

# Aspetti **ambientali** nella progettazione

Parte II



Affinché i requisiti ambientali diventino fattori di innovazione per uno sviluppo di prodotto sostenibile nel senso più ampio, occorre intervenire con una progettazione integrata e simultanea, che tenga conto di uno spettro sempre più ampio di specifiche e requisiti.

L'intervento progettuale deve essere impostato secondo i principi del Design for Environment (Dfe), e secondo un approccio al ciclo di vita, che si concretizza nel Life Cycle Design (Lcd). Definite le principali fasi del ciclo di vita di un prodotto, esse devono essere prese in considerazione già a partire dalla definizione del problema progettuale e dei requisiti di prodotto, che successivamente verranno tradotti dapprima nel concept del prodotto e poi nella soluzione dettagliata. Solo un'accurata definizione

degli obiettivi ambientali e dei requisiti conseguenti può consentire l'individuazione delle strategie di progetto più adatte. Queste ultime possono essere supportate da diverse tipologie di strumenti, che vanno a completare il sistema flessibile e articolato di strumenti della progettazione per i requisiti di prodotto noto come Design for X (Dfx). Opportunamente inseriti in un processo di sviluppo integrato, che assimila l'approccio al ciclo di vita e le metodologie ad esso correlate, gli strumenti per i requisiti ambientali consentono di supportare il progettista nell'operare le scelte sui parametri di progetto più significativi, incidendo fortemente sulla soluzione finale, e confrontandosi con il vasto sistema degli strumenti orientati ai requisiti convenzionali di prodotto.

Un'impostazione metodologica, basata sull'approccio di ciclo di vita del prodotto, per un intervento progettuale orientato alla salvaguardia ambientale che possa integrarsi efficacemente nel processo di progettazione e sviluppo.

Esempi

e applicazioni

## Un occhio all'ambiente

Nell'approccio al ciclo di vita, le strategie progettuali rivestono un ruolo determinante. Esse consentono di tradurre nella pratica di progetto i requisiti ambientali richiesti al prodotto.

In linea generale, le strategie orientate all'efficienza ambientale del ciclo di vita possono essere definite sulla base di quelli che sono gli aspetti principali dell'impatto di un prodotto con l'ambiente, riconducibile agli scambi con l'ecosfera dei flussi fisico-chimici dei processi tecnologici costituenti il ciclo di vita: consumo delle risorse materiali e saturazione delle discariche; consumo delle risorse energetiche e perdita dei contenuti energetici dei prodotti in dismissione; emissioni complessive dirette e indirette relative all'intero ciclo di vita del prodotto.

Le strategie ambientali orientate alla riduzione di questo ampio spettro di impatti sono numerose. Esse possono differenziarsi in base alla fase del ciclo di vita su cui si prefiggono di intervenire.

Facendo riferimento ai già citati aspetti principali dell'impatto di un prodotto con l'ambiente, è evidente come un intervento progettuale che vuole tener conto del comportamento del prodotto nel ciclo di vita in termini ambientali, in linea generale deve prefiggersi di ricercare l'ottimizzazione della distribuzione dei flussi di risorse, rifiuti ed emissioni, cioè le condizioni favorevoli per ottenere: la riduzione dei volumi dei materiali utilizzati e l'estensione della loro vita; la chiusura dei cicli di flusso delle risorse mediante interventi di recupero; la minimizzazione delle emissioni e del consumo di energia, in produzione, utilizzo, dismissione.

Per realizzare pienamente queste condizioni occorre intervenire nei due ambiti differenti della progettazione di prodotto e della progettazione di processo. In questa sede ci si rivolge al primo dei due aspetti, intendendo il prodotto come sistema di componenti materici progettati in modo da costituire un sistema funzionale che soddisfa determinati requisiti richiesti. Questa è la dimensione dell'entità-prodotto direttamente connessa alle scelte operate nelle fasi specificamente progettuali del processo di sviluppo (Conceptual, Embodiment, Detail Design), i cui parametri sono riconducibili proprio alla dimensione fisica del prodotto: materiali, forme e dimensioni dei componenti, architettura del sistema, interconnessioni e giunzioni.

