

Questo intervento ha come ipotesi centrale quella di descrivere e, in alcuni casi, prescrivere nuovi modi in cui dovrebbe muoversi chi si occupa di progettazione del prodotto industriale. Si tratta di aspetti relativi al *processo continuo di progettazione* che vengono proposti in modo evolutivo rispetto allo stato attuale del “fare” progettuale.

Tale ipotesi consente di chiarire alcuni aspetti chiave riguardanti lo sviluppo del disegno industriale nei prossimi anni, e contribuisce riordinare una serie di intuizioni pragmatiche e di sperimentazioni che sono in atto in alcune strutture industriali.

Le ragioni di tale ipotesi possono essere descritte attraverso alcune considerazioni. Innanzitutto è evidente che siamo di fronte ad una serie di mutamenti derivati da abusi, eccessi decisionali e progettuali che hanno generato crisi in diversi settori e mercati.

I mercati, in trasformazione, necessitano di alcune regole nuove, pronte a stabilire nella richiesta del prodotto un ridimensionamento generale. In realtà, attualmente queste regole sono dettate dalle imprese: si può affermare infatti che i bisogni del mercato vengono definiti sia dalle aziende che dai progettisti, in base alla disponibilità delle merci ed alla capacità dei *leader* culturali di strutturare la conoscenza della gente e conseguentemente dei mercati.

Nasce così l'esigenza di una qualche forma d'ordine nella demografia degli oggetti, “in un mondo per nulla incoraggiante nel quale viviamo”, in cui è necessario “avviare un vigoroso tentativo di ridefinizione delle modalità”¹.

Tale consapevolezza, già in atto da tempo, unita alla sempre più profonda crisi rendono necessario un cambiamento culturale verso la ricerca di nuovi valori, metodi e nuove visioni che possono aiutare la gestione di un *cambiamento responsabile*, consapevole dei limiti.

In secondo luogo, le imprese erogatrici di prodotti/servizi, in futuro, a fronte di nuove consapevolezze, dovranno essere guidate da metodi e valori positivi per ristabilire nuove forme di equilibrio.

¹T. Maldonado, *Il futuro della modernità*, Feltrinelli, Milano 1987, p. 10

Questa visione consiste nel tentativo teorico e pragmatico di vedere il processo continuo di progettazione come generatore di possibilità volte ad aumentare la vita e le prestazioni di un prodotto industriale e, in generale, di vedere il prodotto industriale come parte di un sistema di prodotti/servizi sviluppati attraverso un processo continuo di progettazione. Il progetto del prodotto in tal senso va considerato come un episodio del progetto del sistema di prodotti.

Tale visione è di tipo culturale: le imprese in cui è auspicabile introdurre e poi applicare questi concetti provengono da anni di cultura funzionale, che ha sempre rappresentato una formula vincente e premiante.

Per poter andare oltre quindi, è necessaria una forma di ordine nel metodo affinché la metodologia e la pragmaticità diventino le modalità con cui diffondere una nuova cultura nelle imprese.

Ipotesi parallele, similitudini e innovazione nella ricerca proposta.

Erroneamente si è soliti attribuire al termine *progettazione continua* il significato di modalità strategica della qualità totale che tende alla soddisfazione del cliente; la progettazione continua va intesa invece come prassi *sistemica* che coinvolge l'idea stessa di progetto attraverso una nuova etica del progettare².

La sua attività finalizza gli sforzi alla produzione della cultura dell'impresa, che tende a considerare il progetto del prodotto come fase episodica del progetto del sistema. La progettazione continua è da considerarsi come modalità finalizzata al progetto del sistema di prodotti più che modalità di progettazione strategica di un prodotto; il progetto di un prodotto all'interno del sistema, viene "continuamente aggiornato" affinché possa mantenere le caratteristiche e prestazioni richieste.

² Occorre precisare che la progettazione continua rientra nelle modalità di progettazione del prodotto secondo il principio di innovazioni incrementali, cioè di un processo a carattere continuativo che consente, compatibilmente ai fattori legati ad esso (mercati, tecnologie, ambiente, etc.), un allineamento del prodotto alle nuove necessità. Sono da segnalare a riguardo gli studi compiuti da C. Freeman e N. Rosemberg, che peraltro attraverso la storia della tecnologia, verificano il succedersi di fasi diverse, identificando alcune regolarità dello sviluppo tecnologico.

Gli obiettivi in particolare riguardano:

a. La configurazione generale della *progettazione continua* per realizzare un prodotto industriale allungando il tempo di vita del prodotto.

La progettazione continua può essere definita come un processo continuo per la definizione di sistemi di prodotti industriali. Progettare in “progress” può avere due significati o, meglio, due possibilità di applicazione ben distinte ma sinergiche se utilizzate entrambe:

. permette il continuo controllo di un progetto tramite verifiche a cascata su ogni fase dello sviluppo di un' idea;

. permette di superare l'assioma per cui il termine della fase progettuale si ha con la commercializzazione del prodotto, riconsiderandola invece nel tempo tramite l'analisi di tutte le variabili di progetto, rimettendo in tal modo continuamente in discussione il manufatto e le sue prestazioni.

b. La configurazione generale della *progettazione continua estesa*, intesa come tentativo necessario da parte del progettista “responsabile” di essere il *distillatore, decisore del futuro*, di progettare cioè la riduzione delle specie dei prodotti³.

c. La possibilità di fare *progettazione continua oltre il prodotto*, progettando il servizio; quindi riconsiderando la scelta dei fornitori, riorganizzando la rete di distribuzione o di vendita, riprogettando il servizio di assistenza ai clienti o la struttura del marketing⁴ all'interno di una strategia di *serie variata traslata*.

d. L'aumento del ciclo di vita del prodotto. La riprogettazione continuata di un manufatto ha comunque termine quando si rende necessario un balzo innovativo di considerevoli

³ Si tratta in sostanza di trovare una forma di ordine al sistema degli oggetti che in un quarto di secolo è invecchiato. Con l'emergere di alcune questioni relative all'ambiente, al territorio paesaggistico, all'eccessivo ed invadente mondo degli oggetti industriali è necessaria una maggiore responsabilità del progettista che lo induca a decidere per una radicale selezione dei prodotti. (cfr. p. 19, 20 e 132 di F. Carmagnola, *Della mente e dei sensi*, 1994 ed. Anabasi Milano) Questo non significa venir meno alla definizione di prodotti più o meno tecnologici, con più o meno limiti di interpretazione e con caratteristiche atte a soddisfare i bisogni della gente, inespresi e/o inattesi, ma significa porre rimedio a quanto il sistema degli anni passati ha trascurato e lasciato deperire, a causa dell'accento posto sugli aspetti finanziari rispetto agli aspetti produttivi.

⁴ E' ipotizzabile che la progettazione continua pretenderà dal marketing delle politiche diverse rispetto quelle attuali; infatti la continua implementazione del prodotto “vecchio” tende a ridefinire le modalità di approccio del marketing nei confronti del mercato. Il principio base è di diffondere l'idea di un prodotto rigenerato, “accomodato” secondo nuovi bisogni o necessità, per esempio rispetto alla questione ambientale, dove il “nuovo” prodotto è progettato sulla base del “vecchio”. Per maggiore chiarezza, secondo un'interpretazione di A. Morello è possibile definire un parallelismo tra il principio espresso e quello relativo la “softwerizzazione in progress”, cioè della rigenerazione delle prestazioni dei programmi applicativi per *computers*.

proporzioni che porta inevitabilmente alla nascita di un nuovo prodotto, del tutto diverso da quello precedente. Un ulteriore obiettivo della ricerca, è quello di mettere le basi per formulare un' ipotesi per l'introduzione di una robusta *progettazione continua a lungo termine*. Una prima possibilità perchè ciò avvenga, è ridefinire la configurazione del prodotto attraverso la sostituzione di parti o componenti durante il ciclo di fruizione da parte dell'utilizzatore, aumentando così le prestazioni e ritardando l'obsolescenza del prodotto. Una seconda possibilità è ridurre in modo considerevole il costo del prodotto a parità di qualità offerta: la permanenza del prodotto sul mercato aumenterebbe fino a raggiungere il nuovo punto di equilibrio economico.

