

IMPARARE FACILMENTE

Edizione speciale PTC

La sostenibilità dei prodotti

for
dummies[®]
A Wiley Brand



Progetta per
ridurre l'impronta
ecologica

Punta su processi
produttivi efficienti

Gestisci in modo
redditizio i servizi e
la circolarità

Su gentile
concessione di



ptc[®]

Dave Duncan

A proposito di PTC

Dagli aeromobili ai dispositivi medici, passando per le turbine eoliche e i computer, l'esclusivo portafoglio di soluzioni software PTC permette alle aziende di trasformare il modo di progettare, realizzare e mantenere i prodotti.

Leader indiscussi nella gestione dei cicli di vita dei prodotti, i software di PTC supportano la gestione dei dati per l'intero ciclo di vita, contribuendo a semplificare le complessità e a promuovere l'eccellenza a livello tecnico e di progettazione, oltre ad aumentare l'efficienza dei processi di produzione e supply chain, e a ottimizzare operazioni e servizi.

Aziende di qualsiasi dimensione si affidano a PTC per il suo eccezionale portafoglio di tecnologie digitali, dell'ampia rete di partner e del bagaglio di competenze settoriali offerte. I software PTC supportano ogni fase del ciclo di vita del prodotto e includono soluzioni leader di mercato per la gestione del ciclo di vita dei prodotti (PLM), la gestione del ciclo di vita delle applicazioni (ALM), la progettazione assistita da computer (CAD) e la gestione del ciclo di vita del Service (SLM).

Gli oltre 30.000 clienti di PTC contano aziende leader e innovatrici in diversi settori manifatturieri di rilievo, come automotive, aerospaziale e difesa, meccanica industriale, tecnologie mediche, elettronica e high tech. PTC è dedicata al successo dei suoi clienti e lavora al loro fianco per accompagnarli nella trasformazione digitale.

Il fine ultimo non è semplicemente immaginare un mondo migliore, ma contribuire attivamente a crearlo. Questa missione si riflette nei valori aziendali, nelle iniziative adottate per la sostenibilità e ridurre l'impatto sociale così come nelle soluzioni software dell'azienda.



La sostenibilità dei prodotti

Edizione speciale PTC

di Dave Duncan

**for
dummies®**
A Wiley Brand

La sostenibilità dei prodotti For Dummies®, edizione speciale PTC

Editore

John Wiley & Sons, Inc.

111 River St., Hoboken, NJ 07030-5774

www.wiley.com

Copyright © 2025 di John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Tutti i diritti, anche per quanto riguarda il Text and Data Mining, l'addestramento dell'IA e le tecnologie analoghe, sono riservati.

È vietata la riproduzione, la memorizzazione in sistemi di archiviazione o la trasmissione di questa pubblicazione o delle sue parti indipendentemente dalla forma o dal mezzo, elettronico, meccanico, fotocopia, registrazione audio, scansione o altro, salvo ai sensi degli articoli 107 o 108 della legge statunitense sul diritto d'autore (United States Copyright Act) del 1976, senza la previa autorizzazione scritta dell'editore. Le richieste di autorizzazione devono essere spedite per posta ordinaria all'indirizzo Permissions Department, John Wiley & Sons, Inc., 111 River Street, Hoboken, NJ 07030, (201) 748-6011, fax (201) 748-6008, oppure tramite la pagina online <http://www.wiley.com/go/permissions>.

Marchi commerciali: Wiley, For Dummies, il logo Dummies Man, The Dummies Way, Dummies.com, Making Everything Easier e la relativa grafica sono marchi commerciali o marchi commerciali registrati di John Wiley & Sons, Inc. e/o dei suoi affiliati negli Stati Uniti e in altri Paesi e non possono essere utilizzati senza previa autorizzazione scritta. PTC e il logo PTC sono marchi registrati di PTC. Tutti gli altri marchi commerciali sono di proprietà dei rispettivi titolari. John Wiley & Sons, Inc. non è associato ad alcun prodotto o venditore menzionato in questo libro.

LIMITAZIONE DI RESPONSABILITÀ/ESCLUSIONE DI GARANZIA: L'EDITORE E L'AUTORE NON RILASCIANO ALCUNA DICHIARAZIONE O GARANZIA RIGUARDO ALLA PRECISIONE O ALLA COMPLETEZZA DEI CONTENUTI DI QUESTO LIBRO E RESPINGONO ESPRESSAMENTE TUTTE LE GARANZIE, IVI COMPRESA A TITOLO ESEMPLIFICATIVO LE GARANZIE DI IDONEITÀ A UNO SCOPO SPECIFICO. NESSUNA GARANZIA PUÒ ESSERE CREATA O ESTESA ATTRAVERSO MATERIALI DI VENDITA O PROMOZIONALI. I SUGGERIMENTI E LE STRATEGIE IVI CONTENUTI POTREBBERO NON ESSERE ADATTI A OGNI SITUAZIONE. LE INFORMAZIONI FORNITE SONO DA INTENDERSI COME INDICAZIONI GENERALI E NON INTENDONO FORNIRE ALCUNA CONSULENZA FISCALE, PREVIDENZIALE O LEGALE. QUEST'OPERA È VENDUTA DIETRO L'INTESA CHE L'EDITORE NON RENDE ALCUN SERVIZIO LEGALE, CONTABILE O ALTRO SERVIZIO PROFESSIONALE. PER RICHIEDERE ASSISTENZA SPECIFICA, RIVOLGERSI A UN PROFESSIONISTA COMPETENTE. NÉ L'EDITORE NÉ L'AUTORE POTRANNO ESSERE CONSIDERATI RESPONSABILI PER DANNI DERIVANTI DAL CONTENUTO DI QUEST'OPERA. EVENTUALI RIFERIMENTI ALL'INTERNO DELL'OPERA A UN'ORGANIZZAZIONE O A UN SITO WEB QUALE CITAZIONE E/O POTENZIALE FONTE DI ULTERIORI INFORMAZIONI NON SIGNIFICA CHE L'AUTORE O L'EDITORE AVALLINO LE INFORMAZIONI O LE RACCOMANDAZIONI CHE TALE ORGANIZZAZIONE O SITO WEB POSSONO FORNIRE. SI FA INOLTRE PRESENTE CHE I SITI INTERNET ELENCATI IN QUEST'OPERA POTREBBERO ESSERE STATI MODIFICATI O CHIUSI IN DATA SUCCESSIVA ALLA PUBBLICAZIONE.

Per informazioni generali sugli altri nostri prodotti e servizi o su come creare un libro *For Dummies* personalizzato per la propria attività/organizzazione, contattare il nostro reparto per lo sviluppo business negli Stati Uniti chiamando il numero 877-409-4177, scrivendo un'e-mail all'indirizzo info@dummies.biz, o visitando www.wiley.com/go/custompub. Per informazioni sulle licenze relative al marchio *For Dummies* per prodotti o servizi, contattare BrandedRights&Licenses@Wiley.com.

ISBN: 978-1-394-36819-8 (pbk); ISBN: 978-1-394-36820-4 (ebk); 978-1-394-36821-1 (ePub).

Alcune pagine lasciate in bianco nella versione a stampa potrebbero non essere incluse nella versione ePDF.

Ringraziamenti dell'editore

Fra coloro che hanno contribuito alla pubblicazione di questo libro, si ringraziano:

Project manager e redattore sviluppo:
Carrie Burchfield-Leighton

Caporedattore senior: Rev Mengle

Direttore acquisizioni: Traci Martin

**Client Account Manager
senior:** Matt Cox

Autori partecipanti PTC: Elena Angst,
Sean McGrath, Ashley Pruitt,
Nicole Dwyer, James Norman,
Kristen Wells Griffith,
Brad Donegan

Direttore di produzione:
Magesh Elangovan

Indice

INTRODUZIONE	1
Informazioni su questo libro	2
Qualche presupposto scontato.....	2
Icone usate in questo libro.....	3
Oltre questo libro.....	4
CAPITOLO 1: Definire il livello di sostenibilità di un prodotto.....	5
Definire la sostenibilità	5
Il pasticcio creato dai nostri prodotti.....	7
Conformità: il bastone	8
Redditività: la carota	9
Ridurre l'impronta ecologica con il concetto di ciclo di vita	10
CAPITOLO 2: Risolvere i problemi ecologici e di conformità.....	11
Capire il problema	11
I nove limiti planetari.....	12
Decarbonizzazione	13
Conservare le risorse finite	14
Regolamentare i problemi	16
Dichiarazioni ambientali di prodotto	17
Normative sui materiali pericolosi.....	17
Regolamenti in materia di decarbonizzazione	18
Regolamenti sulla circolarità.....	21
CAPITOLO 3: Allineare sostenibilità e valore aziendale.....	23
Il valore della decarbonizzazione.....	24
Ridurre il materiale nei progetti dei componenti.....	25
Dematerializzare con l'aiuto di software incorporati	26
Migliorare i dati e la selezione dei fornitori.....	27
Bilanciare i criteri di selezione dei materiali.....	27
Predisporre unità produttive remote.....	28
Simulare la fabbricabilità	29
Automatizzare le EPD	29
Il valore della circolarità	30
Progettare in maniera modulare	31
Inviare i tecnici come ultima risorsa	32
Ordinare parti di ricambio come ultima risorsa.....	33
Differenziare i prodotti in base all'impronta ecologica	34

CAPITOLO 4:	Principi di progettazione sostenibile.....	35
	Constatere il valore della DfS nel ciclo di vita	35
	In cerca di informazioni valide sulla DfS.....	35
	Framework DfS per le aziende manifatturiere.....	37
	Livello di componente.....	37
	Livello di prodotto.....	38
	Livello di sistema prodotto-servizio	39
	Gestire le sequenze DfS in contesti reali	40
 CAPITOLO 5:	 Gestire l'impronta ecologica con un approccio all'intero ciclo di vita.....	 41
	I principi guida di un approccio basato sul ciclo di vita.....	42
	Priorità relative all'inventario del ciclo di vita.....	43
	Impronta ecologica operativa.....	44
	Impronta ecologica upstream	45
	Impronta ecologica downstream.....	46
	Circolarità	47
	Il digital thread del ciclo di vita	48
	Hub di produzione.....	49
	Hub di risorse	50
	Integrare le distinte gestite tramite PLM e un hub di risorse	51
	Istruzioni di lavoro specifiche per le diverse configurazioni	51
	Previsioni basate sugli impianti.....	52
	Progetti e servizi basati su dati	52
	Massimizzare il valore con l'IA	52
 CAPITOLO 6:	 Dieci consigli per ridurre efficacemente l'impronta ecologica	 53
	Considera l'intero ciclo di vita	53
	Raggiungi la circolarità con hardware e software modulari	54
	Non dimenticare gli operatori di prima linea	54
	Gestisci le EPD partendo da distinte base compilate bene.....	55
	Valuta i vantaggi dei DPP	55
	Intervieni subito per ridurre l'impronta ecologica e fare contento il CFO.....	56
	Prova a diventare leader nelle aree più decisive per il tuo brand	56
	Sviluppa l'intuito sul valore della riduzione delle emissioni.....	57
	Sviluppa l'intuito sulla circolarità.....	58
	Sfrutta il mandato di sostenibilità per stabilire il tuo digital thread.....	59

Introduzione

Prodotti migliori, più ecosostenibili e anche più redditizi: è ora di considerare la sostenibilità non più solo come un messaggio strategico altisonante, ma come un approccio concreto nelle mani di leader come te, che si fanno carico di progettare, realizzare, mantenere e smaltire i prodotti. L'impronta ecologica non migliora senza iniziative mirate. L'80% dell'impatto ambientale di un prodotto dipende dalle decisioni di progettazione (che coinvolgono anche i piani di fabbricazione e manutenzione). Per questo spetta a te sviluppare progetti di sostenibilità redditizi.

La *sostenibilità* è un tema nuovo e in continua evoluzione per molti addetti ai lavori. Non preoccuparti se non hai ancora grandi competenze al riguardo: leggendo questo libro sarai presto in grado di collaborare con i maggiori esperti in materia; gli esperti della sostenibilità sono una comunità accogliente.

È un po' come iniziare uno sport da adulti: entrare in un campo da calcio per la prima volta all'università non è facile, perché molti giocano da quando sono piccoli; ma con un'attività come l'ultimate frisbee, dove tutti sono alle prime armi, si può dare il massimo fin da subito.

La sostenibilità di prodotto è come l'ultimate frisbee: basta imparare i concetti principali per iniziare a giocare. In questo libro ho voluto attirare l'attenzione su tre concetti in cui credo particolarmente:

» **Ridurre l'impronta ecologica è sostenibile solo se redditizio.**

Con ogni probabilità, puoi almeno dimezzare l'impronta ecologica dei tuoi prodotti entro 5-10 anni con azioni che comunque valgono la pena per i loro vantaggi economici. E si stanno già diffondendo altre tecniche e tecnologie che ti aiuteranno a gestire buona parte delle emissioni residue a partire dal prossimo decennio.

» **Lasciar stare la politica.** Le volontà politiche vanno e vengono. Il progresso tecnologico verso prodotti migliori, con costi più contenuti e un'impronta ecologica ridotta, è irreversibile e ampiamente riconosciuto per la sua durabilità, i risparmi energetici e la resilienza della supply chain, indipendentemente dalle posizioni politiche.

» **Non stravolgere completamente il tuo attuale modo di lavorare.** David Genter, ex direttore della progettazione di sistemi, nota che gli esperti dei cicli di vita dei prodotti accettano già compromessi sui costi riguardo a otto dimensioni della qualità (prestazioni, funzioni, affidabilità, conformità, durata, manutenibilità, estetica e qualità percepita). Non resta che aggiungere la nona: sostenibilità.

Allora armati del tuo miglior frisbee di seconda mano – al 100% in polietilene riciclato, senza PFAS – e preparati a scendere in campo!

Informazioni su questo libro

Questo libro è suddiviso in sei capitoli che esaminano i temi seguenti:

- » Definire la sostenibilità di prodotto per inquadrare l'argomento e individuare le aree su cui concentrarsi.
- » I problemi causati dai nostri prodotti e il panorama normativo alla base delle riduzioni dell'impronta ecologica.
- » Il caso aziendale per allineare la riduzione dell'impronta ecologica alle priorità finanziarie.
- » Principi di progettazione sostenibile (DfS, *Design for Sustainability*)
- » Gestire l'impronta ecologica adottando una filosofia che tiene conto dell'intero ciclo di vita.
- » Dieci suggerimenti sulla gestione del ciclo di vita per ridurre l'impronta di carbonio in modo redditizio.

Ogni capitolo è stato scritto per poter essere letto in modo indipendente. Se noti un argomento che stimola subito il tuo interesse, leggi per primo. Puoi leggere questo libro nell'ordine che preferisci.

Qualche presupposto scontato

La sostenibilità è un argomento ampio, ma la sostenibilità di prodotto è un settore più mirato. Scrivendo questo libro ho voluto dare per scontato che:

- » vuoi capire la sostenibilità applicata ai prodotti manifatturieri, tra cui articoli o apparecchiature come aerei, treni, automobili, calzature, macchine a raggi X, tostapane, smartphone, ascensori, bulldozer, valvole e qualsiasi altro oggetto solido che cadendo su un piede farebbe male. In questo volume non mi concentro sulla produzione per processo, che comprende oli, gas, prodotti chimici, alimenti, birra, materie prime e altri prodotti basati su ricette.
- » sei un *esperto del ciclo di vita dei prodotti* o un *addetto alla sostenibilità aziendale* (magari con ruoli dirigenziali). Chi si occupa del ciclo di vita potrebbe avere competenze generali o specializzarsi in funzioni come produzione tecnica, pianificazione della produzione, gestione dei servizi, IT, gestione del prodotto, approvvigionamenti o conformità.
- » se non lavori nella produzione manifatturiera con ruoli collegati ai prodotti o alla sostenibilità, il libro potrebbe comunque esserti utile per capire meglio come questo settore affronta la riduzione dell'impronta ecologica.

Icone usate in questo libro

Nel libro, ogni tanto uso delle icone speciali per richiamare l'attenzione su informazioni importanti. Ecco cosa troverai:



RICORDA

Questo simbolo segnala informazioni che è bene tenere a mente.



SUGGERIMENTO

Qui troverai suggerimenti, consigli o osservazioni utili per sfruttare al meglio le esperienze derivanti da altre implementazioni.



ATTENZIONE

Le avvertenze ti segnalano di stare alla larga da possibili trabocchetti, sprechi di denaro e altri pericoli. Fare attenzione a queste sezioni del libro ti aiuterà a evitare ostacoli non necessari.



COSE DA
TECNICI

Questo simbolo può essere interpretato in due modi: approfondimenti irresistibili per i lettori più tecnici o invito a passare direttamente al paragrafo successivo per tutti gli altri.

Oltre questo libro

Questo libro è un ottimo punto di partenza, ma una settantina di pagine non bastano a dedicare ad alcuni argomenti tutta l'attenzione che meritano. Se ti stai chiedendo cosa puoi fare per saperne di più, visita la pagina [PTC.com/beyond-the-book](https://www.ptc.com/beyond-the-book). Il link è ripetuto in tutto il libro, quindi lo avrai sempre a portata di mano per consultare risorse aggiuntive.

- » Capire la sostenibilità
- » Vedere l'impatto dei nostri prodotti
- » Lavorare con la conformità
- » Perseguire la redditività
- » Ridurre l'impronta ecologica con il concetto di ciclo di vita

Capitolo 1

Definire il livello di sostenibilità di un prodotto

La parola *Sostenibilità* viene usata in molti contesti, quindi può essere difficile per noi capire a che punto del percorso siamo. Questo capitolo prende in esame i principi alla base della sostenibilità di un prodotto e gli ambiti in cui i professionisti del ciclo di vita possono fare davvero la differenza nella produzione manifatturiera. I capitoli successivi approfondiscono ulteriormente questi argomenti.