Tale dimensione fisica dell'entità-prodotto nel suo

ciclo di vita è espressa dai flussi delle risorse materiali. Focalizzando dunque l'attenzione su tali flussi materiali, il miglioramento della prestazione ambientale di un prodotto nel suo ciclo di vita può essere conseguita mediante l'applicazione di due tipologie principali di strategie: strategie di ottimizzazione della vita di utilizzo (Useful Life Optimization Strategies), che consentono di valorizzare l'utilizzo dei materiali e di tutte le altre risorse impiegate nella realizzazione del prodotto (manutenzione, riparazione, aggiornamento, adattamento del prodotto); strategie di recupero a fine vita di utilizzo (End-of-Life Strategies), che consentono di chiudere il ciclo dei materiali e di recuperare almeno in parte risorse impiegate nella realizzazione del prodotto (riutilizzo dei sistemi e dei componenti, riciclo dei materiali nel ciclo produttivo primario o in cicli esterni).

## Strategie ambientali nel processo progettuale

Le strategie ambientali per il miglioramento del ciclo di vita del prodotto appena introdotte, nella pratica possono essere ricondotte a vere e proprie strategie progettuali, cioè accorgimenti che consentono di guidare il progettista nelle scelte che devono essere operate ai diversi livelli di sviluppo del progetto. La tabella 1 riassume proprio gli accorgimenti progettuali in tal senso più significativi, classificati in relazione ai principali parametri di

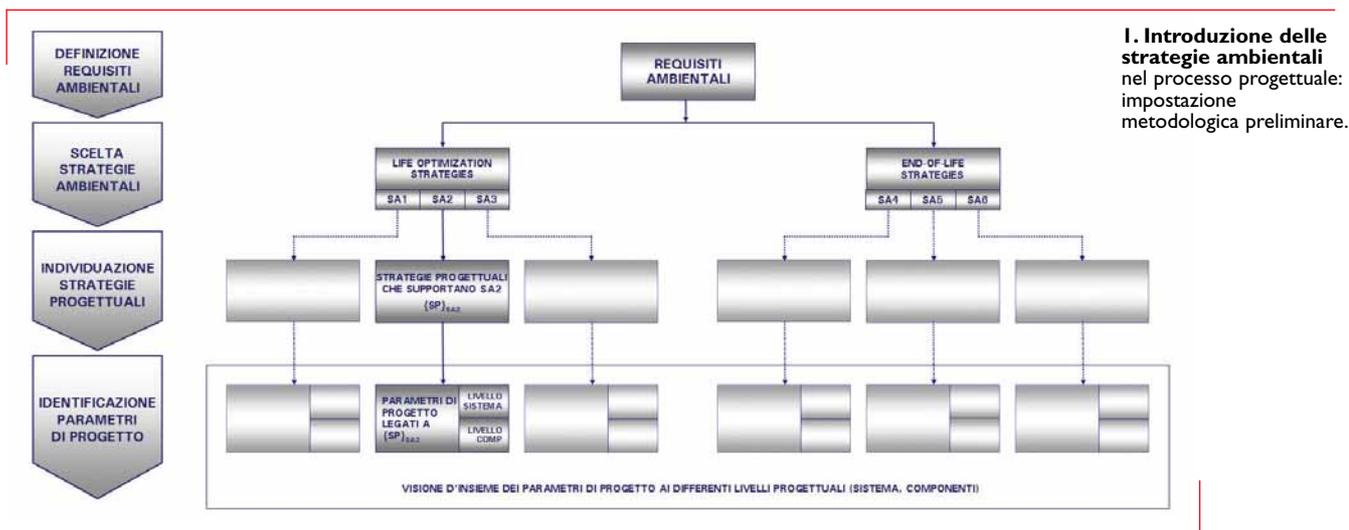
progetto e messi in relazione alle strategie ambientali prese in esame. I parametri di progetto sono inoltre distinti a seconda se relativi alla progettazione di sistema (caratteristiche dell'architettura, in particolare layout e relazioni tra i componenti) o alla progettazione di dettaglio dei componenti (materiali, forme, parametri geometrici dimensionali).