La valutazione dei costi benefici, dei vantaggi reali o indotti, degli scompensi ambientali e comportamentali, del processo di progettazione, del soddisfacimento dei bisogni, etc., diventano quindi parametri di estremo interesse al fine di giungere ad un documentato giudizio complessivo per poter esprimere, dati alla mano, che cosa si intende per progettazione continua, ruolo per il Disegno Industriale, iter di gestione di un nuovo prodotto in termini di progettazione/riprogettazione, gestione ed organizzazione delle risorse disponibili.

Progettazione continua: tre approcci al progetto

La progettazione continua ha condotto a tre livelli di gestione. Essi sono organizzati secondo un'ottica che affronta il problema in modo diverso. La novità non risiede nella verifica della progettazione continua *interna* o *esterna* ai luoghi delle funzioni esplicative, ma in quattro modi complessivi, integrati tra loro, di osservare la questione sistemica.

La scelta dei modi determina differenti approcci al progetto e dovrebbe essere di supporto nel chiarire alcuni importanti aspetti; poiché non esiste un unico *step* di progettazione e, tantomeno un unico processo, ma solo stati d'avanzamento diversi, ciò determina cicli continui sia verso innovazioni evolutive sia verso innovazioni radicali.⁵ La scelta di un

⁵ Cfr. C. Freeman, *Il rito dell'innovazione*, Franco Angeli, Milano 1992

particolare metodo di progettazione ha probabilmente degli effetti che sono unicamente attribuibili al metodo stesso.⁶ Nella maggior parte delle situazioni il processo di progettazione è un fenomeno continuo, che determina sulla gamma dei prodotti un continuo rendimento delle prestazioni. Gli attori in gioco possono non rendersi esattamente conto del particolare processo di progettazione utilizzato; la scelta quindi risulta piuttosto arbitraria, anche se la globalità dei tre approcci dichiara di per sé una totale aderenza nei confronti dell'ipotesi metodologica.

Per ovviare al problema di un prematuro invecchiamento del prodotto, dovuto al vertiginoso ritmo dell'obsolescenza determinato da una pluralità di fattori,⁷ la progettazione continua si pone come strumento per l'aumento del tempo di vita di un prodotto.

L'innovazione di un prodotto, come si è già esplicitato nei precedenti paragrafi, può avvenire semplicemente in modo evolutivo,⁸ attraverso la sostituzione di parti o componenti con il fine di ottenere un nuovo manufatto più rispondente alle nuove esigenze; oppure mediante un radicale cambiamento di componenti, tecniche e tecnologie che danno vita ad un inedito oggetto innovativo.

Detto in altre parole la progettazione continua nella sua applicazione metodologica opera su due livelli diversi di opportunità: nel breve periodo, secondo i termini di innovazione evolutiva, aggiorna il prodotto rigenerandolo, creando prodotti e servizi appropriati nel tempo, nel luogo, nel modo in cui sono richiesti dal mercato; nel lungo periodo determina prodotti con forte contenuto di innovazione tecnica utilizzando tecniche e tecnologie avanzate.

L'impresa in questo contesto viene vista come un sistema in evoluzione, e "illumina" inizialmente il fronte d'innovazioni che si ramifica intorno a un'innovazione iniziale. Per esempio il nuovo prodotto si ripercuote in un'innovazione nella produzione, seguita da sconvolgimenti nel *marketing*, nella rete di vendita e anche nel servizio formazione. E

⁶ Cfr. C. Alexander op. cit., 1979

⁷ F. Kolter, W. Scott, op. cit., 1993

⁸ Cfr. C. Freeman, *Il rito dell'innovazione*, Franco Angeli, Milano 1992

questo fronte d'innovazioni si estende, dando vita a un insieme d'onde che non conosce fine.

Ma accanto all'*evoluzione*, l'impresa è sollecitata da un altro fattore, il *funzionamento*, che ne garantisce l'esistenza quotidiana. *Funzionamento* ed *evoluzione* ritmano così l'essere e il divenire di questo sistema produttivo.

L'*evoluzione*, che procede per grandi anelli di innovazione, per svilupparsi ha bisogno di attingere dalle proprie riserve. Il suo destino è di consumare a lungo, prima di dare qualcosa. Ma solo il *funzionamento*, può generare, attraverso il *surplus* che crea, le riserve necessarie. Così l'innovazione si nutre dalle riserve accumulate grazie al funzionamento.

A sua volta il funzionamento ha bisogno dell'evoluzione, la sola capace di proporgli un futuro obiettivo -tecnologie/prodotto/processo/mercato/strutture- in cui possa prosperare, in sostituzione o in estensione della situazione attuale, minacciata presto o tardi d'obsolescenza. Nell'attesa non si rassegna all'immobilismo, prosegue al contrario in permanenza, sotto l'incessante pressione degli attori che animano un lento progresso fatto di piccoli passi. È opportuno sottolineare che solitamente gli attori in gioco si avvalgono di tecnologie consolidate e sperimentate nell'ambito della ricerca determinando un panorama di oggetti "certi"⁹ per il mercato.

Ciò determina all'interno dei *team* di progettazione, e più in generale nelle imprese, nuovi orientamenti verso ulteriori rigenerazioni del prodotto -le tecniche, i mercati, i nuovi materiali, etc., si rivelano grandi alleati per queste operazioni-, e la necessità diviene quella di determinare a priori modalità, scenari, bisogni e decisioni relativi lo sviluppo di nuovi prodotti.

Sarà pertanto determinante la previsione delle tendenze che integrano con equilibrio sia le spinte tecnologiche che quelle relative i fabbisogni.

Considerare ogni subassemblaggio o parte del componente dell'oggetto progettato come subsistema idoneo a determinare l'evoluzione del progetto, solo od unitamente ad altri, diviene quindi una condizione fondamentale. Si rende necessario non tanto prevedere scenari o modalità futuribili, quanto individuare le ipotesi alternative che vengono selezionate dagli attori del sistema aziendale e successivamente dagli attori appartenenti al

⁹ Con l'accezione certi si intende stabilire il tratto dei prodotti che risponde esattamente alle esigenze richieste del mercato in un preciso momento e che non sono né "ante" né tantomeno "post" le attese.

mercato, nelle quali si tiene conto di tutte le esperienze parallele che, da campi diversi del sapere, possono convergere e determinare un ulteriore scatto nel processo innovativo attraverso la sostituzione per parti del prodotto.

Nella determinazione delle ipotesi alternative di modalità progettuali e di orientamenti sui prodotti è rilevante prevedere le tendenze che integrano con equilibrio le spinte provenienti dalle tecnologie e dai bisogni.

Le ipotesi alternative verranno selezionate dal sistema aziendale e, in un secondo momento, dal sistema esterno, ovvero dal mercato.

