



SELINUS UNIVERSITY

OF SCIENCES AND LITERATURE

Il Processo di progettazione :
tecnologia, ecosostenibilità, normative.

Candidato:
Giori Valerio
UNISE1265IT

Relatore :
Prof. PhD. Salvatore FAVA

A DISSERTATION

**Presented to the Department of Industrial Engineering
Program at Selinus University**

Faculty of Engineering & Technology
in fulfillment of the requirement for the Degree of

Master of Sciences in Industrial Engineering

A.A. 2020/2021

DICHIARAZIONE DI ORIGINALITA'

Con la presente dichiaro di essere l'unico autore di questa Tesi e
che il suo contenuto è solo il risultato delle letture fatte e delle
ricerche svolte.

*A mia moglie Sonia
ed ai miei Cari.*

Ogni tecnologia sufficientemente avanzata è indistinguibile dalla magia.

L'homo sapiens si differenzia dalle altre specie viventi per l'abilità di progettare e fabbricare a partire dai materiali e per la capacità di vedere negli oggetti qualcosa in più della pura forma esteriore.

Indice

Dichiarazione di originalità	3
Dedica	4
Indice	6
Elenco delle figure	7
Incipit	9
Capitolo 1 - Dall'idea al progetto	10
1.1 - Le attività complessive nel progetto	11
1.2 - Le analisi iniziali	12
1.3 - Brief	13
1.4 - Moodboard	15
Capitolo 2 - I materiali, tra tecnologia e sostenibilità	17
2.1 - Scelta dei materiali	17
2.2 - Proprietà tecniche e percettivo-sensoriali dei materiali	19
2.2.1 - Fotocromia,termocromia e luminescenza	22
2.2.2 - Trasparenza e Traslucenza	23
2.3 - Nanotecnologia applicata ai materiali	25
2.3.1 Proprietà fisiche dei nanomateriali.	26
2.3.2 Applicazioni nanotecnologiche	28
2.4 - Ecosostenibilità	29
2.5 - Innovazione Materica.	31
2.5.1 - Scambio di Informazioni	36
2.6 - Materioteca	37
2.6.1 - Database	39
Capitolo 3 - Il processo di progettazione	40

3.1 - Complessità del progetto	41
3.2 - Verifica del progetto.	43
3.3 - Valutazione del progetto	44
3.4 - Miglioramento produttivo	46
Capitolo 4 - Reverse Engineering	49
4.1 - Usi e vantaggi della Reverse Engineering.	49
4.2 - Reverse Engineering nello specifico	50
4.3 - Utilizzo della R.E. in Ingegneria Industriale..	52
4.4 - Reverse Engineering : il processo specifico	53
4.5 - Scansione di un oggetto fisico	54
4.5.1 - Scanner da contatto superficiale	54
4.5.2 - Scanner senza contatto	56
4.6 - Elaborazione dei punti derivanti dalla scansione	57
4.7 - Sviluppo di applicazioni di modelli geometrici	58
4.8 - Plagio e tutela della proprietà intellettuale	59
4.8.1 - Cenni sulla legislazione vigente su proprietà intellettuale e ind.le	61
4.8.2 - Registrazione disegno/modello a tutela della proprietà intellettuale	65

Elenco delle figure

Fig.1 - Fasi di progetto "tipo"	11
Fig. 2 - Obiettivi primari del progetto	12
Fig. 3 - Funzioni primarie e secondarie di un prodotto	13
Fig. 4 - Fattori di valutazione iniziale del Brief.	14
Fig. 5 - Punti cardine del Brief	15
Fig. 6 - Esempi di Moodboard	16
Fig. 7 - Caratteristiche dei materiali e dei prodotti	20
Fig. 8 - Caratteristiche tattili dei materiali e dei prodotti	21
Fig. 9 - Aspetti complessivi della plurisensorialità.	21
Fig.10 - Rappresentazione 3D della struttura atomica del Graphene	26
Fig.11 - Ciclo di vita di un materiale	31
Fig.12 - Fattori costitutivi Uomo e Prodotto	32
Fig.13 - Schema di Ricerca da database con risultato finale "tipo"	40

Fig.14 - Finalità e valori del prodotto	41
Fig.15 - Metodi di valutazione di un progetto	46
Fig.16 - Organizzazione e sviluppo del business	47
Fig.17 - Valutazione di sistemi e processi produttivi	48
Fig.18 - Processo di acquisizione da modello fisico in Reverse Engineering	50
Fig.19 - Esempio di scansione da modello fisico	52
Fig.20 - Schema complesso del processo di Reverse Engineering	53
Fig.21 - Dispositivo di scansione con testa a contatto	55
Fig.22 - Dispositivo a scansione ottica	56
Fig.23 - Scanner a teste verticali con testa a contatto e laser (senza contatto)	57
Fig.24 - Esempio di restituzione grafica CAD	58
Fig.25 - Disposizioni Legislative in materia di Brevetti ed invenzioni industriali	61
Fig.26 - Requisiti generali di brevettabilità	62
Fig.27 - Classificazione dei brevetti	63
Fig.28 - Marchi : Concetti di base ed esempi pratici	64
Conclusioni	67
Ringraziamenti	69
Bibliografia	70
Sitografia	71