Nella stessa tabella inoltre sono riportate le correlazioni dirette tra ciascuna strategia progettuale proposta e le strategie ambientali che esse possono supportare. Ciò consente di delineare l'impostazione metodologica preliminare mediante la quale è possibile integrare gli aspetti ambientali nella pratica progettuale. Essa è sintetizzata in figura 1 ed è riassumibile nei seguenti punti: definizione dei requisiti ambientali da conseguire; scelta delle strategie ambientali più appropriate ai requisiti richiesti; individuazione delle strategie progettuali che possono supportare il perseguimento di quelle ambientali prescelte; delineamento della visione d'insieme sui parametri di progetto mediante i quali intervenire, ai diversi livelli progettuali.

Il risultato dell'impostazione preliminare appena tracciata, che come evidenziato in figura 1 con-

**Tabella 1.**  
**Parametri della progettazione, strategie progettuali e strategie ambientali:**  
(SA1) manutenzione; (SA2) riparazione; (SA3) aggiornamento e adattamento; (SA4) riutilizzo diretto; (SA5) riutilizzo delle parti; (SA6) riciclaggio.

LIVELLO DI INTERVENTO	PARAMETRI DI PROGETTO	ACCORGIMENTI PER LA PROGETTAZIONE	STRATEGIE AMBIENTALI					
			LIFE OPTIMIZ (SA1)	(SA2)	(SA3)	(SA4)	(SA5)	(SA6)
SISTEMA	LAYOUT	Minimizzare il numero dei componenti	✓	✓			✓	✓
		Ottimizzare la modularità del sistema	✓	✓	✓		✓	✓
		Progettare sistemi costituiti da componenti multifunzionali e aggiornabili			✓	✓	✓	
		Prevedere l'accessibilità ai componenti	✓	✓			✓	✓
	RELAZIONI TRA COMPONENTI	Ridurre il numero delle connessioni	✓	✓	✓		✓	✓
		Ridurre la varietà degli elementi di connessione	✓	✓	✓		✓	✓
COMPONENTE	MATERIALI	Incrementare la semplicità di smontaggio	✓	✓	✓		✓	✓
		Ridurre l'impiego di materiali scarseggianti, inquinanti, o pericolosi	✓	✓				✓
		Incrementare l'impiego di materiali biodegradabili e a basso impatto		✓				✓
		Ridurre la varietà dei materiali						✓
		Incrementare la riciclabilità e la compatibilità dei materiali ai fini del riciclo						✓
		Specificare e marciare i materiali						✓
	FORMA	Ottimizzare prestazione, resistenza, e affidabilità	✓		✓	✓	✓	
		Progettare per semplificare la rimozione	✓	✓	✓		✓	✓
	DIMENSIONI	Ridurre la massa	✓	✓	✓		✓	
		Ottimizzare prestazione, resistenza, e affidabilità	✓		✓	✓	✓	
		Progettare per semplificare la rimozione	✓	✓	✓		✓	✓



**I. Introduzione delle strategie ambientali nel processo progettuale: impostazione metodologica preliminare.**

siste nella visione d'insieme dei parametri di progetto su cui intervenire per perseguire le strategie ambientali e realizzare i requisiti richiesti, può essere molto utile nella chiarificazione dei legami tra le scelte orientate agli aspetti ambientali e quelle ispirate dai criteri convenzionali. In ogni caso, infatti, le strategie ambientali devono essere perseguite in armonia con l'intero spettro dei requisiti, gestendo gli eventuali conflitti che possono nascere da orientamenti progettuali finalizzati a obiettivi diversi.

## Strumenti per i requisiti ambientali

Un intervento progettuale mirato ad armonizzare la vasta gamma dei requisiti tradizionali, cui si aggiungono anche quelli relativi alla prestazione ambientale del prodotto, può essere realizzato basandosi sulla struttura metodologica del Lcd. In essa vanno a innestarsi gli strumenti più opportuni del Dfx, ognuno orientato a una specifica tipologia di requisito di prodotto che, intervenendo soprattutto nelle fasi di Embodiment e Detail Design, possono supportare il progettista nella traduzione del concept di prodotto in soluzione dettagliata.