Tale selezione deve tener conto anche dei rischi dovuti a errore di calcolo dei tempi, che prefigurano il futuro "immediato". La scelta delle alternative, poichè deve essere dedotta rispetto a più criteri, può riferirsi ai metodi multicriteri qualitativi, i quali utilizzano solo due tipi di dati: una matrice di valutazione ed una serie di pesi politici. La matrice P, chiamata anche matrice progetto-effetto, ha elementi p che sono una misura della qualità dell'alternativa i-esima rispetto al criterio j, cioè l'effetto dell'alternativa i valutata nei confronti del criterio j (fig. 1).

$$P = \begin{array}{|c|} \hline P_{11} \quad P_{12} \quad \dots \quad P_{1j} \\ \hline P_{21} \quad P_{22} \quad \dots \quad P_{2j} \\ \hline \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ \hline P_{i1} \quad P_{i2} \quad \dots \quad P_{ij} \\ \hline \end{array}$$

Fig. 1

Per trarre conclusioni operative da questa matrice si applica l'analisi di frequenza. Sulla matrice di valutazione degli effetti gli elementi vengono distinti in tre categorie d'impatto (impatto di notevole rilevanza, di media rilevanza ed impatto scarsamente rilevante).

Analogamente anche i pesi attribuiti ai criteri saranno classificati in importanti e non. Classificando le alternative rispetto le combinate impatto-peso avute mediante questa analisi si evidenziano le alternative forti rispetto quelle più deboli.

Salvo rare eccezioni, un prodotto che precorre i tempi e viene inserito in un contesto non ancora pronto, pregiudica le sue *chances* performative sul mercato.

Nel tentativo di intuire la prospettiva in cui i prodotti, progettati ad *hoc*, andranno ad inserirsi, diviene necessaria una più stretta collaborazione ed una maggiore comprensione tra l'azienda, il progettista e i vari sottoinsiemi dell'ambito in cui si opera, quali il mercato, i fornitori, le normative, ecc.

Per pianificare le variazioni da adottare mediante le innovazioni, può essere opportuno, come suggerisce Businaro¹⁰, trarre le informazioni da una matrice che rappresenti i rapporti tra azienda ed ambiente esterno, in sostanza percepire nei cambiamenti dei coefficienti i mutevoli rapporti domanda-offerta. Non solo il sistema prodotto-mercato, ma anche il sistema produttivo stesso diventa più compatto, integrato. Questa interdipendenza, che rende la progettazione e la gestione del processo produttivo ancora più difficile, deriva da varie cause.

Il risparmio energetico, ad esempio, implica un riassetto dei processi produttivi nel tentativo di recuperare energie disperse; la conservazione ambientale tende a recuperare e riciclare i materiali. L'aggiornamento del prodotto richiede una costanza di valutazioni che, nel breve periodo, si evidenzia a più riprese.

Lo strumento previsionale più noto è la "curva di vita del prodotto"¹¹ caratterizzato dalle fasi introduzione, sviluppo, maturità e declino, e da una curva di sviluppo ad S, i cui punti di flesso individuano il grado di sviluppo delle vendite e di diffusione del prodotto.

Negli anni recenti, la curva di vita dei prodotti e dei servizi è diventata di norma più "corta", sia per via del comportamento più dinamico della domanda, sia per il tasso più elevato di innovazione "radicale" piuttosto che "evolutiva" mostrato dalla produzione. La natura della concorrenza muta nelle diverse fasi del ciclo ma nella fase del declino si verifica l'introduzione di prodotti completamente sostitutivi.

¹⁰ Cfr. U.L. Businaro, *Lo sviluppo dei prodotti*, Etas, Milano 1983.

¹¹ Secondo A. Morello, nonostante tutte le critiche che nel tempo ha subito, la curva di vita del prodotto resta un modello di grande utilità nello studio dello sviluppo dei prodotti e dei servizi, anche in virtù della sua intuitiva analogia con la vita biologica.

La "curva di vita del prodotto nella progettazione continua" rispetto quella classica precedentemente descritta, varia nella fase di maturità e declino; infatti la presenza di andamenti asintotici sugli assi la differenzia e contemporaneamente evidenzia momenti di declino alternati a picchi in ascesa ottenuti da interventi rispondenti a innovazioni evolutive sul prodotto.

È importante non arrivare impreparati a questo momento, anzi è opportuno anticipare i tempi grazie alla progettazione continua ed alle innovazioni evolutive per mantenersi costantemente nella fase di maturità.

È possibile a questo punto stabilire come il ciclo di sviluppo dei progetti per prodotti, è caratterizzato da due variabili: la variabile del tempo, posizionata sull'asse delle ascisse, e la variabile del valore del prodotto, sull'asse delle ordinate.

Il valore del prodotto solitamente viene interpretato univocamente in base alle vendite del prodotto stesso. Con la progettazione continua, l'andamento del ciclo di vita del prodotto muta in relazione al diverso concetto di valore attribuibile ad un oggetto.

Il valore del prodotto quindi non è determinato strettamente in base alle vendite o alla capacità di soddisfare i bisogno-desideri, ma in base alla capacità di sapersi innovare.

Infatti, una volta raggiunta la fase di maturità, a decretare la vita del prodotto saranno quelle strategie legate ai principi di innovazione evolutiva, e a contrastare gli elementi che ne determinerebbero la fine precoce.

Il "significato" del prodotto non dipende esclusivamente dalla sua qualità, ma soprattutto dagli attributi che lo caratterizzano.

I benefici di cui gode chi utilizza l'oggetto e chi lo produce sono di natura multidimensionale, cioè quantitativi e qualitativi al tempo stesso.¹²

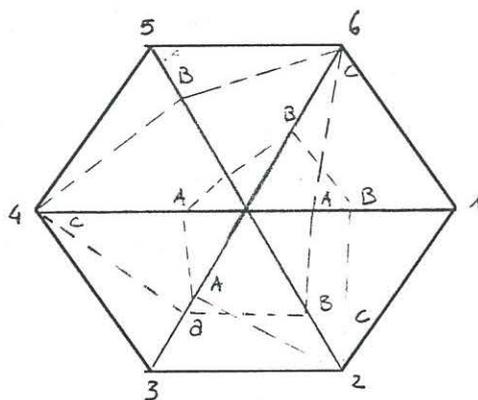
Ciò implica che un prodotto può essere valutato mediante un approccio multiattributo,¹³ e in prima istanza mediante il suo valore a livello socio-economico. Nell'esempio descrittivo dell'esagono multiattributo, sono riportati a titolo esemplificativo i seguenti valori:

¹² Per una lettura più approfondita sull'argomento si rimanda ai seguenti testi: F. Carnagnola, *I luoghi della qualità*, Ed. Domus academy, Milano 1991 - A. Galgano, *La qualità Totale*, Ed. Il sole 24 ore, Milano 1991 - T. Maldonado, *Disegno industriale: un riesame*, Feltrinelli, Milano 1992 - Pirsig, *Lo zen e l'arte della manutenzione della motocicletta*, Adelphi, Milano 1991.

¹³ L. F. Girard (a cura di), *Conservazione e sviluppo, la valutazione nella pianificazione fisica*, F. Angeli, Milano 1989.

aggiornamento semantico, aggiornamento tecnologico, tipo di materiale qualità, costi, compatibilità ambientale.

Questa prima analisi viene visualizzata graficamente (fig. 4) con un poligono, rappresentante il valore massimo ottenibile per ciascun attributo inteso come innovazione, sui cui assi verranno riportate le valutazioni formulabili per ogni attributo, cioè: a) privo di valore, b) valore medio, c) estremo valore.