Definire la sostenibilità

Nel 1987, la Commissione Brundtland delle Nazioni Unite (ONU) ha fornito una definizione di sostenibilità che è valida ancora oggi. *Sostenibilità* vuol dire soddisfare i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare le loro. Tutti noi amiamo le case con l'aria condizionata, i mezzi di trasporto comodi, le vacanze avventurose e i pasti nutrienti. I nostri pronipoti devono godere di opportunità identiche o addirittura migliori, e al tempo stesso vivere in un habitat naturale rigoglioso. Lo spirito alla base della sostenibilità bilancia il benessere con la tutela dell'ambiente, ma per godere appieno dei nostri prodotti e servizi abbiamo bisogno di nuovi metodi di rigenerazione.

I pilastri della sostenibilità sono tre: ambiente, società e governance. Ciascuno di essi si suddivide in più elementi, come illustrato nella Figura 1-1. I riquadri più chiari nella Figura 1-1 rappresentano le aree su cui probabilmente ci focalizziamo per i cicli di vita dei prodotti che gestiamo (anche se alcuni prodotti, come gli allarmi antincendio o le armi, possono aggiungere rispettivamente impatti sociali positivi o negativi).

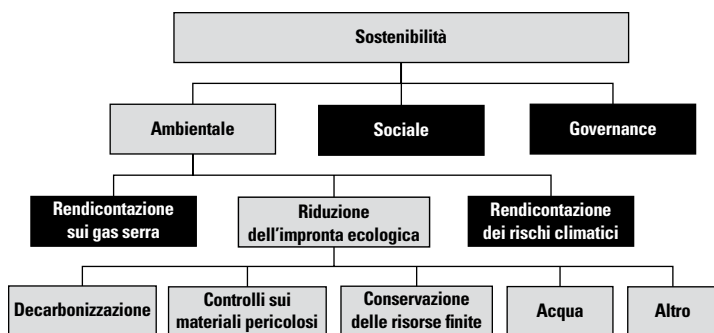


FIGURA 1-1: Punti di attenzione alla sostenibilità condivisi dai professionisti del ciclo di vita dei prodotti nella produzione manifatturiera.

La sigla ESG, usata intercambiabilmente con la parola *sostenibilità*, non è nuova. ESG sta per *Environmental, Social e Governance* (ambiente, società e governance) e si fonda sui 17 obiettivi di sviluppo sostenibile (OSS) delle Nazioni Unite. I 17 obiettivi partono dal presupposto che, nonostante abbiamo già a disposizione i mezzi tecnologici per tutelare al meglio l'ambiente (come in gran parte già facciamo), non saremo mai in grado di implementarli con la rapidità e nella scala richieste senza la collaborazione dei cittadini e delle nazioni (non intendo fare politica, più avanti spiego anche come mantenere i contributi politicamente neutri).

Gli obiettivi sociali come “Sconfiggere la povertà” (n° 1) e quelli di governance come “Pace, giustizia e istituzioni solide” (n° 16) sono fondamentali per promuovere gli obiettivi ambientali (la E di ESG) su cui è focalizzato questo libro. Tutti i professionisti del ciclo di vita dei prodotti si occupano dell'ambiente, perseguendo sia tecnologie basate sulla scienza che il valore commerciale. Dei 17 obiettivi, mi focalizzerò su due:

- » **N° 9 — Imprese, innovazione e infrastrutture:** Gli elementi della progettazione del ciclo di vita del prodotto.
- » **N° 12 — Consumo e produzione responsabili:** Gli elementi che riguardano la produzione, la manutenzione e l'esecuzione circolare del ciclo di vita del prodotto.



COSE DA
TECNICI

Alcuni degli obiettivi sociali (la S di ESG) che riguardano i diritti umani nella supply chain sono importanti elementi di conformità in base ai quali selezionare materiali e componenti per i progetti. Ma non sarai tu a giudicare i tuoi fornitori. Lo farà il gruppo acquisti al posto tuo, per poi presentarti un elenco di fornitori approvati in base alla conformità in materia di minerali provenienti da zone di conflitto e altri fattori.

Il pasticcio creato dai nostri prodotti

Prima ho detto che questo libro si concentrerà principalmente sugli obiettivi ambientali, tra quelli del framework OSS delle Nazioni Unite. In questa sezione, presento i problemi ambientali che devono essere migliorati in azienda. Nel Capitolo 2 li approfondisco ulteriormente.

I nostri prodotti presentano solitamente tre impatti negativi di forte rilevanza per l'ambiente:

» **Materiali pericolosi:** Le sostanze pericolose come il mercurio, il piombo e il cadmio sono nocive per l'uomo e per altri organismi. Secondo recenti ricerche, anche la plastica può essere un problema. I metalli come l'acciaio e l'alluminio sono per lo più inerti nei prodotti, ma i residui della loro estrazione possono inquinare l'acqua e il suolo.

Nell'industria mineraria, vengono detti sterili i materiali che restano dopo il processo di separazione del minerale.

» **Emissioni di gas serra:** Il ciclo di vita di un prodotto include emissioni di gas serra quando per produrlo o per usarlo vengono bruciati combustibili fossili. Ne sono un esempio le automobili, che bruciano benzina per potersi muovere. Altre macchine usano l'elettricità, la cui produzione può comportare l'uso di combustibili fossili come il carbone o il gas naturale. Anche i prodotti non elettrici incorporano il carbonio usato per crearli. **Nota:** Alcuni prodotti, quando in azione, possono emettere gas serra, come i refrigeranti.

Il carbonio incorporato è la somma delle emissioni di gas serra necessarie per fabbricare un prodotto con attività come l'estrazione mineraria, la lavorazione dei materiali, la produzione e il trasporto.

» **Esaurimento delle risorse limitate:** L'esaurimento delle risorse finite tiene conto di quanto le risorse estraibili dalla geosfera terrestre (come metalli, minerali e petrolio) siano limitate. Continuando a consumare in modo lineare, ad esempio con i



COSE DA
TECNICI



COSE DA
TECNICI

camion che bruciano gasolio o i prodotti rotti che finiscono nei rifiuti per essere inceneriti e smaltiti in discarica, arriverà il punto in cui le generazioni future non avranno più queste supply chain di produzione.

La responsabilità ambientale delle imprese mitiga queste esternalità, spesso su base volontaria, per accrescere il valore aziendale. Sempre più spesso, le normative obbligano le aziende ad assumersi le proprie responsabilità.

Conformità: il bastone

La *Conformità* è il rispetto delle norme, che approfondirò nel Capitolo 2. Negli ultimi 20 anni la conformità alle norme sui materiali pericolosi è stata implementata gradualmente nei nostri settori industriali. E forse usi già dei programmi consolidati per il controllo dei materiali pericolosi.

A differenza dei controlli sui materiali pericolosi, la decarbonizzazione e la circolarità sono nuovi ambiti di conformità. Esistono molte norme a livello nazionale, ma la forza trainante a livello globale è la Direttiva sulla rendicontazione societaria di sostenibilità (CSRD) dell'Unione Europea (UE). Questa direttiva copre ampiamente le tematiche ESG e si applica anche a livello internazionale per gli esportatori verso l'UE. Chiunque vende nell'UE o opera con aziende fornitrici che vendono nell'UE potrebbe dover affrontare questi obblighi in materia di conformità.

Per quanto riguarda i *professionisti del ciclo di vita dei prodotti*, la CSRD e le norme correlate obbligano i produttori a

- » misurare l'impronta ecologica dei prodotti
- » confermare il loro impegno a ridurre in modo quantificabile l'impronta ecologica
- » riciclare i materiali provenienti da componenti e prodotti a fine vita



RICORDA

Dalla *prospettiva di un economista*, il riscaldamento globale è un fallimento del mercato in termini di gestione delle esternalità delle emissioni di gas serra. Queste vengono affrontate sempre più spesso da un “bastone” normativo.

In termini puramente *economici*, il costo della non conformità è elevato. Innanzitutto, esistono sanzioni legali che cambiano in base al Paese e al

blocco commerciale. Per i produttori business-to-business (B2B), queste sanzioni possono risultare minime rispetto ai rischi di perdita di affari, in quanto i clienti potrebbero escludere i fornitori non conformi.



SUGGERIMENTO

La conformità non deve essere vista come un ostacolo. Al contrario, alza il livello dei prodotti, rende più equa la concorrenza e apre nuove e proficue opportunità commerciali.

Redditività: la carota

Quando si parla di conformità, potresti sentirti dire che è impossibile evitarla. Ma un approccio che considera solo i costi di gestione non fa nulla per favorire investimenti differenziati. L'opportunità invece è molto più ghiotta.

Fondamentalmente, la sostenibilità dei prodotti favorisce la visibilità necessaria per individuare le priorità in termini di valore ed efficienza. In più, abbina tali opportunità prioritarie a comprovate soluzioni innovative. Anche senza considerare il valore della conformità in sé, i risultati sono in linea con le priorità aziendali:

- » Ridurre i costi dei materiali e dei componenti grazie al riciclaggio, alla riduzione dei pesi e degli scarti e al software incorporato.
- » Ridurre i costi di produzione grazie all'efficienza energetica, alla rigenerazione e al ricondizionamento.
- » Focalizzare la progettazione sul valore per il cliente, evitando con eleganza una progettazione tecnica eccessiva.
- » Aumentare il fatturato iniziale grazie alla durata, all'efficienza e all'innovazione del software incorporato.
- » Aumentare i ricavi post-vendita grazie alla manutenzione efficiente, agli aggiornamenti e ai mercati secondari per i prodotti.
- » Migliorare la visibilità della supply chain e la resilienza ai rischi.
- » Ampliare i mercati grazie alla reputazione del marchio e al valore ecologico aggiunto.

Ovvio! Questo elenco indica vantaggi sia per gli affari che per l'ambiente, e tiene il management lontano dai tribunali.



RICORDA

Ridurre l'impronta ecologica dei prodotti è sostenibile quando è redditizio, e la redditività è la carota appesa al bastone (v. sezione precedente). Concentrati prima sui risultati più facili da raggiungere e poi passa alle sfide più difficili. Alcune opportunità come l'elettrificazione rinnovabile,

la dematerializzazione, la produzione distribuita e la servitizzazione risultano redditizie fin da subito nei contesti più comuni. Altre potrebbero essere ancora in fase preliminare, ma già oggi offrono vantaggi a chi si muove per prima in questo senso, e altre ancora nelle fasi successive. Il Capitolo 3 approfondisce i dettagli sul valore offerto.

Ridurre l'impronta ecologica con il concetto di ciclo di vita

I programmi di sostenibilità precedenti si focalizzavano sull'impronta operativa, principalmente nelle attività produttive, in cui l'impronta ecologica è visibile nell'azienda stessa: riduzione degli scarti e del consumo energetico, transizione verso le energie rinnovabili laddove possibile, eventuale implementazione di dispositivi di cattura delle emissioni laddove necessario o conveniente.

Tuttavia, nel nuovo mondo della conformità CSRD e considerate anche le aspettative degli investitori e dei clienti, i produttori sono responsabili dell'intero ciclo di vita dei loro prodotti, non solo dentro i loro impianti. Riguardo ai materiali e ai componenti che arrivano al ricevimento merci, ora i produttori sono responsabili di tutti gli impatti a monte della fornitura: l'estrazione mineraria, il trasporto, la lavorazione dei materiali e la produzione delle materie prime o dei componenti di base. In più, sono responsabili degli impatti a valle (post-vendita), cioè dell'energia consumata, della manutenzione e dell'impronta ecologica dei rifiuti dei loro prodotti.



Nella produzione manifatturiera, in genere l'1-10% dell'impronta ecologica dipende dal funzionamento. Il restante 90-99% è costituito dalle attività a monte e a valle. Concentrarsi sulla sostenibilità delle operazioni in fabbrica non basta più: la responsabilità si estende all'intero ciclo di vita del prodotto. Per questo i professionisti del ciclo di vita dei prodotti sono fondamentali per la soluzione. Alle aziende servono processi solidi e infrastrutture digitali per ridurre in modo redditizio l'impatto dei propri prodotti.

Passa direttamente al Capitolo 4 per saperne di più sui principi di progettazione sostenibile e al Capitolo 5 per scoprire come implementarli nel ciclo di vita.

- » Esaminare il danno ambientale dei prodotti
- » Capire le norme mirate a limitare i danni ambientali

Capitolo 2

Risolvere i problemi ecologici e di conformità

Questo capitolo è fondamentale per capire i problemi legati alla sostenibilità dei prodotti che bisogna risolvere. Parlare di problemi non è mai piacevole, ma è sempre meglio conoscerli per affrontarli al meglio.

Nelle prossime sezioni, vedremo come i prodotti causano danni ambientali e quali attività contribuiscono di più all'impatto negativo. Inoltre, daremo uno sguardo ai regolamenti che impongono alle aziende manifatturiere di mitigare i fattori esterni che influiscono sulla sostenibilità dei prodotti.

Capire il problema

La questione è semplice: i prodotti manifatturieri non sono sostenibili oggi, perché inquinano, riscaldano il pianeta e consumano risorse finite. Di fatto, nei comunicati stampa sul lancio di nuovi prodotti si farebbe meglio a evitare frasi come *articolo sostenibile* o *rispettoso dell'ambiente*. E anche chi porta avanti iniziative concrete verso l'azzeramento delle emissioni nette (*Net Zero*) dovrebbe preferire messaggi più cauti come *prodotto più sostenibile*.



Net Zero si riferisce all'impegno di un'azienda di ridurre significativamente le emissioni di gas serra (in genere, si parla di una riduzione superiore al 90% rispetto ai livelli iniziali, perché l'azzeramento totale non è raggiungibile); si riferisce anche all'impegno di compensare la percentuale residua con strumenti appositi per portare le emissioni nette a zero.

I nove limiti planetari

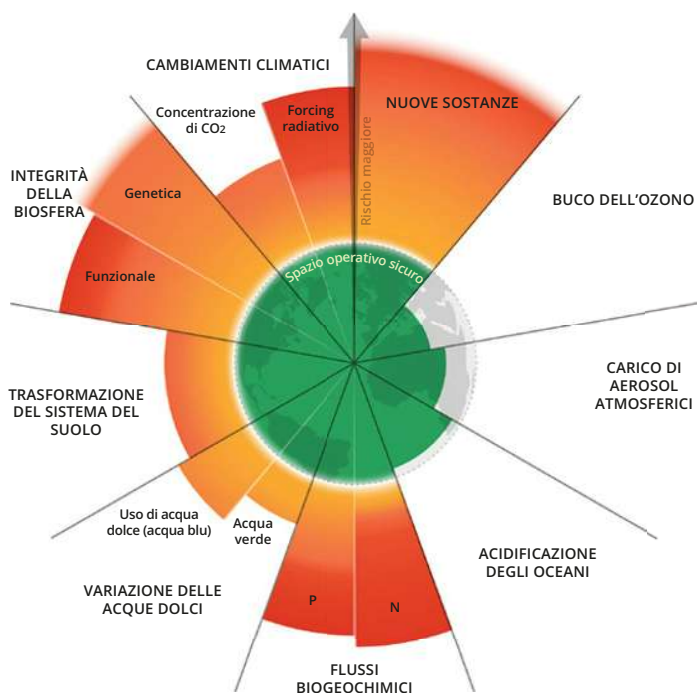
La vita sulla Terra è possibile grazie all'atmosfera (un sottile involucro composto dall'aria), alla biosfera (altro strato sottile che comprende il suolo e parte del sottosuolo) e alla geosfera (parte più spessa formata da crosta e mantello). La popolazione mondiale, 8 miliardi di persone all'incessante ricerca di standard di vita sempre più alti, sollecita continuamente questi sistemi di supporto in modi nuovi.

Lo Stockholm Resilience Centre usa il framework dei limiti planetari per tenere traccia di questi problemi. Si tratta di un sistema che mostra nove processi critici, v. Figura 2-1, in cui l'attività umana ha un impatto destabilizzante sulla Terra. I limiti che rientrano nel cosiddetto "spazio operativo sicuro" non causano danni nel lungo periodo, tutti gli altri sì. Ed è importante riportarli entro lo spazio sicuro, possibilmente prima che Madre Natura reagisca drasticamente.

I numerosi *spazi operativi sicuri* già compromessi, evidenziati nella Figura 2-1, potrebbero far pensare al peggio. Ma, per fortuna, esistono diversi modi per migliorare ogni limite. Una storia con un bel finale è quella del buco nell'ozono, ampiamente considerato lo sfioramento più noto di un limite planetario alla fine degli anni Ottanta. Refrigeranti e altre sostanze chimiche stavano assottigliando sempre più lo strato di ozono dell'atmosfera, con il rischio di aumentare pericolosamente sulla Terra i raggi solari dannosi per gli esseri umani e altri organismi viventi. Ma la tecnologia aveva il modo (cioè, sostanze chimiche alternative a costi ragionevoli) e i leader mondiali la volontà (il protocollo di Montreal) di invertire questa tendenza. Oggi questo limite planetario è il migliore: lo strato di ozono sta tornando a livelli non pericolosi, e noi possiamo ancora goderci l'aria condizionata e le bevande fresche a un prezzo accettabile.