Un aspetto particolarmente interessante degli strumenti Dfx è la loro specificità, che consente la decomposizione del problema progettuale, già molto vasto e articolato nella sua dimensione convenzionale, e ulteriormente ampliato dai requisiti ambientali. Ogni strumento Dfx è infatti caratterizzato da metodi e modelli che consentono l'elaborazione di dati specifici. Un opportuno insieme di Dfx può consentire quindi di trattare separatamente specifiche sezioni del problema, ognuna delle quali può essere affrontata dai com-

ponenti del team di progetto più esperti.

Tra le diverse tipologie di Dfx, alcune sono di sicuro interesse in relazione alle due strategie di intervento per la qualità ambientale del ciclo di vita individuate in precedenza: quelle mirate a facilitare il mantenimento della corretta funzionalità durante la fase di utilizzo, in quanto possono favorire l'ottimizzazione e quando possibile l'estensione della vita utile del prodotto. In questo caso si parla di Design for Maintainability e Design for Serviceability, dove generalmente il secondo, prendendo in considerazione le necessità legate all'intero insieme delle operazioni di servizio (diagnosi, manutenzione, riparazione), comprende anche il primo.

Quelle orientate alla pianificazione dei processi a fine vita, in quanto mirano alla riduzione dell'impatto di dismissione e al recupero delle risorse. In questo caso in termini generali si parla di Design for Recovery, mentre più specificamente si fa riferimento a Design for Remanufacturing e Design for Recycling, a seconda se si dà maggiore enfasi al riutilizzo dei componenti o al riciclo dei materiali.

In entrambi i casi si tratta di tipologie di strumenti che per realizzare i diversi requisiti-obiettivo cercano di intervenire direttamente sui parametri di progetto più significativi, legati all'architettura del prodotto e alle caratteristiche dei componenti, proprio come richiesto dall'impostazione delineata.

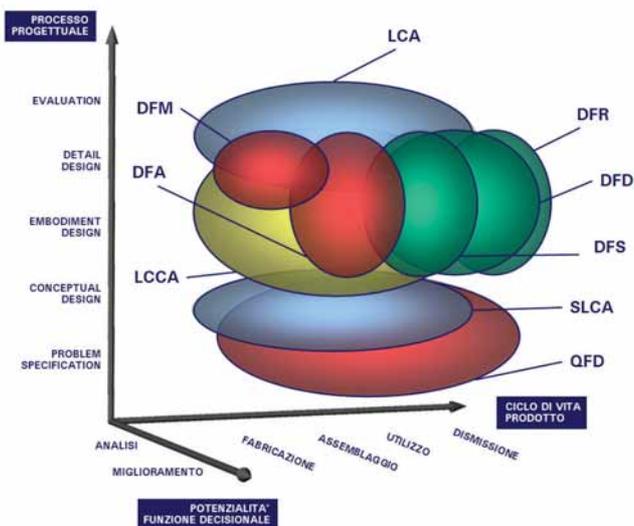
Lo stesso può dirsi anche per una terza tipologia di Dfx, orientata alla progettazione dei sistemi costruttivi finalizzata al loro smontaggio, nota come Design for Disassembly. Benché esso sia frequentemente finalizzato agli interventi di recupero a fine vita, esso è in realtà trasversale a en-

trambe le tipologie di strategie ambientali, in quanto mira a realizzare l'importante caratteristica del prodotto della facilità di smontaggio, che le agevola entrambe.