Esagono Multiattributo

1. aggiornamento semantico
2. aggiornamento tecnologico
3. tipo di materiale
4. qualità
5. costi
6. compatibilità ambientale

fig. 4

Se l'esagono rappresenta il valore massimo, la linea congiungente i valori rappresenta i valori "reali". Per stabilire la successione delle evoluzioni da attuare gradualmente nel tempo è opportuno sovrapporre tali risultati con le priorità di intervento individuate dall'azienda. Infatti mediante l'approccio multiattributo, oltre ad avere presente il livello di innovazione del prodotto, il progettista, congiuntamente all'impresa, ha uno strumento che gli permette di individuare le componenti dell'oggetto da modificare e su cui ricercare e investire.

L'elemento essenziale di questi ultimi anni è la ricerca, delle aziende produttrici, di una forte qualità che viene espressa attraverso la ricerca di soluzioni che offrono un prodotto sempre più perfezionato sotto l'aspetto formale e funzionale.

Oggetti che si distinguono per l'attenta selezione delle materie prime e delle tecniche di lavorazione, curate nei particolari ed in grado di proporre una grande varietà di materiali, soluzioni esclusive e raffinate finiture.

Questa ricerca sulla qualità si impone anche sulle doti di duttilità, che permettono di soddisfare le esigenze più precise di un pubblico abituato a scegliere in una gamma notevolmente vasta ed a richiedere prodotti differenziati, progettati su misura.

Un esempio di impegno in questo senso, può consistere nell'operare moderati investimenti, concretizzando l'impegno tecnologico richiesto, con l'introduzione massiccia di impianti flessibili e con l'uso intelligente dell'informatica per rispondere con tempestività e precisione alle richieste del pubblico.

Uno degli sviluppi più interessanti delle tecniche di valutazione del ciclo di vita per i prodotti industriali, consiste nell'adozione di procedure di simulazione dei cicli di sostituzione delle componenti tecnologiche applicati nell'edilizia attraverso tecniche di previsione statistica. Questa modalità consente un approccio alternativo a quello descritto precedentemente, nella valutazione dei costi e delle possibilità che un prodotto ha per essere rigenerato". La struttura concettuale del metodo consiste nella considerazione che i cicli di rinnovo e di sostituzione degli impianti possono essere previsti.¹⁴

L'efficienza del prodotto viene così valutata attraverso la misurazione e la comparazione della lunghezza dei cicli di riparazione e di sostituzione previsti.

In questa ottica possono essere sviluppati modelli di simulazione dei cicli di sostituzione con lo scopo di valutare il loro allungamento dovuto a determinate azioni di "rigenerazione". Ogni decisione sulla programmazione degli investimenti da effettuare durante il ciclo di vita viene così ad essere supportata da un modello di valutazione dell'efficienza del sistema dei prodotti, efficienza che potrà essere ottenuta in conseguenza dell'intervento ipotizzato.

Il metodo permette inoltre di ricavare valutazioni sull'ottimizzazione delle procedure di manutenzione necessarie durante il ciclo di vita, per un significativo abbassamento dei costi di sostituzione, in modo tale che la somma dei costi di manutenzione e di quelli di sostituzione risulti la minima possibile.

Evidentemente per l'implementazione di questi modelli teorici su prodotti reali devono essere sviluppati studi sulle condizioni fisiche e funzionali, i quali raggiungono livelli ac-

¹⁴ Sull'argomento cfr. G. Daniri, *L'analisi del valore*, Genova, 1985. e R. BON, *Replacement simulation model (RSM): a framework for policy decisions*, Department of Architecture, MIT, april 1984, BosLon, p. 2.

cettabili di approssimazione dopo periodi significativi di acquisizione dei dati storici sul loro funzionamento e sulle caratteristiche di ogni elemento tecnico componente.¹⁵

La griglia concettuale del *life cycle costing* può offrire un approccio complessivo nella valutazione di tutti i costi che si verificano durante il periodo predeterminato di un prodotto; allo stesso modo offre una giusta comparazione su base quantitativa fra diverse opzioni progettuali all'interno del medesimo processo attuativo. A fronte di costi prestabiliti dovrebbe essere elaborata dal progettista una lista dei benefici prevedibili, materiali e funzionali, affinché possa confrontare le diverse opzioni ed evidenziare la soluzione più appropriata a quello specifico contesto di obiettivi di progetto.

Uno dei più rilevanti ostacoli all'applicazione della griglia concettuale è rappresentato dall'oggettiva difficoltà a elaborare modelli di costo in grado di fornire risultati affidabili; in generale si può affermare che questa limitazione non sia dovuta alla necessità di elaborare sofisticati modelli matematici o di utilizzare costosi supporti informatici, quanto piuttosto sia causata dalla scarsa significatività delle informazioni che sono rese disponibili in entrata.

La metodologia che si utilizza per rilevare ed archiviare i dati economici sul ciclo di vita di un prodotto (procedendo sempre per analogia) può supportare efficacemente le valutazioni tecniche ed economiche che servono per la realizzazione di programmi di innovazione "evolutiva". Perché ciò sia reso possibile occorre individuare con chiarezza quale sia il livello di dettaglio che le informazioni devono possedere, e inoltre determinare le caratteristiche temporali del rilevamento (tempi di intervallo e lassi di tempo osservati).

Poiché l'efficienza di un prodotto nel suo ciclo di vita viene valutata attraverso i due parametri relativi alle prestazioni e ai costi ad esse afferenti, è possibile rappresentarne il comportamento teorico nel tempo attraverso due curve che avranno rispettivamente un andamento decrescente per prestazioni (Fig. 5) e un andamento crescente per i costi relativi (Fig. 6). Secondo questa schematizzazione è possibile ipotizzare che l'andamento della curva "x" relativa alle prestazioni sia soggetto a modificazioni indotte nel tempo secondo tre diverse modalità.

¹⁵ Sull'argomento cfr. R. Pietroforte, *Maintenance planning and management of the public facilities*, City of Lowell, Dept. of Public Works, Lowell, 1987. e F.J. Bromilow, *Life cycle costing of building and services*, in *Proceedings of AIRAH TECH-85 Conference*, Melbourne, 15-18 April 1985, p. 8.

Il primo caso riguarda la possibilità che la curva " x_1 " segua un andamento del tempo sostanzialmente analogo alla curva primitiva, ma partendo da un livello iniziale delle prestazioni più elevato. Questo si verifica ad esempio quando, in fase di progettazione, viene valutata la necessità di adottare una soluzione tecnologica che assicuri un livello di comfort maggiore.

Nel secondo caso la curva x_2 può subire un decremento della tendenza negativa tale da "allungare" nel tempo la curva di obsolescenza dei livelli prestazionali. Questa modalità viene realizzata nel progetto attraverso l'utilizzazione di materiali o componenti con caratteristiche di maggiore durabilità.

Infine, nella terza ipotesi, la curva x_3 viene modificata attraverso azioni indotte a posteriori, durante la fase di vita utile del prodotto, tendenti al ripristino (*service*) dei livelli di prestazioni iniziali.

Analoghe considerazioni possono essere svolte relativamente ai costi generali, dove la curva y può essere corretta, ad esempio in fase di progettazione, adottando soluzioni *energy saving* che permettono consumi minori lungo tutto il corso di vita utile, curva y_1 , oppure adattando soluzioni con caratteristiche di maggiore durabilità funzionale in grado di mantenere più a lungo l'efficienza di funzionamento iniziale, curva y_2 , infine agendo in fase di gestione con interventi di rifunzionalizzazione che riportino i costi di manutenzione verso i livelli iniziali curva y_3 .