Guardando alla produzione manifatturiera, i prodotti possono contribuire a risanare altri limiti. Per esempio:

- » l'agricoltura di precisione evita l'uso eccessivo di fertilizzanti e pesticidi grazie a trattori, seminatrici, droni e altre tecnologie all'avanguardia che contribuiscono a migliorare i flussi biochimici.
- » i sistemi di trattamento idrico aiutano a rendere l'acqua dolce più pulita e sicura.



Fonte: Azote per Stockholm Resilience Centre, Università di Stoccolma Basato su Richardson et al. 2023, Steffen et al. 2015, e Rockström et al. 2009.

FIGURA 2-1: I nove limiti planetari.

Se usi già soluzioni come queste, tanto di cappello! I mercati non mancheranno di premiare i tuoi sforzi per rigenerare l'ambiente.



ATTENZIONE

Alcuni dei nove limiti planetari sono esposti direttamente agli effetti negativi dei nostri prodotti. Un primo esempio è rappresentato dalle cosiddette nuove sostanze (vale a dire, sostanze pericolose come le microplastiche), mentre gli altri due sono il cambiamento climatico e l'acidificazione degli oceani, entrambi causati dalle emissioni di gas serra. Ma come per il buco dell'ozono, esistono sempre più tecnologie e mezzi commerciali per migliorare queste condizioni.

Decarbonizzazione

La decarbonizzazione è l'atto di ridurre le emissioni di gas serra, in particolare l'anidride carbonica ma anche altre sostanze che contribuiscono al riscaldamento globale, tra cui il metano.

Secondo l'opinione più diffusa, il cambiamento climatico è il problema più urgente dei nove limiti planetari. Nella produzione manifatturiera,

l'incidenza dei gas serra dipende soprattutto dai combustibili fossili usati lungo tutta la catena del valore.



ATTENZIONE

La Figura 2-2 mostra proprio questo problema. Se si bruciano materiali della biosfera, come un albero caduto in una foresta, l'anidride carbonica si reimmette rapidamente nel ciclo dell'atmosfera terrestre sotto forma di nuova materia vegetale. I combustibili fossili, invece, sono rimasti intrappolati nelle profondità della geosfera per milioni di anni: bruciandoli si crea uno squilibrio in termini di anidride carbonica, perché non rientrano spontaneamente nella geosfera.

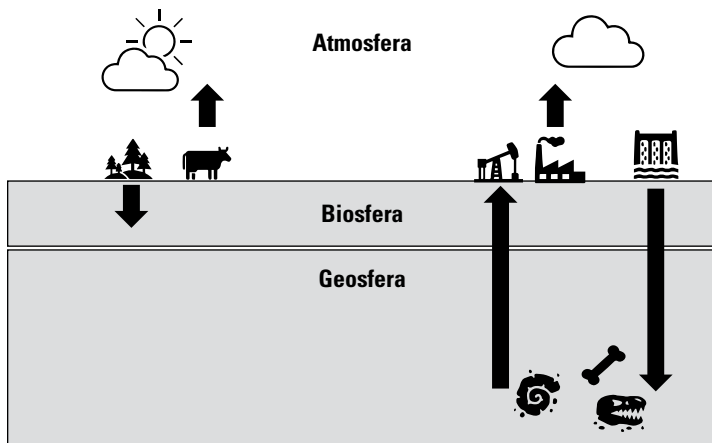


FIGURA 2-2: Il ciclo del carbonio.

Gli strumenti di rimozione del carbonio, messi a disposizione da fornitori come Climeworks e Charm Industrial, possono reimmettere l'anidride carbonica nella geosfera. Secondo le previsioni più ottimistiche, entro i prossimi 20-30 anni questi strumenti potranno essere adottati su scala più vasta a costi accessibili, e ripompate nella geosfera il 10% delle emissioni attuali. Per riuscire ad azzerare le emissioni nette rimuovendo il carbonio, non serve interrompere del tutto l'uso di combustibili fossili; però bisogna usarli in quantità decisamente minori e con miscele più ecosostenibili (il gas naturale brucia con il 50% di emissioni in meno rispetto al carbone, mentre i vari tipi di petrolio si collocano a livelli intermedi).

Conservare le risorse finite

La produzione manifatturiera ha la responsabilità di usare meno combustibili fossili e controllare i materiali pericolosi. Se vogliamo mantenere nella geosfera quantità maggiori di carbone, petrolio e gas

(per motivi ambientali ma anche economici), nei prossimi decenni dovremo estrarre enormi quantità di metalli e minerali dal sottosuolo per sostituire la nostra infrastruttura energetica con tecnologie come turbine eoliche, batterie, pannelli solari, centrali nucleari e smart grid.

La matrice di McKinsey, nella Figura 2-3, mostra il fabbisogno di materie prime per la transizione energetica. Altri prodotti come dispositivi elettronici, automobili, aeroplani, elettrodomestici e apparecchiature mediche hanno bisogno degli stessi materiali.

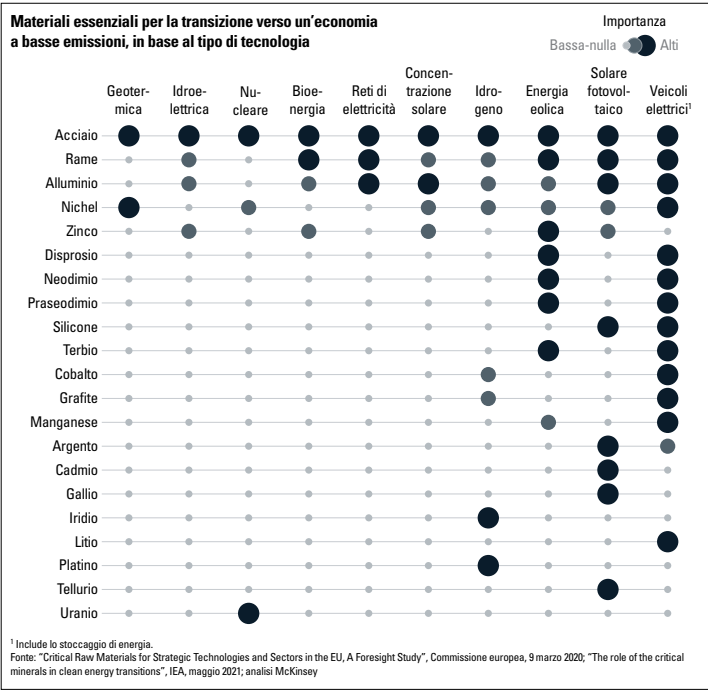


FIGURA 2-3: materiali finiti economicamente critici.

Per saperne di più sulla Figura 2-3, visita la pagina [PTC.com/beyond-the-book](https://www.ptc.com/beyond-the-book).

Il problema in luoghi come Stati Uniti, Europa, Giappone, Corea del Sud e altre economie industriali è che queste materie prime spesso non sono disponibili in quantità sufficienti entro i confini nazionali. Pertanto, se da un lato la circolarità può comportare grossi vantaggi sul piano ambientale, dall'altro oggi viene promossa allo scopo di incentivare l'uso di materiali critici all'interno delle economie per motivi di sicurezza nazionale.



RICORDA

La circolarità è destinata a rimanere nei paesi a manifattura avanzata proprio perché necessaria sul piano economico. Le linee di produzione non possono funzionare senza abbastanza materie prime.

Regolamentare i problemi

Per limitare le conseguenze della produzione manifatturiera, sono stati introdotti regolamenti sul controllo dei materiali pericolosi, sulla decarbonizzazione e sulla circolarità. Questi *regolamenti* sono condizioni di mercato da integrare nei piani e progetti di produzione aziendali.

La portata dei regolamenti e degli standard di sostenibilità può certamente metterti a disagio. Di questo si occuperanno l'Ufficio Legale e l'Ufficio Conformità, che non mancheranno di chiedere il tuo intervento quando necessario. Per gli esperti del ciclo di vita, i regolamenti principali si riducono a un breve elenco di azioni da compiere, a cui si fa comunemente riferimento nei programmi sul ciclo di vita dei prodotti. Queste azioni sono descritte nella Tabella 2-1.

TABELLA 2-1 Regolamenti per Ridurre l'Impronta Ambientale

Regolamento o direttiva	Pertinenza con il ciclo di vita dei prodotti
Direttiva sulla rendicontazione societaria di sostenibilità (CSRD, <i>Corporate Sustainability Reporting Directive</i>)	Richiede alle aziende soggette di rendicontare il loro impatto ambientale. Si può applicare ai produttori con sede nell'UE e alle rispettive supply chain a livello globale. In altre parole, riguarda quasi tutte le aziende manifatturiere medio-grandi nel mondo.
Direttiva sul dovere di diligenza delle imprese ai fini della sostenibilità (CSDDD, <i>Corporate Sustainability Due Diligence Directive</i>)	Se la CSRD impone la <i>divulgazione</i> , la CSDDD impone l' <i>azione</i> , in quanto obbliga le aziende a ridurre il loro impatto ambientale in modi verificabili, con particolare attenzione alla decarbonizzazione e alla circolarità.
Direttiva sulla registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione delle sostanze chimiche (REACH, <i>Registration, Evaluation, Authorisation & Restriction of Chemicals</i>)	Prevede limitazioni all'uso di materiali pericolosi per qualsiasi prodotto, con una lunga lista di sostanze (241 per l'esattezza, in continuo aggiornamento).
Direttiva sulla restrizione dell'uso di determinate sostanze pericolose (RoHS, <i>Restriction of Hazardous Substances</i>)	Stabilisce misure volte a limitare l'uso di sostanze pericolose per apparecchiature elettriche ed elettroniche. Si applica unicamente a 10 sostanze.
Direttiva sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE)	Riguarda la progettazione circolare e una tassa pagata dai produttori per finanziare la raccolta dei rifiuti elettronici presso i centri di riciclo pubblici.



RICORDA

Non bisogna essere per forza degli esperti di normative. Le responsabilità degli esperti del ciclo di vita in materia di conformità solitamente si limitano a misurare l'impronta ecologica dei prodotti e a lavorare per un miglioramento progressivo.

Dichiarazioni ambientali di prodotto

Le aspettative sulla sostenibilità hanno portato alla dichiarazione ambientale di prodotto (EPD). Un'EPD è un po' come un'etichetta nutrizionale, che però indica l'impatto ambientale di un prodotto. La Figura 2-4 mostra un esempio di EPD con l'impatto ambientale dei prodotti in termini di energia consumata, emissioni di CO₂, acidificazione degli oceani, inquinamento idrico, buco dell'ozono e inquinamento dell'ozono a livello del suolo.

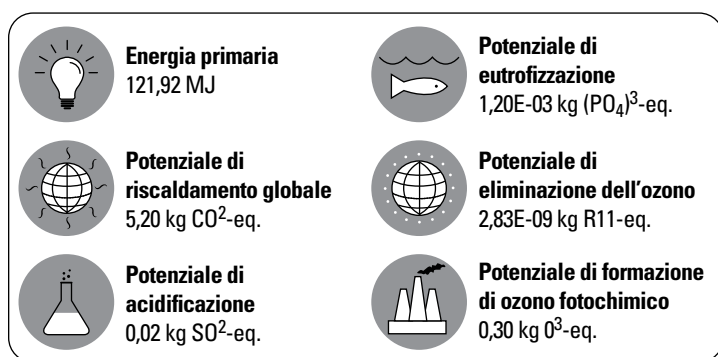


FIGURA 2-4: esempio di EPD.

Le EPD sono dichiarazioni di riepilogo derivanti da valutazioni del ciclo di vita (LCA) più esaustive. Anche se i consumatori più informati possono servirsene per scegliere quali prodotti acquistare, le EPD sono più spesso usate nelle transazioni business-to-business (B2B). In futuro, però, questa tendenza può cambiare se le EPD verranno presentate in formati semplificati, più adatti ai consumatori.



SUGGERIMENTO

I programmi per le distinte base (BOM) possono offrire un livello significativo di automazione sia per le LCA sia per le EPD.

Normative sui materiali pericolosi

Gli approcci su cui si fondano i regolamenti sui materiali pericolosi (come le direttive REACH e RoHS) sono piuttosto simili: la soluzione migliore è non usare queste sostanze oltre le quantità residue specificate. Ma se lo si fa, si deve provare che queste non sono nocive né per l'essere umano né per l'ambiente nelle fasi di produzione, uso o fine vita.



I PFAS (sostanze per- e polifluoroalchiliche) potranno essere la prossima categoria di materiali pericolosi soggetta a controlli analoghi, anche se alla data di pubblicazione di questo libro non sono ancora regolamentate in modo uniforme. Chiunque fabbrica prodotti che resistono al calore, ai grassi o all'acqua, può dover mitigare problemi legati ai PFAS.

Regolamenti in materia di decarbonizzazione

La direttiva CSRD impone di misurare i gas serra e la CSDD spinge ad adottare obiettivi basati sulla scienza (SBT, *Science-Based Targets*) al fine di azzerare le emissioni nette. Naturalmente, il primo passo consiste nel misurare ciò che si intende migliorare.

Protocollo sui gas serra (GHG)

Proprio come la rendicontazione finanziaria ha delle regole (ad es., i GAAP) per misurare le transazioni con un'unità riconosciuta (ad es., il dollaro), anche la rendicontazione sui gas serra ha a un regolamento preciso, detto Protocollo sui gas serra, per misurare le emissioni di gas responsabili del riscaldamento globale (l'unità di misura è la tonnellata metrica di anidride carbonica equivalente, o MTCO_{2e}). La rendicontazione sui gas serra è suddivisa in più categorie dette *Scope* (o "ambiti"), ognuna delle quali mira a incentivare determinati comportamenti da parte delle aziende. Vediamo quali sono gli ambiti più pertinenti per gli esperti del ciclo di vita:

- » **Scope 1 — Emissioni dirette:** carburante bruciato in sedi aziendali, impianti produttivi e veicoli di proprietà o in affitto/nolegg (escluso, quindi, il carburante usato dai fornitori). I produttori sono incoraggiati a sostituire i combustibili fossili con l'elettricità o altre fonti di energia potenzialmente rinnovabili. Questo ambito spinge inoltre le aziende a ridurre le emissioni dei veicoli di servizio, evitando i viaggi non necessari e passando a modelli elettrici.
- » **Scope 2 — Emissioni indirette (generazione di energia):** vale a dire l'uso dell'energia ricavata da fonti inquinanti come carbone, gas o petrolio (la cosiddetta *brown energy*). Tecnicamente, anche l'energia termica acquistata sotto forma di vapore rientra in questa categoria. Lo Scope 2 incentiva le aziende a sostituire l'energia ricavata da combustibili fossili con elettricità ricavata da fonti rinnovabili. (**Nota:** l'energia nucleare è apprezzata per le basse emissioni di CO₂ ma non è considerata rinnovabile, anche se resta un'opzione per ridurre le emissioni di Scope 2).

» **Scope 3 — Emissioni indirette (catena del valore):** lo Scope 3 include le emissioni generate lungo la catena del valore, incluse le attività che precedono l'assemblaggio del prodotto (*upstream*) e che seguono la vendita del prodotto (*downstream*). Questo ambito è articolato in una serie di sottocategorie, tra cui le più comunemente rilevanti per i prodotti sono:

- **3.1 — Beni e servizi acquistati:** ad esempio, il carbonio incorporato nei materiali che arrivano al ricevimento merci e che si accumula a partire dalle attività a monte della supply chain, come l'estrazione mineraria, il trasporto, la lavorazione dei materiali e la fabbricazione di livello inferiore. Questa sottocategoria spinge le aziende a scegliere fornitori a più bassa intensità di emissioni e a limitare l'uso di materiali.
- **3.4 — Trasporto e distribuzione:** vale a dire le emissioni generate dalle spedizioni nella supply chain. L'obiettivo è incentivare le aziende a preferire metodi di trasporto meno inquinanti (ad es., su gomma invece che in aereo, o carburanti ricavati da fonti rinnovabili e non da combustibili fossili). Inoltre, questa sottocategoria spinge a scegliere unità produttive remote per incentivare l'uso di supply chain locali.
- **3.11 — Uso di prodotti venduti:** si riferisce all'elettricità ricavata da combustibili fossili o fonti non rinnovabili che i clienti usano per far funzionare i prodotti. Questa categoria spinge le aziende a vendere prodotti alimentati non con combustibili fossili ma con energia potenzialmente rinnovabile (cioè, principalmente prodotti elettrificati).
- **3.12 — Trattamento a fine vita:** si riferisce alle emissioni generate durante il trasporto, l'incenerimento o la decomposizione delle parti o dei prodotti non più in uso. Incentiva le aziende ad adottare un approccio circolare (che contribuisce a sua volta a realizzare gli obiettivi dello Scope 3.1, poiché prevede una supply chain più efficiente in termini di emissioni).

L'azienda non ha bisogno di calcolare l'impronta ambientale totale, comprensiva cioè delle emissioni generate dalle attività in ufficio, dalle trasferte e altro ancora. Ma sarà necessario calcolare l'impronta dei prodotti (PCF, *Product Carbon Footprint*), un concetto che, nella rendicontazione sui gas serra, include:

- » il carbonio incorporato nei materiali e nelle parti del fornitore, comprensivo del trasporto all'impianto di produzione (Scope 3.1 e 3.4)
- » le emissioni generate dalle energie non rinnovabili usate negli impianti di produzione (Scope 1 e 2)

- » le emissioni generate dalle energie non rinnovabili usate per far funzionare il prodotto per tutto il suo ciclo di vita (Scope 3.11)
- » le emissioni generate per recuperare o smaltire il prodotto a fine vita (Scope 3.12)

I pezzi di ricambio e l'invio degli stessi, il trasporto operativo e il carburante sono ambiti che possono aggiungersi allo Scope 3, ma incidono meno a livello di impronta ecologica.