## Strumenti per la progettazione integrata

Per realizzare l'integrazione degli aspetti ambientali nella progettazione di prodotto, i Dfx di supporto alle strategie ambientali devono ovviamente assumere un ruolo determinante nell'ambito di un ampio sistema flessibile di strumenti per la progettazione integrata, orientata a una grande varietà di requisiti di prodotto. La loro relazione e integrazione con gli altri strumenti Dfx diventa dunque determinante per il conseguimento di una soluzione finale che riesca a interpretare i diversi requisiti e a bilanciare le varie strategie di progetto. Tra essi il Design for Manufacturing e il Design for Assembly, per quel che riguarda le necessità della fase di produzione, il Design for Reliability, il Design for Maintainability e il Design for Quality, per quel che riguarda la corretta funzionalità e la qualità dei prodotti durante il loro utilizzo, hanno ormai acquisito strutture metodologiche e modelli consolidati, ampiamente utilizzati nelle principali fasi progettuali.

Anche nella fase di Problem Specification, preliminare a quelle progettuali e fondamentale per l'impostazione delle corrette strategie di progetto, si può ricorrere a strumenti specifici. Tra le tecniche più diffuse come ausilio alla corretta comprensione del problema e generazione delle specifiche di progetto, la Quality Function Deployment (Qfd) consente di tradurre le esigenze e i desideri del consumatore in requisiti di prodotto,



DFD - Design for Disassembly  
 DFS - Design for Serviceability  
 DFR - Design for Recovery

DFA - Design for Assembly  
 DFM - Design for Manufacturing  
 QFD - Quality Function Deployment

LCA - Life Cycle Assessment  
 SLCA - Streamlined LCA

LCCA - Life Cycle Cost Analysis

## 2. Strumenti per la progettazione integrata: visione d'insieme.

tenendo conto della competizione di mercato, e identificando le relazioni tra i requisiti stessi. Derivata da tale tecnica, la Green Qfd costituisce una metodologia per l'impostazione preliminare dello sviluppo di prodotto, che integra le richieste del consumatore con le necessità ambientali ed economiche del ciclo di vita.

Tutti questi strumenti devono affiancarsi a quelli della progettazione ingegneristica tradizionale,

orientati alle funzioni prestazionali primarie del prodotto, tra i quali spiccano per diffusione e livello di evoluzione quelli basati sulla Finite Element Analysis (Fea), che unitamente agli strumenti che supportano la rappresentazione grafica (Computer Aided Design CAD), vanno a costituire quello che può essere definito come un sistema di strumenti per il progettista in grado di realizzare una prototipazione virtuale del prodot-

to in via di sviluppo. Per realizzare in definitiva una progettazione completa, efficace e environmentally-oriented, tutti questi strumenti devono essere compresi e gestiti nell'ambito di un processo di progettazione pienamente integrato, dove assumono un ruolo determinante gli strumenti orientati al ciclo di vita (Life Cycle Assessment, Life Cycle Cost Analysis) e i Dfx di supporto alle principali strategie ambientali.

In figura 2 si propone un diagramma che raccoglie le diverse tipologie di strumenti appena descritti e li classifica in base alle specifiche fasi progettuali in cui possono essere più efficaci e alle fasi del ciclo di vita su cui possono influire. A queste due dimensioni se ne aggiunge una terza, che caratterizza gli strumenti in base alla loro potenzialità rispetto alla funzione decisionale (unicamente analisi - miglioramento e ottimizzazione).

*F. Giudice, G. La Rosa, A. Risitano - DIIM  
 Dipartimento di Ingegneria Industriale e Meccanica,  
 Università di Catania. La bibliografia è disponibile  
 presso gli autori. La prima parte dell'articolo è stata  
 pubblicata su Progettare n. 303, settembre '06.*

## Advantages built into every detail.

### LA DIFFERENZA "UNBRAKO"

Quando la tua giunzione richiede il fastener migliore la risposta è "UNBRAKO". I nostri prodotti sono costruiti per assicurare a vita la tua applicazione

**UBK**<sup>®</sup>

www.ubk.it  
 info@ubkunbrako.com



La tua sicurezza è  
**Unbrako**  
 INSISTI SUL MEGLIO

Via XXV Aprile, 21 - 20097  
 San Donato Milanese (MI) Tel.02.515051  
 Fax 02.510660 - 02.55700633

readerservice.it n.11631