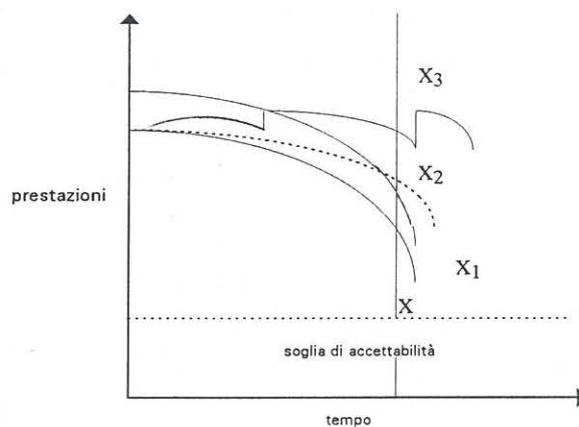


fig. 5 - Curva di obsolescenza dei livelli delle prestazioni

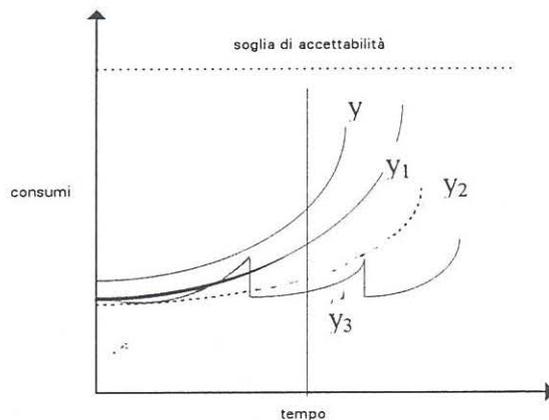


fig. 6 - Curva di obsolescenza dei livelli dei costi relativi

Secondo queste ipotesi la schematizzazione dell'andamento decrescente delle prestazioni nell'intero ciclo di vita di un prodotto qualifica lungo l'asse del tempo una serie di azioni di manutenzione come operazioni tendenti a ripristinare, in tutto o in parte, il livello delle prestazioni espresse nel momento iniziale della utilizzazione.¹⁶

Posta lungo l'asse delle prestazioni una soglia di accettabilità relativamente al sistema di requisiti vigente, quando la curva delle prestazioni scende al di sotto di tale soglia si impone un intervento con caratteristiche di straordinarietà, classificabile come intervento di "rigenerazione" (Fig. 7).

Nello sviluppo di questa trattazione vengono considerati fattori di incremento della efficienza del sistema dei prodotti in generale, le azioni di "ottimizzazione della gestione dei prodotti" e di "programmazione e gestione della manutenzione"; è possibile allora prefigurare in quali modi tali azioni influenzano l'andamento delle curve delle prestazioni e dei costi che ne misurano il livello di efficienza.

Per questo fine è necessaria una definizione dei sistemi di requisiti sulla base dei quali devono essere determinate le prestazioni di un prodotto nel suo ciclo di vita, che sia finalizzata specificamente alle funzioni della gestione e della manutenzione; inoltre è necessario introdurre e sviluppare strumentazioni metodologiche e tecnologie specifiche della ge-

¹⁶ Cfr. CIB, *Working with the performance approach in building*, CIB Report Publication, Rotterdam 1974, cit., pp. 20-21

stione e manutenzione la cui utilizzazione possa influenzare l'andamento delle curve definite.

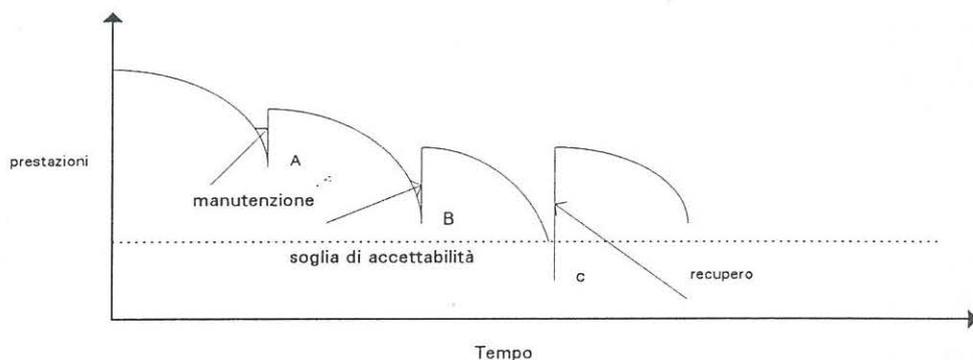


fig. 7 - Influenza della rigenerazione e del recupero sulla curva delle prestazioni

Seguendo i criteri sopra esposti le attività di *gestione* programmata dei prodotti sono in grado di produrre modificazioni sulla curva delle prestazioni lungo il ciclo di vita utile del prodotto, a fronte di un eventuale maggior costo di tecnologie e di intervento durante la fruizione dello stesso, secondo alcune modalità.

La prima modalità è relativa all'innalzamento iniziale della curva delle prestazioni, che consente di ottimizzare la funzionalità del prodotto fino dalla fase di avviamento della costruzione e con continuità lungo la sua conduzione; allungare la curva decrescente delle prestazioni, poiché la garanzia di un corretto funzionamento dei componenti assicura loro una vita utile più durevole; inoltre indurre un abbassamento iniziale della curva ascendente dei costi, controllando con continuità tutti gli elementi che richiedono consumi e programmando tutte le attività- funzionamento del prodotto; allungare infine nel tempo la curva ascendente dei costi, attraverso il controllo programmato dell'efficienza dei sistemi.

Per proprio conto le attività di programmazione e gestione della *manutenzione* inducono sulle curve effetti altrettanto significativi, potendo: spezzare la curva discendente delle prestazioni, con azioni frequenti e di limitata portata tendenti a ripristinare singole prestazioni del prodotto; allungare la curva discendente delle prestazioni, con le attività di manutenzione di *routine*, quali ad esempio pulizia, lubrificazione etc; spezzare la curva

ascendente dei costi, poiché ogni azione manutentiva eseguita su elementi che consumano energia comporta una messa a punto e una rifunzionalizzazione degli elementi stessi; allungare la curva ascendente dei costi di funzionamento assicurando più durevole funzionalità agli elementi della costruzione.

Nella figura 8 vengono schematizzate le relazioni descritte, che legano le attività di programmazione e gestione della manutenzione e di gestione ottimizzata dei prodotti all'andamento delle curve delle prestazioni e dei costi relativi.

L'utilizzazione di nuove tecnologie nei prodotti esercita un'azione diretta sulla curva delle prestazioni introducendo nuove prestazioni che ne modificano sostanzialmente il modo di funzionamento, ma, soprattutto, supportando l'ottimizzazione della gestione e la programmazione della manutenzione delle specie di prodotti. In questo senso è possibile affermare che le nuove tecnologie sono in grado di modificare sostanzialmente l'andamento dell'efficienza del sistema dei prodotti lungo il suo ciclo di vita.