Occuparsi di tutto ciò può sembrare oneroso, ma il sistema di gestione del ciclo di vita del prodotto (PLM) può venire in aiuto. Una distinta base ben dettagliata può gestire i dati necessari per calcolare l'impronta dei prodotti, incluse le emissioni di CO₂ e altri attributi da aggregare a livello di materiale, componente e configurazione.

Impegni verso l'azzeramento delle emissioni nette

Un'altra responsabilità in materia di decarbonizzazione è l'azzeramento netto dell'impronta dei prodotti con metodi basati sulla scienza. Le direttive CSRD e CSDDD richiedono a molte aziende di definire obiettivi di azzeramento delle emissioni nette, e di verificare le riduzioni sulla base di evidenze scientifiche. Tale impegno deve essere portato avanti da tutta l'azienda ma, essendo la maggior parte delle emissioni legate all'offerta dei prodotti, tutti coneranno su di te per raggiungere il risultato.

La Figura 2-5 mostra un approccio basato sulla scienza all'azzeramento delle emissioni nette, che riguarda gli elementi seguenti:

- » **Misurazione di riferimento:** è l'impronta ecologica di partenza dell'azienda, sulla quale si basa l'impegno alla riduzione.
- » **Obiettivo a breve termine entro il 2030:** entro il 2030, le emissioni degli Scope 1 e 2 dovranno risultare più basse almeno del 42%. E quelle dello Scope 3, in particolare dello Scope 3.1 (supply chain), dovranno essere ridotte almeno del 25%.
- » **Impegno per l'azzeramento delle emissioni entro il 2050:** entro il 2050, le emissioni nette dovranno essere ridotte di oltre il 90% rispetto al livello iniziale. Eventuali emissioni residue (fino al 10%) richiederanno l'acquisto verificabile di tecnologie di rimozione del carbonio per raggiungere lo zero netto.

Le tecnologie di rimozione del carbonio sono molto costose ma non necessarie fino a quando non viene dichiarata la data in cui si prevede di raggiungere lo zero netto. Ad esempio, potresti avere un fornitore di

materiali che, nel 2051, usa ancora un macchinario alimentato a combustibile fossile. Se tale macchinario emette 1 MTCO₂e per produrre un materiale che hai ordinato, nei tuoi obiettivi di Scope 3.1 verrà contabilizzata 1 MTCO₂e. La tua azienda potrà poi pagare un operatore specializzato, come Climeworks, per il sequestro permanente di una tonnellata di CO₂ a prezzo di mercato (ad esempio 100 \$). Questo approccio ti permetterà di mantenere l'impegno di azzerare le emissioni nette, ma il costo effettivo del materiale aumenterà di \$100.

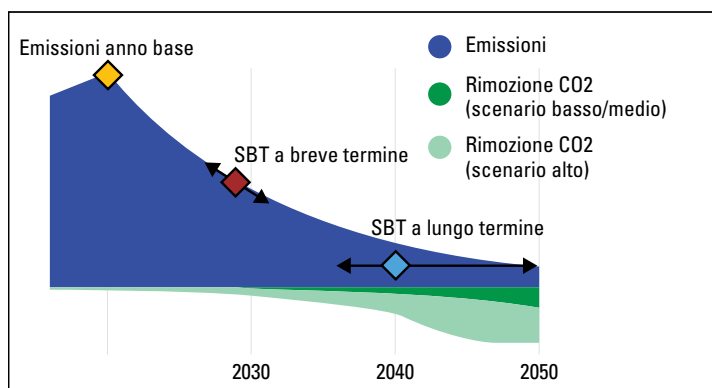


FIGURA 2-5: il percorso verso la decarbonizzazione.

Per saperne di più sulla Figura 2-5, visita la pagina [PTC.com/beyond-the-book](https://www.ptc.com/beyond-the-book).

Regolamenti sulla circolarità

Circolarità dei prodotti vuol dire ridurre gli scarti attraverso la riparazione, il riutilizzo, il ricondizionamento, la rigenerazione e il riciclo. Oggi, la direttiva RAEE promuove il riciclo di base dei dispositivi elettronici, il che si ricollega ai controlli a fine vita previsti dai regolamenti REACH e RoHS per le sostanze pericolose comunemente presenti nei prodotti elettronici.

A partire da questo decennio, i passaporti digitali di prodotto (DPP, *Digital Product Passports*) obbligano alcuni produttori di batterie a garantire il recupero circolare dei materiali contenuti nei loro prodotti, comprese le parti e i prodotti a fine vita. I passaporti digitali diventeranno necessari anche per altri prodotti, ma alla pubblicazione di questo volume non c'erano ancora date definitive.

Nella Figura 2-6, il passaporto digitale tiene traccia dei resoconti sull'impatto e dei flussi dei materiali per i prodotti fisici. Esso riassume i contenuti dei materiali, le sostanze pericolose, l'impronta carbonica, il consumo di acqua e il potenziale circolare del prodotto in esame. Questi dati sono noti e vengono resi disponibili prima della vendita; i dati post-vendita, invece, includono le transazioni relative ai materiali per la manutenzione, le prove di restituzione dei componenti ed eventuali prove di restituzione o trasferimento a fine vita.

Per questi passaporti digitali, c'è ancora un po' di incertezza sul livello di tracciabilità richiesto prima e dopo la vendita (e per quali prodotti). I beni serializzati più costosi richiederanno più probabilmente il tracciamento dopo la vendita, a differenza dei prodotti deperibili fabbricati in lotto e ancora nelle fasi preliminari.

Resoconto
N. di serie: 4040425A1
Produttore: Universal Exports
Modello prodotto: Lightning-A.1
Impronta ecologica: 1,2 kg
Utilizzo di acqua: 14,5 litri
Composizione materiale
1,23 kg alluminio (60% riciclato)
0,29 kg acciaio inossidabile (30% riciclato)
0,003 kg cobalto (0% riciclato)
Registro delle attività
18/11/2024: prodotto presso lo stabilimento di Denver
19/11/2024: ricevuto dal proprietario XYZ
23/01/2025: parte 123 sostituita con RMA 456

FIGURA 2-6: un esempio semplificato di DPP.

I DPP richiedono una robusta configurazione tecnica e dati di servizio accurati. Per fortuna, oltre alla conformità, i passaporti offrono anche importanti opportunità di aumentare i ricavi, di cui parleremo nel Capitolo 3.

- » Imparare alcune tecniche per ridurre l'impronta ecologica in modo redditizio
- » Concentrarsi sulla decarbonizzazione e sulla circolarità

Capitolo 3

Allineare sostenibilità e valore aziendale

La riduzione dell'impronta ecologica è sostenibile solo se redditizia. Limitarsi a dire “fa bene al pianeta” rischia di non ottenere l'effetto desiderato se non si aggiunge “ed è anche una priorità commerciale”.

Oggi possiamo contare su un nutrito catalogo di opportunità redditizie; un catalogo che continua ad arricchirsi di nuove tecnologie sempre più scalabili. Seguono alcuni esempi di prodotti che sostituiscono le loro versioni non ecosostenibili senza rinunciare al valore finanziario:

- » **Articoli di consumo:** a parità di prezzo, le lampadine LED durano 30 volte di più e garantiscono un risparmio energetico 7 volte superiore rispetto a quelle a incandescenza.
- » **Automotive:** le trasmissioni elettriche hanno circa 20 parti in movimento rispetto alle circa 2.000 delle versioni a combustione interna (ICE). La ricarica costa dal 50 al 90% in meno rispetto al rifornimento di carburante. Un veicolo elettrico (EV) accelera circa il 50% più velocemente rispetto a un veicolo a combustione di pari prezzo.
- » **Produzione industriale:** per espandere la produzione di energia su larga scala, gli impianti solari ed eolici sono generalmente più

economici delle centrali a combustibili fossili. Anche su scala ridotta, il solare installato in loco di solito ripaga l'investimento iniziale entro 5-7 anni.

- » **High tech:** uno smartphone costa meno e svolge molte più funzioni rispetto alle combinazioni di cellulari a conchiglia, unità GPS, fotocamere digitali, lettori MP3, calcolatrici e torce, che nel complesso impiegano molti più materiali.
- » **Aerospace:** le tecnologie propulsive avanzate, come i motori Geared Turbofan, i materiali compositi più leggeri e l'aerodinamica migliorata, hanno generato consumi più efficienti del 15-20%. Un aumento dell'8% della densità dei posti a sedere, unito a un'ottimizzazione del 10% degli orari, ha permesso di migliorare l'efficienza per passeggero tra il 30 e il 40%.

Questo capitolo si concentra sulle opportunità di decarbonizzazione e circolarità. Rispetto ai controlli sui materiali pericolosi (di cui parlo nel Capitolo 2), la decarbonizzazione e la circolarità offrono approcci flessibili per raggiungere risultati in linea con i requisiti normativi. Spesso, questi approcci generano redditività oltre ai vantaggi in termini di conformità.

Il valore della decarbonizzazione

Emettere anidride carbonica ha un costo, ed evitare attività non necessarie che producono emissioni può far risparmiare. La Figura 3-1 mostra quanto notato da McKinsey durante i suoi studi, e cioè che le aziende manifatturiere possono abbattere dal 20 al 60% le loro emissioni entro il 2030 con metodi redditizi. Molte possono arrivare persino al 50-60%.

OPINIONE DEGLI ANALISTI SULL'ALLINEAMENTO DEL VALORE

In un report del 2024, Paul Miller di Forrester ha sottolineato i vantaggi commerciali del ridurre l'impronta di carbonio: "Nel 2021, il settore industriale era responsabile del 31% del consumo energetico globale e del 38% delle emissioni di CO₂ riassegnate, oltre a essere un grosso consumatore di risorse naturali finite. I costi in aumento dell'energia e delle materie prime, uniti a normative ambientali stringenti, rendono la riduzione dei consumi e degli sprechi una decisione vantaggiosa anche per i dirigenti meno sensibili ai temi del clima".

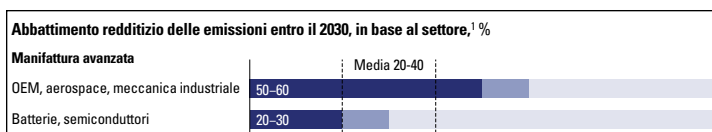


FIGURA 3-1: efficienze in termini di costo che riducono anche le emissioni.

Per saperne di più sulla Figura 3-1, visita la pagina [PTC.com/beyond-the-book](https://www.ptc.com/beyond-the-book).



Invecchiando più velocemente, batterie e semiconduttori faticano a riutilizzare i componenti vecchi per ridurre le emissioni nei nuovi prodotti. Tuttavia, a supporto della portata e della rapidità del valore, secondo Mark Reisig di CIMdata le aziende high tech che per ridurre le emissioni investono in hardware ad alta efficienza energetica, riciclo dei materiali e ottimizzazione delle supply chain hanno registrato un ritorno sull'investimento (ROI) tra il 10 e il 30% nei primi 18 mesi.

Segue una lista di ciò che gli esperti del ciclo di vita possono fare per accedere a opportunità di decarbonizzazione.

Ridurre il materiale nei progetti dei componenti

I software CAD offrono capacità di *generative design*, iterate con simulazioni di performance che ottimizzano l'uso dei materiali entro vincoli dichiarati (geometria, valori termici, resistenza, processi di produzione e così via). La Figura 3-2 mostra come il *generative design* può suggerire tre opzioni, qualificate in base a dei vincoli, per ridurre l'uso di materiale nel tubo dello sterzo di una bici elettrica. L'ingegnere potrà quindi scegliere l'opzione più adatta sulla base di criteri come il costo. Le opzioni di fabbricazione additiva in genere propongono il più basso impiego di materiale, ma hanno anche un costo maggiore e una minore capacità produttiva rispetto alle opzioni sottrattive.

Gli ingegneri più esperti che promuovono questi approcci mi riferiscono che i progettisti alle prime armi riescono a creare componenti molto più efficienti di quanto invece loro, manualmente, non riuscivano nemmeno a sognare – seppur con decenni di esperienza in più. Gli applicativi CAD aiutano a ridurre l'uso di materiale, il che permette di risparmiare, in proporzione, sia il carbonio incorporato proveniente dai fornitori della materia prima (Scope 3.1) sia il costo del materiale stesso. Un altro vantaggio è la riduzione del peso, di grandissima utilità per applicazioni in movimento come i veicoli (Scope 3.11). Gli ambiti (*Scope*) delle emissioni di gas serra sono dettagliati nel Capitolo 2.



FIGURA 3-2: esempio di *generative design* che ha permesso di ridurre il materiale di un componente.

Dematerializzare con l'aiuto di software incorporati

Portando all'estremo la riduzione del materiale, possiamo affermare che alcune parti meccaniche possono essere sostituite da componenti software. Un mio aneddoto spiega perfettamente questo valore: una volta ho ricevuto un richiamo per l'auto elettrica perché il sensore di sicurezza del finestrino non funzionava sempre bene e rischiava di ferire le dita (come quando un bambino lo usa per giocare). Mi ero già rassegnato all'idea di dover passare un paio d'ore in concessionaria a fissare distrattamente il telefonino, quando ho letto meglio il messaggio: per il modello della mia auto, il sensore fisico era stato sostituito con un componente software. Il produttore mi avrebbe fornito un aggiornamento a distanza per risolvere facilmente il problema di sicurezza.

Sostituire il sensore con una soluzione software ha permesso al produttore di risparmiare sui costi, sul peso e sul carbonio incorporato di un componente fisico nella distinta base. Non solo: ha anche permesso di evitare la manodopera e le parti di ricambio necessarie per il richiamo. Tutto questo ha anche fatto di me un cliente più felice: ho davvero apprezzato il fatto che siano riusciti a risolvere il problema mentre facevo tutt'altro.



SUGGERIMENTO

Per farlo bene serve un approccio sistemico alla progettazione del prodotto, che include la gestione del ciclo di vita delle applicazioni (ALM) e quella del ciclo di vita del prodotto (PLM), in modo che il software incorporato modulare possa completare i design meccanici modulari. Queste combinazioni di software e hardware richiedono anche la tracciabilità dei requisiti e dei test per funzioni di sicurezza critiche, come il sensore del finestrino.

Migliorare i dati e la selezione dei fornitori

Nel caso dei materiali e dei componenti di base, il costo e l'impronta ecologica possono cambiare molto. Anche i rischi sono caratterizzati da un'alta variabilità. Dando agli ingegneri progettisti, nello specifico ai manager delle distinte base, l'accesso a database dei materiali e delle supply chain migliorano le scelte iniziali. E con il migliorare delle offerte dei fornitori emergono anche opportunità per ordini di modifica poco costosi in grado di ottimizzare costi, impronta ecologica e rischi (cambiare un fornitore di materiali di base raramente influisce sulle prestazioni o sul processo produttivo).

Bilanciare i criteri di selezione dei materiali

A differenza dei fornitori di materiali di base, che possono essere cambiati a basso costo in qualsiasi momento, modificare i materiali di un componente richiede uno sforzo considerevole con effetti su aspetti come geometria, prestazioni, attrezzaggio e altro.

I materiali hanno delle proprietà tecniche che non cambiano nel tempo o da un fornitore all'altro. Il coefficiente di dilatazione termica del rame sarà sempre 0,00017. Se la questione fosse solo gestire pochi materiali e concentrarsi unicamente sulle loro proprietà statiche non ci sarebbe bisogno di integrare un database di materiali.

Ma la sostenibilità introduce tre dimensioni dinamiche di dati sui materiali a cui bisogna fare attenzione.

Impronta ecologica, costi e attributi di rischio

Attributi come il costo e l'intensità delle emissioni cambiano spesso, anche da un produttore all'altro. I database dei materiali generalmente riflettono i costi medi globali e l'impronta ecologica senza fornire dati troppo specifici. Questo offre spesso un livello di precisione sufficiente per fare scelte informate sui materiali (come alluminio o acciaio, acciaio di grado A o B), bilanciando criteri di costo, prestazioni e impatto ambientale. Di solito, il fornitore viene scelto dopo le decisioni di progettazione.

Nuovi blend riciclati

I materiali comuni, come l'acciaio, hanno nuovi blend di contenuti riciclati e metodi di lavorazione (ad es. 80% di acciaio riciclato). Questi blend e metodi di lavorazione non hanno solo costi e impronte ecologiche differenti, ma anche proprietà tecniche differenti. Di conseguenza, non possiamo limitarci a sostituire l'acciaio vergine con l'acciaio riciclato e aspettarci le stesse caratteristiche di resistenza, rigidità o altre proprietà.

Nuovi materiali

Grazie all'intelligenza artificiale e ai crescenti investimenti nella scienza dei materiali di base, sono sempre più disponibili nuovi materiali. Integrare i database di materiali con i responsabili decisionali CAD e PLM è importante per scegliere i materiali giusti. Questa scelta è ad alto rischio (in termini di costi, prestazioni e impronta ecologica) e cambiare idea in un secondo momento, durante la progettazione o la post-produzione, costa caro. In più, i progettisti hanno l'obbligo di tracciare dove usano i materiali per valutare se gli aggiornamenti degli attributi possono richiedere modifiche.



Per farti un'idea più chiara del ritmo con cui vengono introdotti nuovi materiali, puoi leggere il progetto GNoMe 2023 di Google, che ha identificato 380.000 nuovi materiali stabili. Prima di quella data, ne erano stati scoperti soltanto 48.000! Se vuoi saperne di più, visita la pagina delle risorse di questo libro all'indirizzo PTC.com/beyond-the-book.