Incipit

Progettare, dedicandosi alla progettazione industriale, soprattutto interessarsi di produzione di specifici prodotti per l'industrial design o nella meccanica in generale, comporta il preciso compito di sviluppare concretamente ogni idea creativa, sfruttando maggiormente l'aspetto tecnico della propria formazione, rispetto a quanto non si possa fare con quello espressivo. Che il progetto venga commissionato da una azienda o per un privato ha poca importanza, nessuno a priori sembra volersi specializzare nell'una o nell'altra tipologia di clienti, ma certamente le occasioni progettuali in un particolare campo, portano "naturalmente" nel tempo, ad operare con entrambi. L'Ingegnere Industriale nel progettare opere, le cui produzioni possano risultare complesse, deve saper coadiuvare e partecipare fattivamente con coloro che hanno strumenti tecnologici e capacità di produzioni in larga scala. Fondamentale è pertanto avere una formazione artistico-culturale, una profonda conoscenza delle tecniche costruttive meccaniche e soprattutto una buona conoscenza dei materiali, siano essi tradizionali o innovativi. Gli attuali corsi di studi universitari, fondamentali alla formazione di un progettista industriale, si indirizzano sempre più nelle materie tecniche, tralasciando, a mio avviso, una parte fondamentale per il completamento delle specifiche competenze. Per meglio dire, vengono trattati superficialmente, l'aspetto relativo alla metodologia progettuale nel senso più tecnico e formale della parola, i campi di applicazione dei materiali, le tecniche di lavorazione degli stessi nonché l'aspetto legislativo di protezione delle forme e dei brevetti. Di non secondaria importanza è a mio avviso, la conoscenza approfondita della *nanotecnologia* applicata ai materiali, con gli attuali e futuribili campi di applicazione nella progettazione industriale e di conseguenza nella produzione. Al fine di approfondire e consolidare determinati aspetti nella mia formazione, ho inteso volgere espressamente il presente lavoro, all'analisi delle fasi fondamentali per la progettazione di prodotto industriale "tipo", dall'ideazione, ai materiali ed alla produzione, scandendo i passaggi essenziali. Per ultimo, uno sguardo alla Ingegneria Inversa (R.E.), alle problematiche ad essa correlate e come accennato agli aspetti legislativi riguardanti la protezione della proprietà intellettuale ed industriale.

Capitolo 1 - Dall'idea al progetto

L'Ingegnere Industriale per propria natura creativa, deve vivere a contatto con le persone, capirne le esigenze, le aspettative ed ancor prima, le scelte quotidiane. Spesso, diviene, parte fondamentale nella gestione del processo progettuale, produttivo e gestionale in una specifica azienda, con lo specifico compito di ottimizzare e standardizzare il processo produttivo. A volte, invece, il contesto socio-economico, la continua evoluzione dell'offerta di prodotti industriali in serie, inducono spesso tale figura professionale, a trasformarsi in "imprenditore", ovvero tendente ad approntare una propria attività che si estrinseca in ideazione e realizzazione del prodotto. Fondamentale quindi, è per esso, sapere come realizzare tutto ciò che si progetta, sia di architettura di design o meccanica industriale. Nel caso di opere, le cui produzioni risultano complesse, le capacità professionali, si esplicitano nel saper coadiuvare e partecipare fattivamente con professioni e aziende che hanno strumenti e capacità per approntare e realizzare prodotti in serie . Ecco perché l'ingegnere industriale ed il progettista tecnico in genere, deve avere obbligatoriamente una formazione artistico-culturale ed una profonda conoscenza delle tecniche costruttive e metodologiche della produzione. Un determinato progetto, può partire da una particolare esigenza o spesso da una richiesta specifica da parte un cliente privato o da una azienda, magari nel momento in cui viene rilevato per il mercato di riferimento, il bisogno di ideare o sviluppare uno specifico prodotto al fine di incrementare il proprio business o per cogliere nuove opportunità commerciali. Le necessità di nuovi prodotti o il miglioramento di altri già esistenti portano ad ideare o in molti casi a migliorare, prodotti più utili e funzionali ai bisogni contemporanei. Più spesso, l'idea è volta a risolvere ingegnosamente, attraverso oggetti, difficoltà e funzioni che debbano essere svolte con oggetti specifici o macchinari complessi e quindi a creare un'invenzione che può trasformarsi in una vera e propria innovazione. Ma come può un'idea concretizzarsi in un'opera senza un vero e proprio progetto? e soprattutto che cosa si intende per progetto? Un progetto è il risultato intermedio in cui un sistema di procedure che applicate sinergicamente, permettono di raggiungere un risultato aderente a quanto prospettato sin dalla nascita dell'idea. Esso deve contemplare nel suo insieme, tutte le caratteristiche fondamentali, quali funzionalità, ergonomia, innovazione tecnica, ma

anche originalità, ed accettabili costi di produzione. Le azioni propedeutiche di un progetto che ci portano al risultato finale, sono dettate quindi da un preciso scandire di tempi ed adempimenti di complesse fasi.