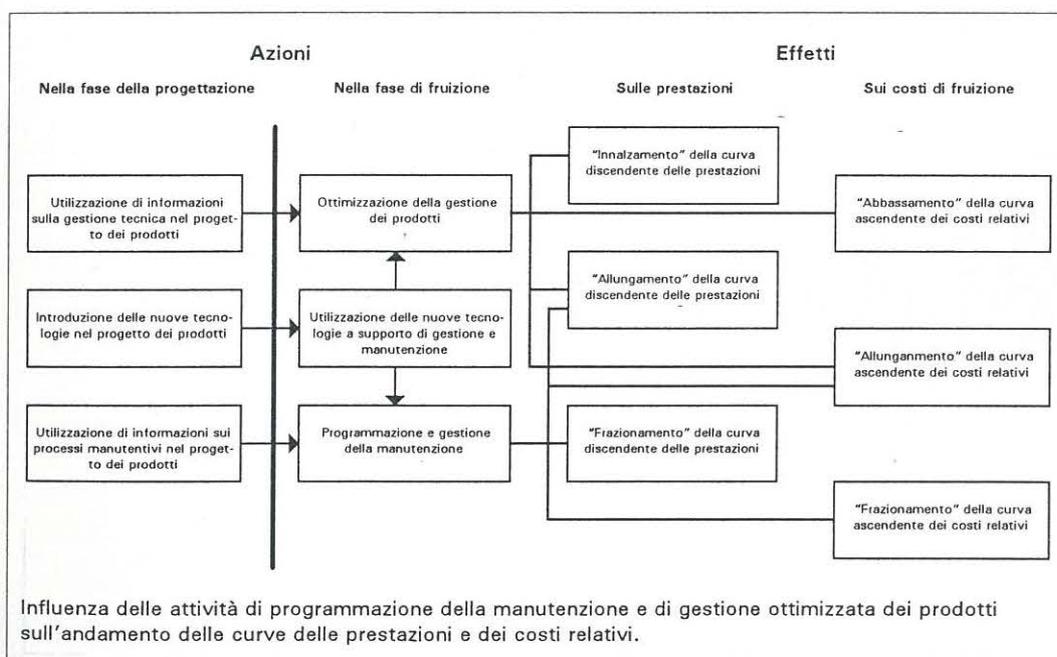


fig. 8

È possibile, per analogia, ipotizzare il processo del ciclo di vita di un prodotto seguendo l'ipotesi sul comportamento teorico dell'efficienza del prodotto riprodotta nel grafico

della figura 9, dove viene evidenziata la modificazione dell'andamento della curva delle prestazioni sull'intero ciclo di vita del prodotto mediante l'allungamento nel tempo della curva discendente, che viene determinata sia dalla ottimizzazione della gestione, sia dalla programmazione della manutenzione dei prodotti.

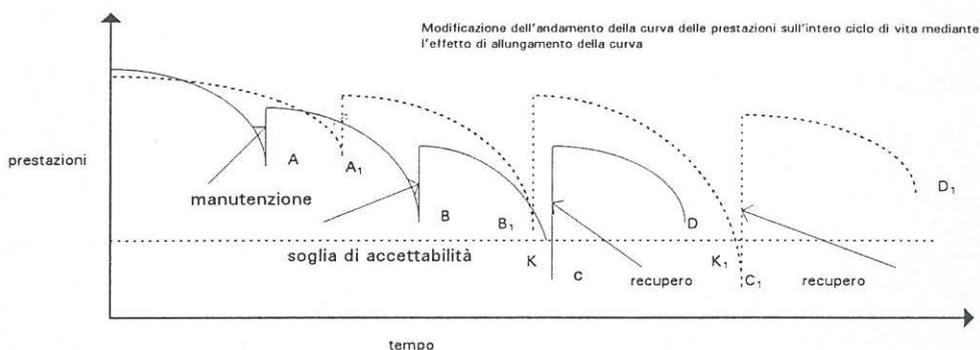


fig. 9

Infine nel diagramma della figura 10 viene sommata la prima azione con l'azione di frazionamento della curva discendente, determinata dalla programmazione delle attività *manutentive continue*.

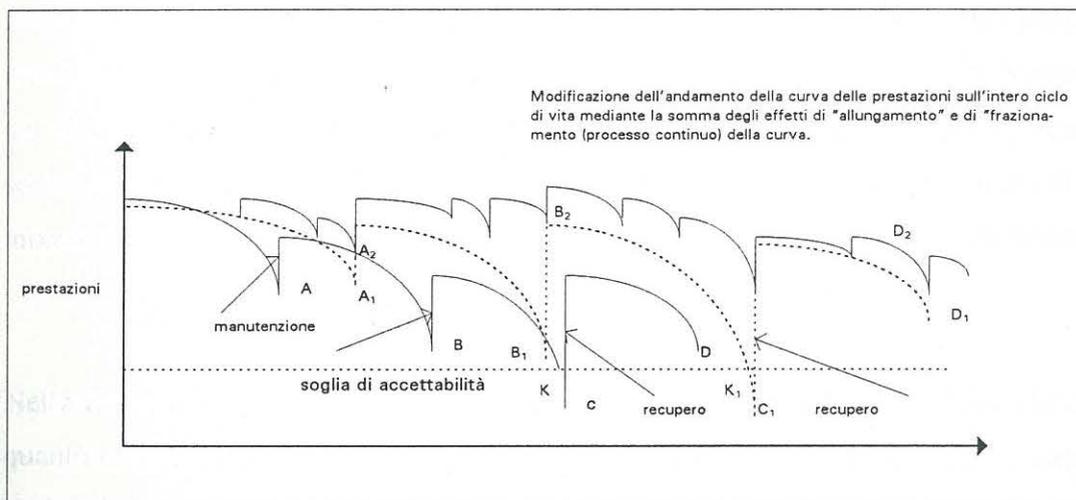


fig. 10

In questa modellizzazione il presupposto iniziale è che l'innalzamento della curva delle prestazioni determinata dalla gestione ottimizzata sia già stato previsto in fase di proget-

tazione e quindi venga considerato il livello complessivo di prestazioni stabilito al momento dell'avviamento della fase di fruibilità del prodotto.

Un analogo comportamento teorico può essere ipotizzato relativamente all'andamento della curva dei costi relativi sull'intero ciclo di vita. Allo stesso modo il maggior costo che l'adozione di tecnologie di supporto alla gestione e manutenzione comporta nella realizzazione del prodotto viene considerato inglobato nel costo di investimento iniziale del bene realizzato, che deve essere valutato in sede di progetto per verificare il positivo bilancio fra costi sostenuti e benefici indotti nel tempo.

Nel processo di progettazione le nuove tecnologie basate sui sistemi di supporto alle decisioni permettono di migliorare i metodi di informazione e di comunicazione fra gli operatori coinvolti in tutte le fasi di definizione del progetto, incrementando il livello di precisione delle previsioni sul ciclo di vita. Le nuove tecnologie di informatica e di telecomunicazioni permettono inoltre una maggiore integrazione della progettazione collegando ogni fase del processo e rendendo immediatamente utilizzabili le informazioni necessarie, disponibili su basi dati, attraverso ricerche automatiche.

Le esigenze di controllo sui costi nel ciclo di vita che sono state evidenziate in questo paragrafo possono essere efficacemente soddisfatte dall'utilizzazione, attraverso collegamenti remoti, di banche dati di supporto alla progettazione tecnologica e alla programmazione finanziaria ed economica. Le tecniche di valutazione preventiva delle prestazioni nel ciclo di vita consentono di prevenire situazioni di degrado non controllabili, attraverso la condivisione delle informazioni di manutenzione preventiva e permettono di ottimizzare la programmazione dei cicli manutentivi durante le fasi di fruizione del prodotto.

I prodotti in serie variata e traslata

Nell'attuale realtà produttiva, caratterizzata da una continua espansione delle merci per quantità, modelli e mercati, si tende a sottovalutare il fatto che a ogni prodotto sono associate informazioni oggettive sulla sua consistenza, sulle sue prestazioni e sulla sua gestione.