Predisporre unità produttive remote

I prodotti costosi e pesanti venduti in tutto il mondo comportano costi elevati di trasporto e dogane. Ad esempio, un produttore di automobili con un unico stabilimento di assemblaggio deve organizzare la spedizione internazionale di due tonnellate di componenti al proprio impianto, per poi consegnare un'auto di due tonnellate al cliente finale, ovunque si trovi. E sui costi di trasporto potrebbero gravare anche dazi doganali non indifferenti. Buona parte delle spese di trasporto odierne copre i costi dei combustibili fossili, aggiungendo il carbonio incorporato al costo dei prodotti finiti.

Con le unità produttive remote, le grandi case automobilistiche oggi tendono a localizzare gli impianti di assemblaggio vicino ai mercati locali (come Stati Uniti, Cina e Germania) usufruendo delle supply chain sul territorio. Questo approccio permette di ridurre costi e impronta ecologica, oltre a compensare eventuali rischi associati alle interruzioni della supply chain, dovute ad esempio a uragani, dazi e conflitti.



SUGGERIMENTO

Le unità produttive remote sono un'opportunità non solo per il settore automotive: qualsiasi produttore specializzato in prodotti pesanti o costosi attivo su scala globale può trarre beneficio. Però, bisogna gestire la variabilità dovuta alle diverse linee di produzione e supply chain. Il design modulare con pianificazione della produzione può aiutare ad affrontare queste complessità. Pensando alle opportunità offerte dalla circolarità, rigenerare ha il potenziale di garantire una distribuzione addirittura maggiore quando rilavorare è più facile di produrre interamente da zero.

Simulare la fabbricabilità

Per i componenti prodotti internamente (detti anche *parti interne*), ottimizzare i costi spesso comporta risparmi in termini di impronta ecologica. Ridurre gli scarti consente di risparmiare sia il carbonio incorporato nei materiali sia i costi, mentre l'efficienza energetica riduce i costi delle bollette (e anche l'impatto ambientale, se la fonte usata non è pulita al 100%).

Per un determinato processo di produzione, le simulazioni possono raccomandare modifiche in termini di geometria, caratteristiche di controllo, trattamento e altro allo scopo di ridurre gli scarti e il consumo energetico. In più possono suggerire materiali e processi di produzione alternativi per contenere i costi e l'impronta ecologica.

Le simulazioni di fabbricabilità possono prevedere l'incidenza della produzione sull'impronta ecologica del prodotto, che deve essere integrata nelle dichiarazioni ambientali di prodotto (EPD). Tutto questo evita dispendiose analisi manuali.

Automatizzare le EPD

Le EPD con report sull'impronta ecologica di prodotto (PCF, *Product Carbon Footprint*) sono costose da produrre manualmente. Le stime variano, ma spesso si situano tra i 10.000 e i 50.000 USD (e oltre). E non si tratta solo di una spesa notevole per le aziende che offrono molte varianti di prodotto; è anche una complicazione non indifferente visto il limitato numero di ingegneri ambientali disponibili ad accollarsi l'ondata di nuovi PCF/EPD.



COSE DA
TECNICI

I dati PCF possono essere in gran parte aggregati in distinte base di alta qualità gestite nel PLM, e queste ultime possono alimentare gli strumenti di valutazione del ciclo di vita (LCA, *Life Cycle Assessment*) automatizzando in larga misura la generazione delle EPD. Nel gergo della sostenibilità, le distinte base gestite tramite il PLM si occupano dei dati dell'inventario del ciclo di vita (LCI, *Life Cycle Inventory*), che il software di LCA userà per calcolare la valutazione d'impatto del ciclo di vita

(LCIA, *Life Cycle Impact Assessment*) da inserire nell'EPD. La chiave per un'automazione di successo è una solida distinta base gestita tramite PLM, completa di informazioni riguardanti materiale, parte, fornitore e attributi a livello di configurazione su carbonio incorporato ed emissioni collegate all'attività. Poi, serve uno strumento LCA in grado di ricevere i dati della distinta base, fare i dovuti calcoli e generare risultati sull'impianto ambientale da trasmettere al PLM.

Il valore della circolarità

Il fine ultimo della circolarità è conservare le risorse finite. Il framework globale più riconosciuto per la circolarità è il diagramma a farfalla della Ellen MacArthur Foundation, anche se troppo dettagliato per essere riprodotto in questo libro merita almeno una ricerca online. Per saperne di più, visita la pagina [PTC.com/beyond-the-book](https://www.ptc.com/beyond-the-book).

La circolarità comprende i flussi di materiali organici (con compostaggio e rigenerazione) e i flussi di materiali finiti. La produzione manifatturiera si concentra soprattutto sui materiali finiti, vale a dire metalli, minerali, ceramiche, plastiche e via dicendo. Nel tempo, però, il settore ha incorporato una quantità maggiore di biomateriali, contribuendo al compostaggio sicuro di materie rinnovabili, soprattutto per le parti monouso o a forte usura.



RICORDA

Un aspetto centrale della circolarità dei materiali finiti è che il riciclo non è affatto la soluzione migliore per noi. Riparare, riutilizzare, rimettere a nuovo e rigenerare sono tutte strategie più efficienti da considerare prima del riciclo. Per spiegarla in termini economici riportiamo la cosiddetta "collina del valore" (o *Value Hill*) dell'economia circolare nella Figura 3-3, che dimostra quanto la circolarità è allineata al valore commerciale.

Riguardo ai prodotti con un ciclo di vita lineare, per ogni unità, è necessario estrarre le materie prime, lavorare i materiali e i componenti nei livelli inferiori, assemblare il tutto e trasportare il prodotto finito verso i punti vendita e verso il cliente. Se il prodotto si rompe o il cliente smette di usarlo, il fatto di gettarlo equivale a distruggere tutti e cinque i livelli del valore. Molto meglio cercare di recuperare e conservare il valore del prodotto a un livello più alto attraverso la riparazione, il riutilizzo, la rimessa a nuovo, la rigenerazione e il riciclo (in quest'ordine).

Sembra tutto molto sensato, ma il trucco è massimizzare la redditività di queste operazioni, il che può avvenire solo a fronte di una progettazione ed esecuzione del servizio adeguate.

Per saperne di più sulla collina del valore, visita la pagina [PTC.com/beyond-the-book](https://www.ptc.com/beyond-the-book).

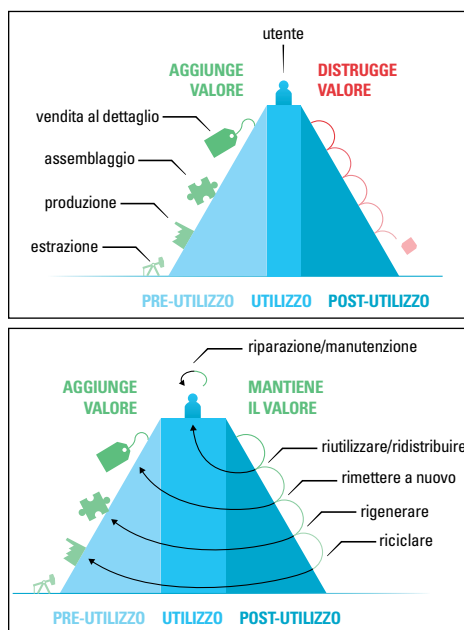


FIGURA 3-3: la "collina del valore" mostra quanto la circolarità è allineata al valore commerciale.

Progettare in maniera modulare



La modularità genera sia la domanda che l'offerta dei servizi di riutilizzo, rimessa a nuovo e rigenerazione dei componenti. Inoltre, favorisce anche i design classici, per utenti che vogliono usare i prodotti più a lungo, fare la manutenzione e attraversare più generazioni di prodotto.

Alcuni noti marchi di giocattoli sono leader del mercato ormai da decenni, proprio grazie al loro valore modulare. Penso in particolare a due marchi che mi hanno accompagnato durante l'infanzia e sono piaciuti moltissimo anche ai miei figli, i quali mi hanno persino chiesto di tenerli da parte per i miei nipotini. LEGO e Playmobil si distinguono per l'eccezionale design modulare, che permette a chi gioca di riconfigurare i componenti a piacimento. Una volta che la nave dei pirati è fatta e finita, la si può trasformare in una stazione spaziale! È raro che qualcuno butti via i LEGO o i Playmobil.

Il settore automotive è stato uno dei primi ad adottare la progettazione modulare. Basta visitare il sito web di una casa automobilistica per configurare il modello preferito a piacimento: motore, colore, misure dei cerchi, tetto panoramico, fendinebbia, sedili sportivi, altoparlanti e chissà cos'altro. Così non solo i consumatori ottengono la variabilità che cercano, ma i produttori possono gestire un'efficiente rete di ricambi grazie a una serie limitata di parti necessarie per tutte le configurazioni. Le auto modulari attirano un mercato più ampio di acquirenti e aumentano i margini sui ricambi. Anche le auto dismesse mantengono un valore commerciale, perché progettate in modo da disassemblarle, riutilizzare i pezzi recuperabili e riciclare efficientemente buona parte dei materiali.

Senza la progettazione modulare, diventa difficile rendere redditizi gli approcci circolari, a eccezione del riciclo di base. Per gli esperti del ciclo di vita, la progettazione modulare comprende software, hardware e componenti elettronici, che sviluppano una correlazione modulare tra loro: ad esempio, una batteria modulare ha bisogno di un software modulare integrativo per funzionare con i diversi prodotti. Una distinta base ingegneristica unificata nel PLM aiuta a gestire questi sistemi modulari, con il contributo di elementi software modulari ALM. I derivati *downstream* che richiedono intelligenza modulare includono la distinta base di fabbricazione, quella di assistenza, di disassemblaggio e le istruzioni per gli operatori in prima linea.

Inviare i tecnici come ultima risorsa

Per restare in cima alla collina del valore (v. la sezione precedente “Il valore della circolarità”), bisogna creare prodotti che possono essere riparati. Così non solo i prodotti dureranno più a lungo, ma le attività di assistenza potranno contribuire significativamente alla crescita e ai margini.

Oggi tutti i produttori offrono almeno garanzie di base, e molti implementano diversi livelli di assistenza (contratti, leasing, accordi basati sulle prestazioni e altro). Poiché il rischio associato ai costi di assistenza è sempre più a carico del produttore, l'obiettivo per aumentare i profitti è servire i clienti attraverso il canale più economico. Le opzioni a più basso costo per erogare servizi di assistenza, evidenziate nella Tabella 3-1, si allineano direttamente agli obiettivi di riduzione dell'impronta ecologica.



Per tutti i livelli sono fondamentali istruzioni specifiche per la configurazione, senza le quali la progettazione modulare complica il lavoro degli operatori di prima linea, che raramente vedranno quei prodotti in mansioni consecutive. Filtrare gli elenchi di componenti e le procedure

operative e di assistenza in base alla configurazione esatta aiuta a risparmiare tempo e componenti. Un aspetto fondamentale per la circolarità è che le procedure di assistenza devono estendersi al disassemblaggio e alla restituzione di componenti e materiali.

TABELLA 3-1 opzioni di erogazione di servizi di assistenza

Canale di assistenza	Costo per il produttore	Impronta ecologica
Self-service	\$ Nessuno o a carico del centro di contatto	Trascurabile
Assistenza remota	\$\$ Aggiornamenti software <i>over-the-air</i>	Trascurabile
Riparazione durante la prima visita	\$\$\$ Invio del tecnico, ricambi	Chilometraggio del furgone, carbonio incorporato nei ricambi
Visite ripetute	\$\$\$\$\$ Ulteriori ricambi e visite da parte del tecnico	Chilometraggio del furgone, carbonio incorporato nei ricambi

L'uso di software incorporato favorisce l'assistenza self-service o tramite personale tecnico (grazie a notifiche e avvisi precisi), ed è anche l'unico modo per offrire riparazioni in remoto perché i tecnici non possono sostituire componenti fisici a distanza.

Per l'assistenza sul posto, gli approcci basati sugli asset ottimizzano decisamente più degli invii su appuntamento. Infatti, usano strumenti intelligenti per evitare l'invio di un tecnico e risolvere il problema con interventi self-service o assistenza in remoto. Ma quando è necessario inviare un tecnico, il sistema fa una diagnosi a distanza e coordina le scorte di ricambi sul furgone per le riparazioni più probabili (e per evitare un secondo intervento). In più, calcola quando tali visite possono essere combinate con la manutenzione programmata.

Ordinare parti di ricambio come ultima risorsa



Le reti dei ricambi meritano un'attenzione particolare per l'ingente spesa e il volume di carbonio incorporato associati. Se produci beni durevoli con un fatturato di miliardi di dollari, probabilmente tieni in magazzino ricambi per decine o centinaia di milioni di dollari per rispettare i tuoi obiettivi di livello di servizio.

Un'ottimizzazione *multi-echelon* (cioè dai magazzini centrali alle aree intermedie e ai furgoni di servizio) basata su previsioni derivate dalla domanda storica può ridurre significativamente i costi di inventario dei

ricambi, e al tempo stesso migliorare i livelli di servizio. Ma i dati del PLM e i prodotti intelligenti connessi permettono di risparmiare ulteriormente in termini di costi e impronta ecologica. Più i pianificatori di ricambi conoscono la posizione specifica degli asset, i livelli contrattuali, le configurazioni e le condizioni, più riescono a ridurre l'inventario e i costi per le spedizioni urgenti.

In aggiunta, puoi monitorare i loop di restituzioni delle parti modulari circolari. Ad esempio, se hai dischi dei freni che tornano al processo di rigenerazione con un lead time di riassortimento di dieci giorni, puoi evitare di acquistare nuovi dischi dai fornitori per le esigenze previste oltre tale periodo. Puoi anche calcolare i risparmi in termini economici e di impronta ecologica nelle operazioni di riutilizzo, rimessa a nuovo e rigenerazione. Il valore della circolarità è verificabile dal punto di vista finanziario.

Differenziare i prodotti in base all'impronta ecologica

Alcuni segmenti di mercato sono disposti a pagare di più per acquistare prodotti a più bassa impronta ecologica. Questo tipo di guadagno si chiama *green premium*, e si riferisce ai consumatori sensibili ai temi ambientali che si rivolgono ad aziende B2C (*business-to-consumer*) e B2B (*business-to-business*) impegnate ad azzerare le emissioni nette. Alex McQueen di ABI Research osserva che “oggi i consumatori continuano a tendere verso prodotti sostenibili, attribuendo un peso maggiore alla sostenibilità nelle decisioni di acquisto. Le LCA sono diventate uno strumento importante per le aziende di prodotti di consumo che intendono soddisfare le aspettative dei clienti sul fronte della sostenibilità”.



SUGGERIMENTO

Di tanto in tanto, i governi mettono a disposizione sussidi a sostegno di approcci o prodotti più ecosostenibili. Approfitta dei *green premium* e dei sussidi pubblici, ma trattali come fattori dinamici che possono contribuire al tuo caso aziendale.

- » Inserire il valore della progettazione sostenibile nel ciclo di vita
- » Imparare dalla progettazione sostenibile (DfS)
- » Creare un framework DfS su misura per gli esperti del ciclo di vita
- » Esaminare le sequenze in contesti reali

Capitolo 4

Principi di progettazione sostenibile

In questo capitolo, mi focalizzerò sui concetti basilari della “progettazione sostenibile” (DfS, *Design for Sustainability*), vale a dire l’impegno a creare prodotti con un impatto minimo sull’ambiente e sulla società. E approfondirò l’argomento per offrire un framework DfS sintetico utile alle aziende manifatturiere.

Constatare il valore della DfS nel ciclo di vita

Visto che circa l’80% dell’impronta di un prodotto dipende da come è progettato, è fondamentale prendere le decisioni giuste fin dall’inizio: sostituire materiali o elementi di fissaggio, ma anche modificare la geometria, i processi produttivi, i software, i piani di servizio o i modelli di business diventa sempre più costoso.

Gli ingegneri che conoscono le nozioni di base e i sistemi dei requisiti in ambito DfS possono prendere decisioni migliori già dalle prime fasi della progettazione.

In cerca di informazioni valide sulla DfS

Al momento, non esistono linee guida consolidate per gestire in modo più sostenibile la progettazione dei prodotti manifatturieri (ed è uno dei motivi per cui è stato scritto questo libro!). Sono comunque disponibili

molte informazioni al riguardo visto che la DfS è un tema in evoluzione che oggi gode di grandi finanziamenti. In questa sezione condivido le risorse che ritengo più utili.

Le norme ISO 14000 coprono i temi della DfS, anche se principalmente a un livello più generale. La ISO 14001 (Sistemi di gestione ambientale), che offre certificazioni scalabili con migliaia di aziende partecipanti, fornisce indicazioni eccellenti a livello di programma ma non linee guida dettagliate per progettare prodotti manifatturieri.

Per le fasi preliminari della progettazione, le strategie di progettazione del ciclo di vita (LiDS, *Life cycle Design Strategies*) possono essere un riferimento utile e rapido. Ne parlo più dettagliatamente nel Capitolo 5.

Le linee guida per la progettazione disponibili in rete si basano soprattutto sul framework “*Design for X*”, supportato da molte persone che contribuiscono con contenuti gratuiti e anche a pagamento. La tabella 4-1 mostra alcune delle discipline trattate.

In aggiunta alle norme ISO14000, alle strategie di progettazione del ciclo di vita e alle aree di ricerca DfX, sono disponibili altri libri, articoli di blog, gruppi e risorse alla pagina [PTC.com/beyond-the-book](https://www.ptc.com/beyond-the-book).