Queste informazioni che riguardano la "realtà oggettiva" del prodotto sono state sostituite da una comunicazione di tipo "virtuale", fatta di spot e di immagini pubblicitarie dove l'oggetto connota valori ed evoca intenzioni che si sovrappongono alla sua reale natu-

ra. A questa tendenza si oppone una sempre più insistente richiesta da parte del consumatore di informazioni concrete che consentano di valutare e di scegliere un prodotto per le sue "reali" prestazioni. All'interno di questa dialettica, dove agli estremi troviamo le intenzioni dei produttori e le richieste dei consumatori, il ruolo del design sarà sempre più orientato ad affrontare progettualmente l'interno contesto in cui l'oggetto si va a collocare, dalla produzione alla vendita.

In quest'ottica è quindi importante mettere a punto una modalità che consenta di affrontare progettualmente uno degli aspetti costituenti la struttura del design.

In questo senso è possibile fare riferimento a quattro linee di intervento lungo le quali muoversi nel processo di definizione, produzione e distribuzione del prodotto.

La prima linea si riferisce al *progetto del prodotto*: in tale ambito si studia in modo analitico il repertorio di prodotti di un'azienda, per fare emergere delle linee di tendenza che, per una serie di fatti spesso non coordinati fra loro, hanno comunque determinato la presenza dell'azienda nel quadro delle produzioni possibili di tipologie di oggetti. L'obiettivo è quello di indicare quelle tipologie di prodotti che consentono all'azienda di completare o di coordinare fra loro le tipologie e i modelli di prodotti esistenti, secondo una precisa logica di sviluppo.

La seconda è riferita al *progetto della produzione*: comporta l'individuazione dei riferimenti linguistici che andranno a costituire il progetto di un nuovo prodotto. Si tratta cioè di indicare le caratteristiche costitutive, strutturali e funzionali di un nuovo prodotto, verificandone la possibilità di collaborazione o di accorpamento con prodotti a esso vicini nella sequenza delle operazioni e inserendo queste indicazioni in una tendenza evolutiva che quella tipologia ha storicamente acquisito. La terza si occupa del *progetto della vendita*: in questo ambito si mira a trasformare il patrimonio culturale in strumento per la presentazione del prodotto al rivenditore e al consumatore; si aumenta così la capacità di comunicazione del prodotto fino a presentare la filosofia produttiva dell'azienda. Progettare la vendita significa, in primo luogo, definire e organizzare la comunicazione fra il punto vendita e la produzione.

Infine il progetto di consumo. All'interno di questo approccio globale al design, non può essere trascurata la questione dei rapporti fra il punto vendita e il consumatore. Il punto vendita viene concepito nella prospettiva visuale del consumatore, come punto di acqui-

sto, attraverso l'individuazione dei desideri, e non solo delle necessità del consumatore. Il negozio pertanto si struttura per essere un riferimento complessivo per le richieste del cliente, in merito a una problematica generale (il cucinare, il dormire, il tempo libero, etc.).

In seguito a quanto sopra esposto è possibile suddividere la pratica del design in due ambiti generali: la definizione e realizzazione del prodotto e la collocazione del prodotto sul mercato.

Quando un nuovo prodotto viene progettato e realizzato il fine a cui si mira è di offrire una vasta gamma di varietà possibili di buon design, con costi accessibili alle diverse fasce di mercato.

Se per l'assemblatore un'ampia versatilità di prodotti significa altrettanta versatilità di scorte, con oneri notevoli, per il produttore offrire un prodotto personalizzato è molto meno costoso. È indispensabile però, per un contenuto numero di semilavorati, partire da elementi base, trasformabili successivamente per essere adeguati e personalizzati.

Il problema fondamentale rimane comunque quello di creare un "sistema" di base su cui poter intervenire liberamente. Il prodotto in generale, visto secondo l'ottica dell'industria, può essere suddiviso in due parti fondamentali: la parte invariabile, che comprende circa il 95% del prodotto, e la parte variabile a cui rimane il 5%. Questi dati stanno ad evidenziare un fattore molto importante, e cioè che pur essendoci una parte fissa, a cui l'azienda ha dato un valore di 95% e che rappresenta tutta quella serie di elementi su cui il mercato non ha via libera, vi è un 5% che contiene un gruppo di elementi che danno origine ad un'ampia gamma di possibilità tali da coprire il mercato.

Gli elementi contenuti in questo gruppo possono essere immaginati raccolti in una scheda in cui accanto al nome dell'elemento compare il valore, in tema di bisogno, esplicitato nella fase di acquisto.

Pur non avendo specificato tutti gli elementi variabili, è facile intuire che immaginando lo schema, dalla parte della domanda, la parte variabile rappresenterà il 95% del prodotto.

Detto in altre parole, la varietà qui presentata e descritta viene definita traslata, poiché il produttore lascia alla domanda la libertà, controllata entro limiti prestabiliti, di crearsi i propri prodotti, che uniti alle altre molteplici configurazioni va a definire una serie variata, di uno stesso modello.

Il prodotto in "serie variata" è caratterizzato da una produzione industriale ad alta flessibilità, tale cioè da permettere di realizzare in serie prodotti relativamente diversi.

I prodotti che emergono possono apparire diversi, ma di una diversità compatibile con l'apertura del sistema. La progettazione in questo caso, si configura come un processo strutturato in due: progettazione del sistema di base, e progettazione del singolo modello, che dovrà operare entro i limiti posti dal sistema di base.

Oggi l'oggetto può essere variato pur essendo prodotto in serie, anche se la sua varietà è apparente, in quanto l'uniformità delle soluzioni progettuali fondamentali, dell'insieme dei materiali, delle procedure e dei sistemi produttivi, danno inevitabilmente ai prodotti caratteristiche comuni così evidenti da renderli variati ma simili, diversi ma uniformi. Nonostante le novità si susseguano rapidamente, e le varietà introdotte siano sempre più frequenti, si ha l'impressione di non vedere mai nulla di nuovo.

Dall'analisi fin qui svolta il punto vendita si trasforma quindi in centro di servizi. Il tema della varietà viene dunque continuamente riproposto, mettendo in discussione il suo significato tradizionale, "varietà: la qualità di ciò che è vario, sia di più cose che sono diverse tra loro, sia di una cosa singola, in quanto sia diversa negli elementi che la compongono".

La prima impressione che si ha guardandosi intorno è quella di essere circondati da una varietà di prodotti a cui non corrisponde una reale differenza di significato di prodotti. Si constata un'apparente massificazione della varietà, paradossalmente un'uniformità che nasce dal proliferare delle diversità.

L'osservazione più approfondita invece ha messo in luce la necessità non solo di ridiscutere il significato, ma anche il modo in cui la varietà viene proposta e percepita dai fruitori: all'interno di ogni gruppo di individui esistono infatti dei vincoli legati a leggi o ad ordinamenti comuni, oltre a vincoli gerarchici, economici, ideologici, etc., esistono vincoli legati a interessi o opinioni. Nel momento in cui i vincoli vengono accettati e concordati dagli individui -in modo talvolta implicito-, si creano delle convenzioni, che stanno alla base delle scelte di ognuno.

La varietà viene richiesta da tutti i fruitori, in maniera più o meno evidente, ed è frutto del bisogno di personalizzazione e di individuazione che è insito in ognuno di noi, ma si sviluppa, comunque, all'interno di tali convenzioni.

In quest'ottica la varietà acquista significato, viene percepita come differenza, letta come codice linguistico che si stacca da tutti gli altri.