TABELLA 4-1 Metodi di progettazione sostenibile

Metodo DfX	Obiettivo correlato alla sostenibilità
Assemblaggio (DfA, <i>Design for Assembly</i>)	Facilitare la fabbricazione e la riparazione.
Circolarità (DfC, <i>Design for Circularity</i>)	Mettere a punto i modelli di business e i fattori umani per supportare il recupero di materiali.
Disassemblaggio (DfD, <i>Design for Disassembly</i>)	Facilitare la riparazione e la restituzione a fine vita per migliorare la longevità dei prodotti.
Efficienza energetica (DfEE, <i>Design for Energy Efficiency</i>)	Ridurre l'energia operativa e i materiali di consumo associati ai prodotti.
Logistica (DfL, <i>Design for Logistics</i>)	Controllare l'acquisto dei pezzi di ricambio, i costi di spedizione e l'impatto ambientale associato.
Longevità (DfLG, <i>Design for Longevity</i>)	Gestire i componenti soggetti a usura alta e bassa per prolungare la vita del prodotto, riducendo gli sprechi.
Fabbricazione (DfM, <i>Design for Manufacturing</i>)	Limitare gli sprechi e il consumo di energia.

Metodo DfX	Obiettivo correlato alla sostenibilità
Riciclo (DfR, <i>Design for Recycling</i>)	Consentire la separazione dei materiali e l'uso secondario/ricorrente ad alto valore.
Rimessa a nuovo e rigenerazione (DfRM, <i>Design for Remanufacturing</i> ; DfRF, <i>Design for Refurbishing</i>)	Consentire più cicli di vita per moduli e componenti durevoli.
Riparazione e manutenzione (DfR, <i>Design for Repair</i> ; DfM, <i>Design for Maintenance</i>)	Prolungare la vita utile dei prodotti.
Riuso e riadattamento (DfRR, <i>Design for Reuse and Repurpose</i>)	Prevedere usi secondari (ad esempio, riutilizzare gli pneumatici consumati come ormezzi per moli).
Comportamento sostenibile (DfSB, <i>Design for Sustainable Behavior</i>)	Incentivare l'utente finale a usare, smaltire e restituire i prodotti in modo responsabile.
Uso (DfU, <i>Design for Use</i>)	Bilanciare l'uso di energia e materiali di consumo con la durata del prodotto.

Framework DfS per le aziende manifatturiere

Questo framework riassume buona parte della ricerca in campo DfS (v. sezione precedente) in una matrice di maturità di livello medio a uso e consumo degli esperti del ciclo di vita dei prodotti. La matrice è costituita da tre livelli, che affronteremo nel dettaglio in questo capitolo.

La Figura 4-1 è una rappresentazione grafica dei tre livelli e di come essi interagiscono tra loro.

Livello di componente



RICORDA

Per ridurre l'impronta ecologica dei componenti che progetti, tieni presente queste considerazioni:

- » **Scegli il materiale migliore.** Oltre alle caratteristiche tecniche come la resistenza, altre proprietà da considerare sono l'intensità delle emissioni di anidride carbonica, l'intensità idrica, le percentuali di contenuto *riciclato* e *riciclabile*, la tossicità, la conformità del fornitore e il costo. Le integrazioni con database commerciali aiutano non solo nello scegliere ma anche nell'adottare i materiali approvati dall'azienda. Troppa varietà di materiali può complicare la separazione a fine vita nei flussi di riciclo, ma è accettabile per i processi di rifabbricazione.

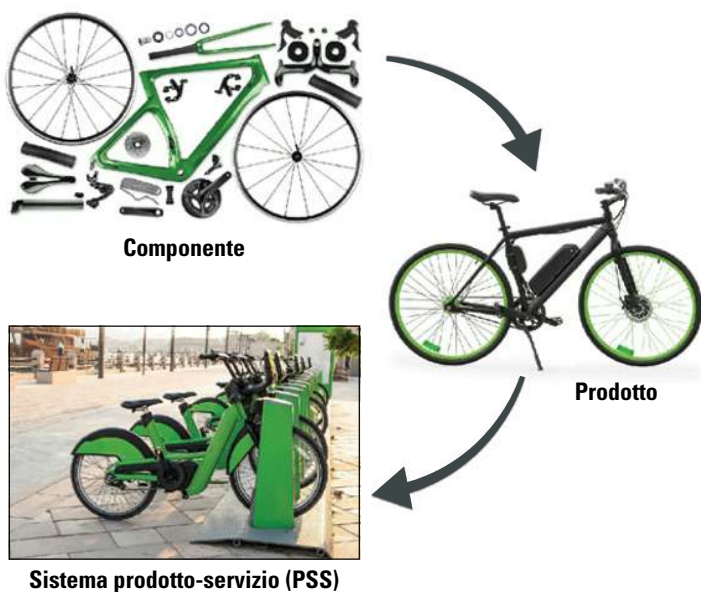


FIGURA 4-1: livelli di maturità DfS per la produzione manifatturiera.

- » **Limita al minimo l'uso del materiale.** Evita l'uso di materiale in eccesso sulla base di vincoli come prestazioni, geometria e caratteristiche estetiche. La progettazione generativa e l'*additive manufacturing* sono due strumenti utili in questo senso.
- » **Scegli il migliore processo produttivo.** Sembra scontato, ma fare una valutazione accurata può voler dire riconsiderare le scelte su materiali, geometria e caratteristiche di controllo. Le simulazioni di fabbricabilità e analisi dei costi sono risorse utili nell'elaborare previsioni e attività di affinazione.

A questo livello, la progettazione assistita da computer (CAD) è il principale strumento per ottimizzare la maturità digitale, accanto all'integrazione con dati della supply chain (come i database dei materiali) e simulazioni (progettazione generativa, prestazioni e fabbricabilità).

Livello di prodotto

Questo livello riguarda l'ottimizzazione dei prodotti e si concentra nello specifico sulla parte *cradle-to-gate* ("dalla culla al cancello"), vale a dire l'intero ciclo di vita, dall'estrazione e dall'approvvigionamento dei materiali all'assemblaggio del prodotto. Le principali considerazioni includono:

- » **Analisi degli hot spot (o punti critici).** L'analisi degli hot spot ambientali individua e misura le attività del ciclo di vita di un prodotto che generano gli impatti maggiori in termini di sostenibilità (quantificati in base agli equivalenti di carbonio, al consumo idrico, alla tossicità e ad altri indicatori). L'analisi a livello di prodotto ha il vantaggio di stabilire su quali componenti vale più la pena intervenire per ridurre l'impronta ecologica in base al potenziale di risparmio maggiore.
- » **Fornitori a basso impatto.** Scegliere fornitori di componenti e materiali a basso impatto ambientale permette di ridurre le emissioni di Scope 3.1. Per gli utenti dei sistemi di gestione del ciclo di vita del prodotto (PLM) questo riguarda principalmente i componenti acquistati, perché i fornitori dei materiali e componenti realizzati internamente di solito sono scelti dall'Ufficio approvvigionamenti. Le caratteristiche da valutare in termini di impronta ecologica sono identiche a quelle dei materiali, ma in genere i fornitori forniscono valori a livello di componenti e non di materiali.
- » **Unità produttive remote.** Nel caso dei prodotti pesanti destinati a clienti su scala mondiale, localizzare la produzione può portare a ridurre i costi e l'impronta ecologica; ma localizzare la produzione può introdurre una variabilità complessa, che include l'adozione di prodotti modulari, supply chain e linee produttive specifiche per ciascuno stabilimento. Per semplificare il lavoro a vantaggio di progettisti e operatori, la gestione della distinta base tecnica tramite un sistema PLM può generare distinte base di fabbricazione, piani di produzione e istruzioni operative specifici per sito e configurazione.
- » **Operazioni efficienti:** La riduzione del peso, l'elettificazione e la regolazione termica sono metodi che permettono di migliorare l'efficienza energetica dei prodotti. Le distinte base gestite nel PLM individuano opportunità di ridurre il peso con le capacità generative del CAD. Ulteriori analisi di efficienza energetica si svolgono solitamente con simulazioni integrate ai workflow di PLM.

Il PLM è il sistema centrale per la maturità digitale a livello di prodotto nel DfS, con integrazioni nei sistemi di valutazione del ciclo di vita (LCA), database della supply chain e loop al CAD per miglioramenti a livello di componenti.

Livello di sistema prodotto-servizio

I sistemi prodotto-servizio integrano prodotti e servizi per soddisfare i bisogni dei clienti, estendendosi all'intero ciclo di vita *cradle-to-cradle*. Questo livello, che unisce il prodotto e la condivisione del rischio in un unico modello di business, impone le considerazioni seguenti:

- » **Estendere la vita utile iniziale del prodotto.** Un prodotto deve durare il tempo necessario per massimizzare il suo valore rispetto ai costi di manutenzione e ai benefici derivanti dalla rivendita. Ciò richiede piani di manutenzione, con analisi dei modi e degli effetti dei guasti (FMEA), reti di ricambi, cataloghi dei componenti, procedure di manutenzione e copertura tecnica.
- » **Ottimizzare il sistema di fine vita.** Le parti e i prodotti ben progettati per il fine vita devono mantenere il loro valore in questo ordine di priorità: riuso, rigenerazione, rifabbricazione e riciclo.

La gestione del ciclo di vita delle applicazioni (ALM), la gestione del ciclo di vita del servizio (SLM) e l'Internet of Things (IoT) sono elementi importanti per le aziende che intendono progredire verso livelli di sistemi prodotto-servizio. L'approccio SLM guida i processi di erogazione del servizio e può essere ragionevolmente esteso per facilitare i loop di ritorno dei materiali. L'ALM si concentra invece sulle efficienze del servizio e sul recupero del materiale, con l'integrazione di software abilitati per l'IoT. I prodotti connessi a dispositivi IoT offrono funzioni come il tracciamento geografico, gli aggiornamenti *over-the-air*, la diagnosi remota, le notifiche, il supporto all'operatore, il monitoraggio dei resi e altro ancora.

Gestire le sequenze DfS in contesti reali

Anche se il percorso di maturità del framework è strutturato a livello di componente, prodotto e infine di sistema prodotto-servizio, le aziende tendono a implementare l'approccio DfS in un ordine diverso. Le aziende affermate preferiscono iniziare a livello di prodotto, con le distinte base gestite nel PLM. Con le nuove norme ambientali, le aziende devono prima misurare l'impronta ecologica dei loro tanti prodotti, ognuno composto da centinaia o migliaia di componenti. Poi, per incentivare la riduzione dell'impatto ambientale, possono concentrarsi su una percentuale prioritaria di parti (da scegliere in base ai propri bisogni) su cui intervenire con loop a livello di singolo componente, per ottenere riduzioni dell'impronta ecologica redditizie.

Le start-up e le nuove piattaforme in processi di fabbricazione già consolidati iniziano spesso dal livello di sistema prodotto-servizio. Gli ostacoli connessi all'avvio da questo punto sono ridotti quando si parte da zero, e i risultati offrono differenziazione rispetto ai concorrenti affermati.

- » Esaminare i principi guida di un approccio basato sul ciclo di vita
- » Stabilire le giuste priorità
- » Scoprire il *digital thread* del ciclo di vita
- » Integrare distinte base gestite tramite PLM e un hub di risorse

Capitolo 5

Gestire l'impronta ecologica con un approccio all'intero ciclo di vita

Alla fine, la circolarità sarà la salvezza della produzione manifatturiera. Nei nostri settori, la produzione circolare è mediamente inferiore al 10%, a conferma del fatto che c'è ancora parecchia strada da fare.

La circolarità risolve direttamente il problema delle risorse finite usando più volte gli stessi materiali. Inoltre, può aiutarci a evitare inutili attività di rielaborazione ad alto consumo energetico lungo le supply chain e a favorire un impiego sicuro dei materiali. Essa rappresenta quindi una risposta efficace anche alle altre due sfide più comuni che siamo chiamati ad affrontare: la decarbonizzazione e il controllo dei materiali pericolosi.

Ottimizzare l'impronta ecologica dei prodotti dall'acquisto dei materiali all'assemblaggio del prodotto finito (*cradle-to-gate*, nel gergo della sostenibilità) non basta più. Gli esperti del ciclo di vita devono calcolare il valore multigenerazionale dei loro prodotti e servizi, considerando l'uso, la manutenzione, il riutilizzo e il recupero dei materiali (ovvero *cradle-to-cradle*.)



RICORDA

I prodotti devono essere integrati da opportune offerte di servizi per agevolare i loop di ritorno dei materiali da parte dei clienti.

In questo capitolo, approfondiremo i processi e i framework digitali necessari per gestire l'intero ciclo di vita. La buona notizia è che non serve stravolgere completamente i processi esistenti, basta ampliare l'attuale gestione digitale dei prodotti. La sostenibilità è solo una dimensione del valore aggiuntiva.

I principi guida di un approccio basato sul ciclo di vita

Integrare fin dalle prime fasi della progettazione un'intuizione e una visione della sostenibilità di alto livello è estremamente vantaggioso. La ruota delle strategie di progettazione del ciclo di vita (LiDS, *Life cycle Design Strategies*), nella Figura 5-1, è un utile riferimento per sviluppare un approccio basato sul ciclo di vita. Il framework LiDS fornisce ai progettisti una serie di linee guida generali sul ciclo di vita (raffigurato in senso orario), assegnando un punteggio alle pratiche di design adottate in ognuna delle otto aree (più pratiche si adottano, più ci si allontana dal punto centrale). Le raccomandazioni del framework sembrano scontate, ma è importante considerare il sistema in modo olistico fin dalle prime decisioni di progettazione.



FIGURA 5-1: la ruota LiDS.

Per saperne di più sulla ruota LiDS, leggi la pagina [PTC.com/beyond-the-book](https://www.ptc.com/beyond-the-book).

Allo scopo di rafforzare l'approccio basato sul ciclo di vita, può essere utile incorporare i principi di progettazione sostenibile (DfS, *Design for*

Sustainability) direttamente nei sistemi di gestione dei requisiti (“fare la cosa giusta”). Questi modelli possono essere generalizzati e poi usati per derivare requisiti specifici per i diversi prodotti. Tenere traccia dei requisiti con test, progetti e funzioni di sistema è una conferma ulteriore della volontà di integrare le migliori pratiche DfS nei sistemi di prodotto-servizio (“fare la cosa giusta”).

Per le aziende che usano il *Model-Based System Engineering* (MBSE), gli obiettivi quantificabili per misurare l'impronta ecologica, tra cui carbonio incorporato, uso di risorse idriche ed energetiche, peso (per i prodotti in movimento) e tossicità, possono essere attribuiti ai modelli di sistemi nelle fasi preliminari della progettazione. Questo approccio permette di stabilire obiettivi di sottosistema che i team di progettazione potranno eseguire o rinegoziare a livello di sistema in base alle necessità. Nelle fasi successive, i sistemi di gestione del ciclo di vita del prodotto (PLM), gestione del ciclo di vita delle applicazioni (ALM), *Electronic Computer-Aided Design* (ECAD) e altri strumenti di supporto potranno estrapolare valori utili per verificare se sono stati gestiti gli obiettivi di impronta ecologica a livello di sistema.

Priorità relative all'inventario del ciclo di vita

La Figura 5-2 crea un terreno comune tra gli esperti del ciclo di vita del prodotto e gli esperti della sostenibilità.

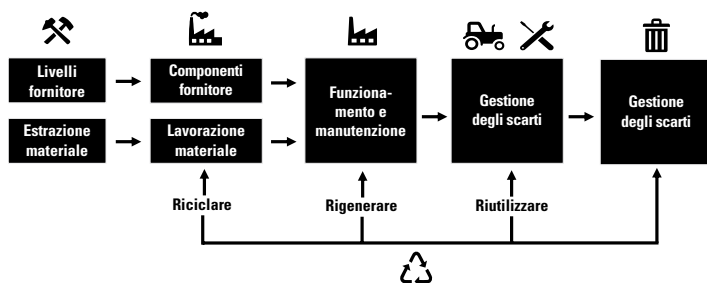


FIGURA 5-2: inventario del ciclo di vita.

Gli esperti del ciclo di vita riconoscono che le parti fabbricate internamente e quelle acquistate confluiscono in fabbrica per assemblare la configurazione di prodotto, prima di proseguire alle fasi di post-vendita e fine vita.

Gli esperti della sostenibilità usano uno schema dell'inventario del ciclo di vita (LCI, *Life Cycle Inventory*) che mostra le attività responsabili dell'accumulo dell'impronta ecologica e che alimentano uno strumento

di valutazione del ciclo di vita (LCA, *Life Cycle Assessment*) per calcolare l'impatto del ciclo di vita (LCIA, *Life Cycle Impact Assessment*).

Questa sezione spiega nel dettaglio le quattro categorie del ciclo di vita presentate nella Figura 5-2.

Impronta ecologica operativa

La prima parte della Figura 5-2 da esaminare è la fabbricazione (v. Figura 5-3).



Fabbricazione prodotti

FIGURA 5-3: la fase del ciclo di vita operativo: fabbricazione.