Oggi ciò che dà significato agli oggetti non è più la "materia", ma è il codice linguistico che l'oggetto esplica. Abbiamo visto che la progettazione di un prodotto è metodologicamente vicina alla progettazione di un qualunque manufatto edilizio ed è caratterizzata da una sequenza di analoghe fasi interconnesse; abbiamo infatti la programmazione, il design, la realizzazione e la gestione del prodotto. Le suddette fasi dell'organizzazione di uno specifico prodotto sono molto spesso implicite o così strettamente interconnesse da risultare meno evidenti e di immediata lettura.

I progettisti, nel sviluppare un *brief* di prodotto, esprimono la loro personale interpretazione sul prodotto facendo quindi emergere dei filoni di tendenza.

Un primo filone sviluppa le potenzialità della configurazione del prodotto secondo repertori complessi che individuano specifiche aggregazioni di elementi oggetti in risposta alle necessità funzionali. Un altro gruppo di soluzioni tende a dare risposta volta per volta ad una specifica idea di prodotto ripensando i gesti ed i modi d'uso che tradizionalmente si concentrano su di essi: abbiamo, per esempio, soluzioni di prodotti legate a scelte ergonomiche, di sicurezza, funzionalità, etc.



OBIETTIVI DEL CORSO

La limitata conoscenza e diffusione delle tecniche progettuali in ambiente qualità totale impedisce efficacia nelle azioni per la definizione di un prodotto con alte caratteristiche prestazionali.

La progettazione è il primo momento decisivo per la qualità del prodotto e dell'azienda pertanto assume un'importanza prioritaria, anche perché è

essenziale che i nuovi prodotti vengano sviluppati con successo e in tempi brevi. Il corso, intende presentare un approccio globale ed integrato alle attività di svilup-

po prodotti, sia analizzandone le implicazioni strategiche che fornendo una panoramica dei principali concetti, metodologie e tecniche utilizzabili. Nel corso vengono anche illustrate le logiche di introduzione in azienda di programmi quali: Forward Engineering, Quality Function Deployment, Design Review, Design for Assembling e Design for Disassembling.

Vengono inoltre insegnati i concetti riguardanti la corretta applicazione delle fasi di sviluppo dei prodotti per l'ottimizzazione dei processi industriali e per garantire la totale compatibilità ambientale.

ELENCO DEI DOCENTI E DEI RELATORI

dott. arch. Alessandro Alessandri Politecnico di Milano dip. P.P.P.E.
dott. arch. Davide Bruno Politecnico di Milano dip. P.P.P.E.
dott. ing. Andrea Calvi Calvi tecnologie S.r.l.
dott. ing. Nando Campriani Vice presidente IMQ Milano
dott. arch. Antonio D'andrea Quality Manager Industrie Electrolux
dott. ing. Rodolfo De Dominicis Presidente Vector International
dott. arch. Maria Antonietta Esposito Ricercatore Università degli studi Firenze
dott. ing. Alberto Galgano Presidente Gruppo Galgano
prof. arch. Tomás Maldonado Politecnico di Milano dip. P.P.P.E.
dott. arch. Raffaella Mangiarotti Politecnico di Milano dip. P.P.P.E.
prof. ing. arch. Ezio Manzini Vice Presidente Domus Academy, dip. P.P.P.E.
dott. ing. Angelo Maspero Industrie Fortice
dott. ing. Maurizio Montagna Consulente Gruppo Galgano
prof. ing. Augusto Morello Presidente ADI
dott. ing. Giorgio Oggero Responsabile Qualità Industrie PiniFarina
dott. ing. Enzo Pagliarulo Direzione Tecnica Fiat Auto
dott. ing. Domenico Palmieri Presidente Associazione Italiana Produzione
dott. arch. Stefania Palmieri Politecnico di Milano dip. P.P.P.E.
dott. arch. Manuela Perugia Politecnico di Milano dip. P.P.P.E.
dott. ing. Marco Poma Responsabile Tecnologie Ambientali Whirpool Corporation
dott. Giorgio Potenza Director of Process Technology S.G.S. Thomson Microelectronic
prof. arch. Alberto Scassaro Politecnico di Milano dip. P.P.P.E.
prof. arch. Francesco Trabucco Politecnico di Milano dip. P.P.P.E.
prof. arch. Marco Zanuso dip. P.P.P.E.-Progettista
dott. ing. Francesco Zucchelli Consulente Senior Gruppo Galgano

Qualità Totale e Qualità Ambientale

metodi e tecniche di progettazione per il prodotto industriale

Direttore:
prof. arch. Francesco Trabucco
Coordinatore scientifico:
dott. arch. Davide Bruno
Collaboratori:
Andrea Alloni
Nausicaa Campili
Carloluca Gariboldi

PROGRAMMA

- Martedì 6 giugno, Aula IV B, ore 9,30

Moderatore Davide Bruno

Tema della giornata: **Qualità Totale e sviluppo dei nuovi prodotti**

Alberto Scassaro Saluto inaugurale
Francesco Trabucco Le ragioni del corso
Alberto Galgano Qualità Totale: un modello globale per gli anni '90
Manuela Perugia Qualità ambientale: scenari futuribili

Aula IV B, ore 14,30

Moderatore Davide Bruno

Domenico Palmieri Innovazione tecnologica e Qualità Totale: strumenti di vantaggio competitivo
Davide Bruno La progettazione continua
Angelo Maspero Qualità Totale ed innovazione
Enzo Pagliarulo Il Systems Engineering nel processo di sviluppo prodotto

- Mercoledì 7 giugno, Aula IV B, ore 9,30

Moderatore Alessandro Alessandri

Tema della giornata: **Approcci innovativi per lo sviluppo di nuovi prodotti**

Antonio D'Andrea Process Management
Francesco Zucchelli La qualità nello sviluppo di nuovi prodotti: Forward Engineering, Quality Function Deployment
Design Review, Carry over e Design for Assembly
Davide Bruno Prototipazione rapida per lo sviluppo dei prodotti
Maurizio Montagna Lo sviluppo dei nuovi prodotti, tecniche statiche e innovative. Design for Experiments e tecniche affidabilistiche. Analisi del valore e tecniche Pert e Gantt

Aula IV B, ore 14,30

Moderatore Alessandro Alessandri

Stefania Palmieri Evoluzione storica
Giorgio Oggero Il caso di una industria automobilistica. Qualità Totale e Lean Production
Giorgio Potenza Simultaneous Engineering, Codesign di progetto, prodotto e processo

- Giovedì 8 giugno, Aula, ore 9,30

Moderatore Manuela Perugia

Tema della giornata: **Metodologie e tecniche**

Davide Bruno Design for Disassembling e Design for Dismantling.
Raffaella Mangiarotti Life Cycle Analysis e Design for Disassembling: strumenti di progetto?
Maria A. Esposito Costituzione di sistemi qualità EN 29000.
Nando Campriani Quality Assurance e certificazione nella progettazione di prodotti industriali.
Andrea Calvi L'organizzazione per il controllo di processo

Aula IV B, ore 14,30

Moderatore Francesco Trabucco

Marco Poma Metodologia strutturata. Design for Disassembling. Il caso di una industria produttrice di elettrodomestici
Rodolfo De Dominicis Qualità nei processi di opere complesse

ore 16,00

Tabola rotonda: **Quale qualità per il futuro**

prof. arch. Francesco Trabucco, prof. ing. arch. Ezio Manzini, prof. arch. Tomás Maldonado, arch. Marco Zanuso,
prof. ing. Augusto Morello