L'impronta ecologica operativa si riferisce agli stabilimenti produttivi. Istintivamente si può pensare che la fabbrica è responsabile della maggior parte dell'impronta ecologica (e che quindi è un'area prioritaria). Dopotutto non fa che sfornare gas di scarico, calore, scarti metallici e rifiuti pericolosi. In realtà essa incide sull'impronta ecologica meno di quanto si può pensare ed è una priorità secondaria nel nostro lavoro, per due motivi:

- » Generalmente rappresenta solo tra l'1% e il 10% dell'impatto ambientale di un prodotto manifatturiero. La produzione manifatturiera implica principalmente attività di trasformazione e assemblaggio a basso consumo energetico rispetto a operazioni come estrazione, lavorazione di materiali e altre attività *upstream* o *downstream*.
- » Una delle misure principali che una fabbrica può prendere per decarbonizzare è elettrificare i macchinari di produzione (con investimenti in beni strumentali). Poi, lo stabilimento può approvvigionarsi di energia elettrica da fonti pulite (se ne occuperà il reparto Affari finanziari investendo in impianti fotovoltaici, con un VPPA o altri metodi di investimento). **N.B.:** l'idrogeno sta diventando un'alternativa comune al gas naturale per il riscaldamento industriale, perché può essere generato da fonti rinnovabili. I bruciatori a doppio combustibile possono usare gas naturale e passare all'idrogeno quando disponibile.

Detto questo, gli esperti del ciclo di vita si concentrano su alcune attività di riduzione dell'impronta ecologica negli stabilimenti, legate principalmente alla progettazione per la fabbricabilità allo scopo di limitare gli scarti e il consumo energetico. Tali attività riguardano non solo la lavorazione, ma anche la preparazione di istruzioni specifiche per le diverse configurazioni a vantaggio degli operatori di prima linea. Le unità produttive remote possono essere considerate un'altra priorità progettuale per ridurre le distanze nella supply chain.

Impronta ecologica upstream

La seconda parte della Figura 5-2 da esaminare riguarda le fasi dell'impronta ecologica *upstream*, cioè le prime due sezioni dell'immagine nella Figura 5-4.

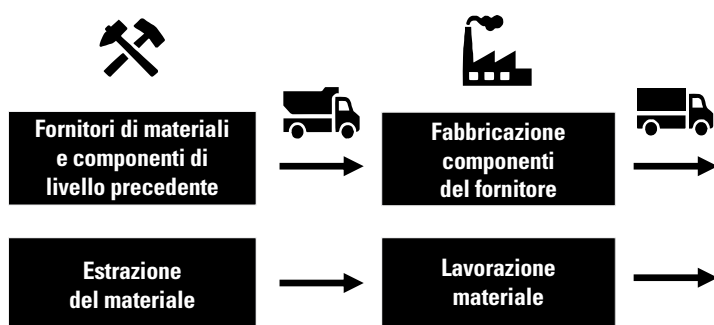


FIGURA 5-4: impronta ecologica *upstream*.

Per la maggior parte delle aziende manifatturiere, i materiali e i componenti che arrivano all'area di ricevimento merci rappresentano tra il 75 e il 90% dell'impronta ecologica dei prodotti. Prendiamo l'esempio di una barra d'acciaio. I minerali ferrosi vengono estratti in una zona remota e i blocchi di materiale devono poi essere trasportati su camion per svariati chilometri fino all'acciaieria, dove vengono trasformati in barre d'acciaio prima della consegna. Tutto questo richiede un enorme consumo di energia, che nell'economia odierna viene principalmente prodotta con combustibili fossili. E come verrà usata la barra d'acciaio in fabbrica? Probabilmente sarà piegata e agganciata a una struttura già esistente, un'operazione che non richiede un grande consumo energetico.

Ma non sono solo i componenti e i metalli pesanti a incidere sull'impronta ecologica *upstream*. Le piccole e apparentemente innocenti parti elettroniche possono fare molto peggio. Nel caso di un laptop, il processore può avere un impatto ambientale e una quantità di scarti maggiore rispetto a componenti più grandi e pesanti come la scocca o persino la

batteria. I componenti elettronici contengono terre rare, la cui concentrazione nel minerale estratto è tipicamente del 5-10% in termini di massa; quindi serve un'altra lavorazione per estrarre il 50-70% delle terre rare contenute nel concentrato.

Per i leader della sostenibilità, le attività *upstream* rientrano nello Scope 3.1 – Beni e servizi acquistati. Non solo queste attività sono una parte significativa dell'impronta ecologica dei prodotti, ma i framework normativi possono importi di ridurla – e gli approcci più comuni basati sulla scienza prevedono una riduzione di almeno il 25% entro il 2030. Essendo tu esperto del ciclo di vita, le principali iniziative di riduzione dell'impatto ambientale si concentreranno sulle attività *upstream*. Questa è anche l'area su cui i responsabili della sostenibilità ti fanno più pressioni per agire tempestivamente.

Impronta ecologica downstream

La terza parte della Figura 5-2 da esaminare si riferisce alle fasi del ciclo di vita *downstream*. Si tratta di un processo lineare che riguarda le ultime due sezioni dell'immagine. (v. Figura 5-5).



FIGURA 5-5: fasi del ciclo di vita *downstream* (processo lineare).

I produttori sono responsabili anche degli impatti *downstream* (post-vendita), cioè dell'energia consumata, della manutenzione e dell'impronta ecologica dei rifiuti dei loro prodotti. Se i tuoi prodotti consumano molta energia, potresti avere significative emissioni di Scope 3.11 – Uso di prodotti venduti da parte dei clienti. L'impronta ecologica potrebbe essere persino più alta di quella generata dalle attività *upstream* (nel settore automotive e tra i produttori di macchinari, il *downstream* oggi rappresenta oltre il 95% dell'impronta complessiva). A seconda del carburante usato, potrebbero rendersi necessari interventi aggressivi.

Se si tratta di prodotti elettrici o alimentati con altre fonti energetiche sempre più rinnovabili, la situazione è meno problematica. Oggi, hai emissioni di Scope 3.11 alte perché i clienti finali collegano il prodotto a reti elettriche alimentate a carbone o gas, ma queste ultime dovrebbero diventare più sostenibili entro il 2050. Quindi, puoi sfruttare la transizione a una rete elettrica più pulita per ridurre le emissioni di Scope 3.11.



Se il tuo prodotto è alimentato con combustibili fossili, non potrai impegnarti ad azzerare le emissioni nette senza passare a una fonte rinnovabile. Le opportunità per migliorare l'efficienza dei combustibili fossili sono limitate; meglio concentrarsi sull'elettrificazione o sulla transizione a fonti alternative come l'idrogeno o il gas. Alcuni settori, come l'aerospaziale a lungo raggio, non hanno ancora tecnologie scalabili per rimpiazzare i combustibili fossili, ma la maggior parte sì.

Se il tuo prodotto richiede una manutenzione intensiva, tra gli altri fattori che incidono notevolmente sull'impronta ecologica ci sono furgoni, ricambi, materiali di consumo e la spedizione dei componenti (soprattutto se per via aerea). In ogni caso, l'impatto ambientale complessivo è comunque molto più basso delle attività *upstream*. *N.B.*: le attività *upstream* includono il carbonio incorporato nell'inventario di ricambi; quindi è meglio ridurre questo costo enorme se possibile.

Circularità

L'ultima parte della Figura 5-2 da esaminare si riferisce alle fasi del ciclo di vita circolare *downstream* (v. Figura 5-6).

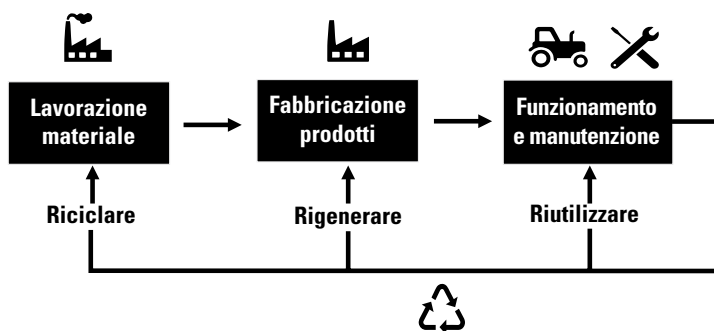


FIGURA 5-6: fasi del ciclo di vita *downstream* (processo circolare).



Anche se probabilmente ti concentri sul ridurre l'impronta *upstream*, l'unico modo per raggiungere i tuoi obiettivi in modo redditizio è puntare sulla circolarità. Prendiamo un laptop, ad esempio: un prodotto rigenerato, con prestazioni e garanzia pari al nuovo, può essere fino al 90% più efficiente in termini di emissioni di carbonio rispetto a un laptop prodotto con materiali vergini, per i seguenti motivi:

- » **Riutilizzo:** fabbricare la scocca in alluminio del laptop richiede molta energia. Il materiale però è durevole e ha un design classico, il che limita le differenze percepibili tra un modello nuovo e uno prodotto 5 anni prima. Di conseguenza, la scocca può essere riutilizzata così

com'è. Non serve estrarre altra bauxite, trasformarla in alluminio o rifondere l'alluminio per ripetere il processo di produzione.

- » **Rigenerazione:** la tastiera è perlopiù in buone condizioni e può essere usata per altri 5 anni. Il tasto Q non è molto consumato, al contrario dei tasti delle vocali, che devono essere rigenerati, magari cambiando la molla. Non serve ripetere i processi di produzione, lavorazione o stampaggio della plastica. Dopo qualche piccolo intervento di riparazione, la tastiera tornerà come nuova.
- » **Riciclo:** la scheda madre non offre più una velocità concorrenziale. La cosa migliore da fare è triturlarla, separare i materiali e produrne una nuova. Così si evita l'elevato impatto ambientale dovuto a nuove attività estrattive di metalli delle terre rare.

Combinando i flussi di riutilizzo, rigenerazione e riciclo, si può arrivare a un'efficienza del 90% in termini di emissioni di carbonio per un laptop rigenerato, senza contare il vantaggio di conservare i metalli delle terre rare e ridurre il rischio di scarti pericolosi dai rifiuti elettronici. Parlando di impronta ecologica, la rigenerazione è molto più vantaggiosa anche in altri settori verticali (per il 60% e il 95% stando alle aziende con cui ho collaborato).

Il digital thread del ciclo di vita

Una cosa è imparare la teoria di un approccio basato sul ciclo di vita, un'altra è metterlo in pratica e su larga scala. Per farlo bene serve una solida infrastruttura digitale. Il *digital thread* dei prodotti deve includere due hub interconnessi, ognuno dei quali risponde a un nuovo mandato normativo (il che torna utile anche per ottenere i finanziamenti necessari allo sviluppo degli hub).

La Figura 5-7 mostra come i dati di prodotto nei sistemi di ingegnerizzazione si collegano ai modelli di progettazione (detti anche *specifiche di configurazione*). I dati di prodotto nei sistemi operativi sono correlati al numero di serie del macchinario.

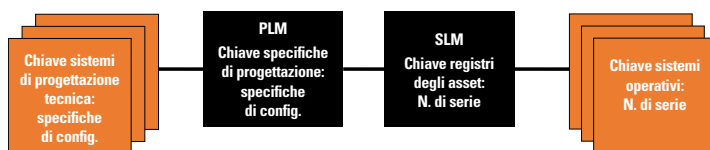


FIGURA 5-7: il *digital thread* del ciclo di vita.

Hub di produzione

Il primo hub è la distinta base modulare in un sistema di gestione del ciclo di vita del prodotto (PLM). La Figura 5-8 mostra come i dati sull'impronta ecologica (o inventario del ciclo di vita) si interfacciano con questa struttura. I database dei materiali si collegano al PLM, a livello di singolo materiale, tramite uno strumento CAD, e permettono di estrapolare informazioni sull'impatto ambientale dell'attività produttiva per i componenti realizzati internamente. I database dei componenti dei fornitori, invece, riguardano le parti acquistate. A livello di configurazione, le sottoroutine della distinta base del PLM dialogano con gli strumenti LCA per simulare l'impatto ambientale durante la progettazione, per poi generare le EPD alla fine del processo.

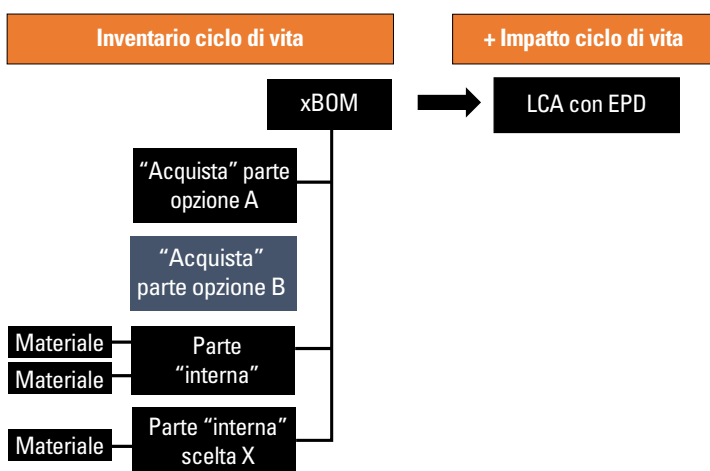


FIGURA 5-8: la distinta base modulare estrapola l'inventario del ciclo di vita di un prodotto.



SUGGERIMENTO

Per i dati tecnici, la sostenibilità si concentra soprattutto su tre aree: modularità, integrazioni con la supply chain e nuove simulazioni. La LCA è una "simulazione ambientale" da un punto di vista tecnico.

Oltre ai dati sull'impronta ecologica estrapolati attraverso la distinta base modulare, lo strumento ALM si integra alla distinta base in due modi, come mostrato nella Figura 5-9. Prima di tutto, le parti software modulari vengono collegate alla distinta base unificata per integrarsi alle componenti fisiche. Poi, i requisiti gestiti dall'ALM sono tracciati sia verso i test dell'ALM sia verso gli oggetti di progettazione del PLM, per garantire che i requisiti di sostenibilità siano rispettati e adeguatamente coperti dai test.

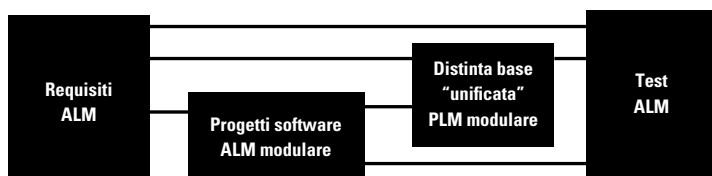


FIGURA 5-9: dettaglio delle integrazioni ALM.

Hub di risorse

Il secondo hub è un sistema basato su record per le risorse fisiche, mappato nella Figura 5-10. Alla nascita dell'asset, si parte da una copia della sua distinta base presa dal PLM (che può essere integrata con le specifiche dell'ordine di produzione, se disponibili).

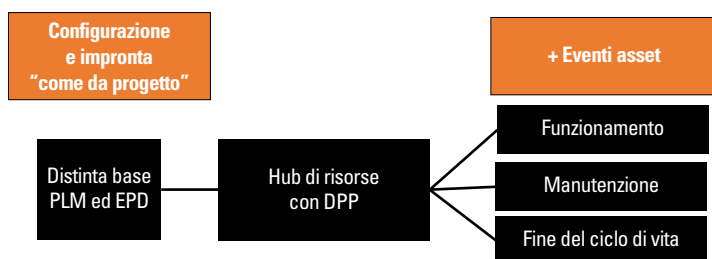


FIGURA 5-10: i passaporti digitali di prodotto (DPP, *Digital Product Passports*) sono un sottoinsieme dell'hub di risorse.

Dopodiché, l'hub di risorse gestisce un registro delle attività rilevanti, che può essere usato da proprietari, fornitori di servizi, progettisti, gestori delle garanzie e altri profili professionali. Per i workflow dei passaporti digitali di prodotto (DPP) parte di questo registro include informazioni su posizione, titolarità e attività di ritorno per attestare il ritorno circolare di materiali e componenti usati (e anche del prodotto quando non più in uso).



**COSE DA
TECNICI**

La sostenibilità richiede molte più integrazioni tra la supply chain e l'assistenza post-vendita sui dati degli asset. Oggi possiamo contare su un certo numero di leader brillanti e collaborativi impegnati a sviluppare standard di scambio delle informazioni. L'Industrial Digital Twin Association (IDTA) ha sviluppato un insieme di servizi chiamati Asset Administration Shell (AAS) da usare per lo scambio di dati sugli asset, sia tra aziende diverse che all'interno della stessa azienda. Secondo Meik Billmann, Managing Director di IDTA, l'AAS rende disponibili informazioni standardizzate sugli asset lungo l'intero ciclo di vita della risorsa. Questo livello di allineamento rende l'AAS la base ideale per modelli aziendali circolari.

Integrare le distinte gestite tramite PLM e un hub di risorse

Le norme sulla sostenibilità, soprattutto quelle a supporto dei DPP, favoriscono la creazione di una solida infrastruttura di dati per l'intero ciclo di vita dei prodotti. Esistono quattro aree, forse meno ovvie ma comunque importanti, su cui ci si può concentrare per ridurre l'impronta ecologica in modo redditizio avvalendosi proprio di questa infrastruttura.

LA CIRCOLARITÀ HA BISOGNO DI MATURITÀ DIGITALE

Bjoern Stengel, Global Sustainability Research & Practice Lead presso IDC, afferma che "secondo gli esperti di sostenibilità, l'assenza di soluzioni software in grado di assistere nella gestione della circolarità per operazioni e supply chain è il principale ostacolo organizzativo all'implementazione della sostenibilità nelle aziende. Collaborare con un provider che capisce le esigenze a livello di settore e di singola impresa è essenziale per adottare un approccio alla sostenibilità basato su efficienti soluzioni informatiche, oltre che per introdurre modelli di business in linea con i principi dell'economia circolare".

Istruzioni di lavoro specifiche per le diverse configurazioni

Gli operatori sulle linee di assemblaggio, nelle aree di ispezione, negli stabilimenti operativi o impianti di manutenzione, nei furgoni per assistenza in loco e nei centri di rigenerazione hanno bisogno di istruzioni aggiornate e specifiche per le singole configurazioni. Con i progetti modulari (un requisito essenziale per una circolarità redditizia), ogni prodotto è probabilmente diverso da quello precedente.

Gli hub delle risorse immagazzinano i parametri di configurazione delle apparecchiature su cui lavorano, che il PLM può poi usare per filtrare istruzioni ed elenchi di componenti. Il *digital thread* può rimuovere le complessità legate alle variabilità esistenti a beneficio degli operatori di prima linea.

Previsioni basate sugli impianti

Seguono due dati scioccanti per le aziende che vendono componenti di manutenzione. Il primo riguarda la redditività dei componenti, che spesso supera di quattro o cinque volte i margini della vendita iniziale dei prodotti. Il secondo ha a che fare con le dimensioni dell'inventario: per un'azienda manifatturiera con un fatturato di miliardi di dollari, spesso si parla di decine o centinaia di milioni di dollari di parti immagazzinate su scaffalature e camion sparsi per il mondo (con un grosso volume di carbonio incorporato).

Di conseguenza, i software per ottimizzare i componenti di manutenzione aiutano i produttori a stoccare le giuste quantità di parti nelle varie sedi, così da rispettare gli obiettivi di servizio previsti. Queste soluzioni sfruttano dati storici per prevedere le esigenze future; ma se fossero in grado di considerare anche attributi come la durabilità dei componenti, le configurazioni di prodotto, la posizione e le condizioni degli asset, potrebbero eliminare milioni di dollari di unità dall'inventario, con un risparmio anche in termini di carbonio incorporato.

Progetti e servizi basati su dati

Responsabili tecnici e analisti parlano di progetti basati su dati da decenni. In un mondo ideale, gli ingegneri progettisti dovrebbero ricevere costantemente dati affidabili direttamente dagli asset sul campo, da usare per reagire tempestivamente a problemi di sovra- e sotto-progettazione. La manutenzione può rendere scalabili offerte personalizzate.

C'è da dire che questa bella idea funziona bene solo in teoria, perché le aziende manifatturiere faticano ad acquisire dati robusti. I passaporti digitali però offrono agli hub delle risorse l'opportunità di raccogliere rapidamente dati sul ciclo di vita dei prodotti che l'azienda può poi sfruttare a suo vantaggio.

Massimizzare il valore con l'IA

L'intelligenza artificiale è sulla bocca di tutti. Ma qual è il nesso con la sostenibilità? La risposta è tanto semplice quanto convincente: la sostenibilità è un catalizzatore che permette di ottenere i dati di prodotto di cui l'IA ha bisogno per generare insight. EPD e DPP hanno bisogno di dati strutturati e approfonditi collegati all'intero ciclo di vita. Cosa potrebbe ottenere l'IA con tutte queste informazioni? Tanto. E non solo per ridurre l'impronta ecologica.

- » Raggiungere la circolarità
- » Valutare il ruolo dei DPP
- » Fare la felicità del CFO
- » Stabilire il *digital thread*

Capitolo 6

Dieci consigli per ridurre efficacemente l'impronta ecologica

La sostenibilità dei prodotti è un tema impegnativo, con un peso che aumenta di pari passo con gli investimenti dedicati. Questo capitolo offre dieci suggerimenti che aiutano a ridurre l'impronta ecologica in modo redditizio e puoi consultarlo in qualsiasi momento come guida rapida.

Considera l'intero ciclo di vita

Nella produzione manifatturiera, l'incidenza degli stabilimenti sull'impronta ecologica complessiva dei prodotti è dell'1-10%, mentre il restante 90-99% è riconducibile alle altre fasi del ciclo di vita, *upstream* e *downstream*. Nello specifico:

- » Le attività *upstream* richiedono più attenzione nella scelta e nell'impiego dei materiali, così come nella scelta dei fornitori di componenti. Dati e strumenti decisionali di qualità migliore aiutano a ottimizzare i costi, la resilienza e l'impronta associati alla supply chain.

» Le attività *downstream*, invece, richiedono di adottare programmi circolari per i materiali e l'energia, tra cui sistemi modulari, recupero di componenti, elettrificazione e servizi basati su software. Sembra un controsenso, ma la circolarità *downstream* è determinante per creare valore *upstream*, perché garantisce il riuso, la rigenerazione e il riciclo efficienti dei componenti.

Leggi il Capitolo 5 per approfondire questo approccio alla gestione del ciclo di vita.

Raggiungi la circolarità con hardware e software modulari

Per una circolarità redditizia, serve un approccio modulare: solo così si può garantire la domanda e l'offerta di componenti rigenerati. Oggi i prodotti devono essere modulari, a livello di software e anche di hardware. Ad esempio, non sarebbe possibile riutilizzare per il Prodotto B un'unità di controllo rigenerata a partire dal Prodotto A senza i necessari aggiornamenti software. I software supportano anche comportamenti sostenibili da parte degli utenti, la manutenzione delle apparecchiature e il tracciamento dei resi.

Non dimenticare gli operatori di prima linea

I prodotti circolari richiedono modularità, e la modularità porta con sé anche un'alta variabilità, che agevola le vendite in quanto offre più opzioni agli acquirenti. Tuttavia, se non ben gestita, può aggiungere anche complessità a svantaggio degli operatori di prima linea. Pertanto, nelle progettazioni modulari, ricorda di tenere presente anche i lavoratori.

Ogni prodotto modulare che essi incontrano sulla linea di assemblaggio, nell'area di ispezione o nello stabilimento del cliente sarà diverso da quello gestito subito prima. Quindi bisogna eliminare le complessità derivanti dalle variazioni.



SUGGERIMENTO

Per rendere facile questo compito, puoi sfruttare la logica di configurazione del sistema di gestione del ciclo di vita del prodotto (PLM) per filtrare le istruzioni degli operatori sulla base dei prodotti che dovranno effettivamente fabbricare o mantenere.

Gestisci le EPD partendo da distinte base compilate bene

Le dichiarazioni ambientali di prodotto (EPD) sembrano etichette di sostenibilità esageratamente complesse. Ma come riuscire mai a trovare (e pagare) degli esperti ambientali per calcolare manualmente le EPD da abbinare a ogni singolo prodotto venduto?

Un'efficiente gestione delle distinte base deve metterti in grado di automatizzare la maggior parte delle EPD. In termini di sostenibilità, la distinta base può aggregare l'inventario del ciclo di vita (LCI, *Life Cycle Inventory*) del prodotto a partire da attributi come l'intensità delle emissioni, l'intensità idrica, gli indicatori di conformità alle normative sui materiali pericolosi, la percentuale di contenuto riciclato e la riciclabilità. A partire da un LCI è possibile usare uno strumento di valutazione del ciclo di vita (LCA, *Life Cycle Assessment*) per calcolare la valutazione dell'impatto (LCIA, *Life Cycle Impact Assessment*) dell'EPD, che quantifica gli impatti ambientali specifici del prodotto, come le emissioni di CO₂.



RICORDA

Se fin qui ti è sembrato tutto un po' complicato, il messaggio più importante da tenere a mente è: "una distinta base completa è la base per automatizzare le EPD". Leggi il Capitolo 2 per saperne di più sulle EPD.

Valuta i vantaggi dei DPP

Per chi è più pessimista, i passaporti digitali di prodotto (DPP, *Digital Product Passports*) aumentano le responsabilità dei produttori di garantire la restituzione dei materiali. Chi è più ottimista, invece, li vede come un'interessante opportunità di guadagno. Se guardiamo ai programmi di assistenza *downstream*, i DPP contribuiscono a rafforzare le relazioni post-vendita con i clienti, favorendo i servizi ad alto margine, nuovi modelli di business, il valore circolare con le riacquisizioni nonché la fidelizzazione per le vendite future. Per i programmi tecnici *upstream*, invece, i DPP dei fornitori generano dati in abbondanza su materiali e componenti da usare per compilare le distinte base e fare scelte più informate.



RICORDA

Questi passaporti mettono a disposizione dati essenziali che si integrano con l'infrastruttura esistente, ampliando i sistemi basati su record esistenti. Collegare i sistemi di gestione dei cicli di vita del servizio (SLM) e di gestione del ciclo di vita del prodotto (PLM) aiuta a progettare sulla base dei dati e a prendere decisioni operative più consapevoli sulla configurazione. Per saperne di più sulle integrazioni dei dati, leggi il Capitolo 5.

Intervieni subito per ridurre l'impronta ecologica e fare contento il CFO

Concentra le energie sul ridurre l'impatto ecologico nelle aree che possono generare più profitti. Queste attività devono essere svolte in modo indipendente rispetto agli obiettivi di sostenibilità, perché fanno bene all'azienda e all'ambiente. Va da sé che per un CFO ridurre i costi è una priorità assoluta. Eliminare materiali e consumi energetici non necessari aiuta a risparmiare i costi. Gli altri vantaggi commerciali del ridurre l'impronta ecologica di prodotti e servizi includono la segmentazione dei clienti in base a quanto sono disponibili a pagare un sovrapprezzo per la sostenibilità (*green premium*), la mitigazione dei rischi per la supply chain e la conformità, e l'accesso a incentivi regionali.



COSE DA
TECNICI

Secondo analisti e consulenti oggi è possibile ridurre l'impronta ecologica con tecniche vantaggiose dal punto di vista finanziario. Viviamo nell'era ideale per avviare progetti di sostenibilità davvero redditizi; e i nuovi approcci sono destinati a consolidarsi nel prossimo decennio per spianare la strada ad altri successi. Affronteremo questo aspetto in modo più approfondito nel Capitolo 3.

Prova a diventare leader nelle aree più decisive per il tuo brand

Nel campo della sostenibilità, fare da apripista può essere più costoso che aspettare una soluzione già bella e pronta. Ma essere i primi può anche avere i suoi vantaggi nelle aree in cui la sostenibilità è ben allineata al brand.

Punta con decisione sull'innovazione, ma fallo con una solida conoscenza delle misure di sostenibilità; sono disponibili informazioni in abbondanza da usare come benchmark per ispirarsi. Il documentario *Beyond Zero*, ad esempio, si concentra sulla moquette modulare di Interface ed è un eccellente studio di caso (per saperne di più: beyondzerofilm.com). Consulta le relazioni sulla sostenibilità per scoprire come altri brand di prestigio (Patagonia, Schneider Electric, IKEA e Vestas) hanno allineato la sostenibilità ai propri obiettivi commerciali.

Le aree di attività in cui è possibile innovare sono ampie, tra queste:

- » Acquistare materiali e fonti energetiche innovative per i segmenti *green premium*.

- » Usare additive manufacturing per ridurre il peso dei componenti e/o massimizzare la resilienza dei ricambi.
- » Introdurre piattaforme circolari multi-generazionali con programmi commerciali, completi di formule di leasing e opzioni di upgrade.

Sviluppa l'intuito sul valore della riduzione delle emissioni

Esamina le opportunità che offrono il maggior potenziale di decarbonizzazione. Di base, gli esseri umani devono far sì che il carbonio nelle profondità della geosfera rimanga dov'è; e se ne estraggono una parte, devono restituirne un'altra di pari quantità. Nella produzione manifatturiera, questo vuol dire ridurre l'energia prodotta dai combustibili fossili nell'intera catena del valore del ciclo di vita.

Se pensi di dover bruciare combustibili fossili fino a dopo il 2050, devi sapere che puoi farlo purché i costi futuri vengano modellati al fine di introdurre una pari quantità di carbonio nella geosfera con sistemi di cattura diretta dell'aria (DAC, *Direct Air Capture*) o altri mezzi (leggi il Capitolo 2 per saperne di più sui cicli del carbonio).

La Tabella 6-1 aiuta a capire facilmente il valore attuale e futuro associato alla riduzione dei combustibili fossili (ricorda che il valore dell'azienda rispecchia il suo potenziale di rendimento futuro). Essa confronta i dati di un'auto alimentata da combustibili fossili, un'auto alimentata da energia fossile e un'auto alimentata da energia solare.

TABELLA 6-1 Confronto di un viaggio in auto di 4.000 km negli Stati Uniti

Tipo di veicolo	Costo energetico	Kg CO ₂ e	Costo DAC
Auto a gas	300 USD	1.000	100 USD
Auto caricata dalla rete elettrica	140 USD	500	50 USD
Auto caricata dall'impianto fotovoltaico domestico	Circa 0 USD	Circa 0	Circa 0 USD

La tabella mostra il costo dell'energia e le emissioni del veicolo attuali, nonché la responsabilità futura di azzerare le emissioni nette attraverso la ricattura della CO₂ nella geosfera con tecnologie di cattura diretta dell'aria, un costo stimato per il 2050 a 100 USD per tonnellata metrica di anidride carbonica equivalente (MTCO₂e). Questo esempio può essere

usato per capire l'impatto di attività come l'estrazione mineraria, la lavorazione dei materiali, il trasporto, la fabbricazione, l'uso, la manutenzione, la generazione di energia e altre attività potenzialmente legate all'uso di combustibili fossili.

Sviluppa l'intuito sulla circolarità



ATTENZIONE

Quando puoi, evita di ripetere attività produttive ad alto consumo energetico applicando i principi della circolarità:

- » **Bene:** il riciclo evita le attività estrattive.
- » **Meglio:** la rigenerazione evita nuove attività di lavorazione ed estrazione.
- » **Ottimo:** il riutilizzo o la riparazione evita il ripetersi di qualsiasi attività.

Ma ricorda: ridurre l'impronta ecologica è solo metà del problema, poi bisogna anche far diventare la circolarità redditizia. Ecco come:

- » **Bene:** un approccio lungimirante incentrato sulla selezione del materiale e sul disassemblaggio (DFD, *Design-for-disassembly*) permette di riciclare su scala più larga.
- » **Meglio:** la modularità genera sia la domanda sia l'offerta di parti rigenerate.
- » **Ottimo:** i sistemi prodotto-servizio portano a efficienze in termini di impiego, manutenzione e recupero di materiali contribuendo direttamente alla redditività.

La circolarità è un obiettivo strategico: non solo può massimizzare la redditività, ma può anche favorire una gestione efficace dell'impronta ecologica in tutte e tre le aree della sostenibilità dei prodotti. Vediamo come:

- » Conservazione dei materiali finiti (scarti minimi o nulli).
- » Decarbonizzazione (i prodotti rigenerati possono offrire un'efficienza in termini di emissioni del 60-95% in più rispetto ai prodotti realizzati secondo modelli lineari).
- » Controllo dei materiali pericolosi (permette di evitare l'incenerimento, l'inquinamento delle acque e la formazione di percolato da discarica).

Sfrutta il mandato di sostenibilità per stabilire il tuo digital thread

In un mondo ideale, le distinte base gestite in un PLM modulare sono il tuo sistema di registrazione digitale, collegato a un hub di risorse usato come sistema di registrazione fisico per le apparecchiature in uso. I sistemi correlati dovrebbero poi fare riferimento a questi due hub. Vai al Capitolo 5 per saperne di più sul *digital thread* del ciclo di vita.

Con le nuove norme che accelerano l'adozione di EPD e passaporti, questi elementi centrali dovranno essere predisposti rapidamente. Le distinte base gestite con un PLM sono alla base dell'automazione delle EPD, mentre gli hub di risorse svolgono la funzione di passaporti digitali. Una tale infrastruttura di dati di prodotto ha il potenziale di generare un valore enorme che va oltre la sola sostenibilità, estendendosi ad ambiti come l'intelligenza artificiale. Ma questo argomento merita un volume a sé!



AFFIDATI A PTC

ptc.com



I nostri clienti realizzano prodotti su cui tutto il mondo fa affidamento e scelgono PTC per supportare il loro ciclo di vita del prodotto: dalla progettazione alla produzione, dal Service alla fine del ciclo di vita. Possiamo aiutarvi a trasformare il vostro business con una vasta esperienza in aziende e processi industriali, insieme alle nostre tecnologie leader di mercato.

Massimizza i ricavi con prodotti migliori e più sostenibili

Scopri i segreti per ridurre l'impronta ecologica e aumentare i profitti. Scopri il mondo della sostenibilità dei prodotti con approfondimenti e consigli pratici per le aziende manifatturiere. Questo libro offre una guida adatta a chiunque vuole avere un impatto positivo, ed è ideale per professionisti già affermati o per chi si sta avvicinando al tema della sostenibilità. Scopri la sostenibilità dei prodotti, i principali ambiti di interesse e le azioni prioritarie da adottare lungo l'intero ciclo di vita. Preparati a trasformare i prodotti aprendo la strada a un futuro più sostenibile!

Scopri in questo libro come...

- Definire la sostenibilità dei prodotti
- Capire i requisiti della conformità
- Ridurre l'impronta di carbonio in modo redditizio
- Scoprire la progettazione sostenibile
- Adottare una filosofia che coinvolge l'intero ciclo di vita
- Agevolare la transizione verso un'economia circolare
- Differenziare le offerte di prodotti



Dave Duncan è Responsabile della sostenibilità presso PTC. Si occupa di sviluppare le caratteristiche di sostenibilità nel portafoglio prodotti di PTC per aiutare i clienti a progettare, realizzare e mantenere i prodotti in modo più sostenibile. Dave gestisce anche i programmi di PTC finalizzati a limitare l'impatto ambientale e sociale delle attività aziendali.

Visitate il sito **Dummies.com®**
per trovare video, esempi passo passo e guide, o per i vostri acquisti!

ISBN: 978-1-394-36819-8

Non in vendita

**for
dummies®**
A Wiley Brand



WILEY END USER LICENSE AGREEMENT

Go to www.wiley.com/go/eula to access Wiley's ebook EULA.