1.1. Le Attività complessive nel progetto

La realizzazione di un progetto di Industrial Engineering, comporta come precedentemente accennato, lo svolgimento di una complessa serie di attività. In esso devono essere condensate l'insieme di conoscenze, azioni, metodi e soprattutto capacità professionali. Bruno Munari, figura primaria nel panorama mondiale del Design, in uno dei suoi innumerevoli libri ci parla del metodo progettuale: *"Per processo progettuale si intende sinteticamente una successione consapevolmente organizzata di atti originati da un fine e destinati a realizzarlo. L'organizzazione consapevole di tali atti è appunto il metodo, cioè un atteggiamento, un modo di porsi, nel processo, tale da farne una attività razionale, scientifica, che riconosca i principi supremi dell'essere e del conoscere"* (1). Il progetto, quindi, è una risposta concreta ad un bisogno, sia esso per la necessità di un singolo cliente o per necessità di mercato di un determinato prodotto. E' spesso anche, ulteriore sviluppo di un sistema complesso di macchine, attrezzi e sistemi che hanno bisogno di evoluzioni per ragione di incremento di produzione o difetti rilevati nel funzionamento generale. Al fine di trovare le possibili soluzioni che dovranno concretizzare le ragioni del progetto stesso, è fondamentale la fase della raccolta di dati. Questo serve a capire cosa sia stato progettato precedentemente da altri per svolgere determinate funzioni, meccanismi, materiali impiegati e quindi chiarire meglio quale sia il fine dell'attività di progetto e soprattutto le modalità del procedere. La raccolta di dati serve anche per escludere ciò che precedentemente si è rivelato sbagliato di modo che si rendano più solide le scelte da attuare. Pertanto le fasi concernenti la realizzazione di un'opera, quale essa sia, sono sempre ben determinate e ogni fase è propedeutica e quindi fondamentale al fine del risultato che si vuole ottenere. Sostanzialmente le attività di base da approntare in una progettazione, sia esso riproposizione di un prodotto industriale tipo, di un macchinario complesso o di nuova concezione, sono concettualmente indicate nella figura 1.

[1] Cfr.: Da cosa nasce cosa - (Autore) Munari Bruno- (Editori) LATERZA - Bari Ed.2009

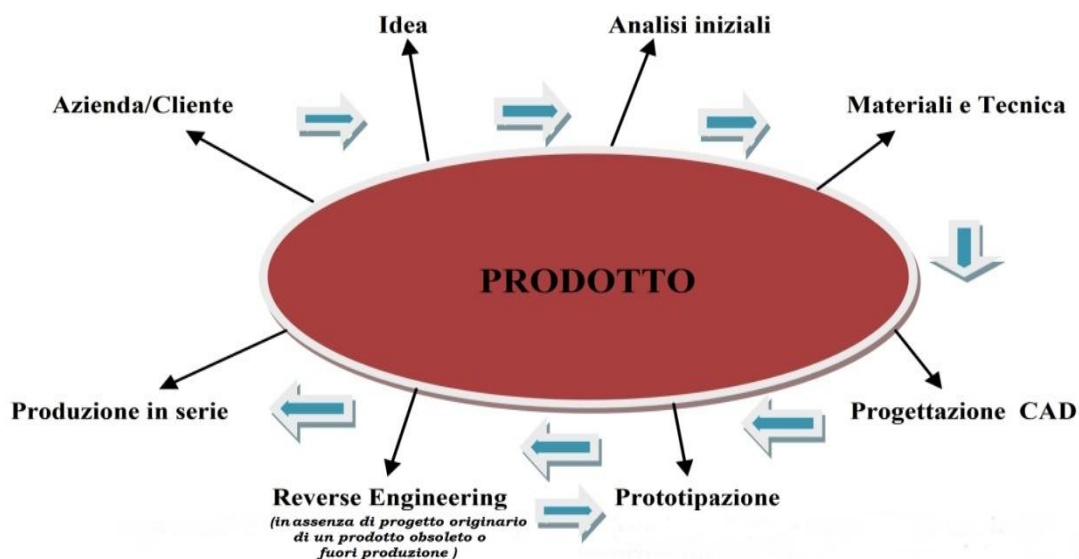


Fig.1 - Fasi progettazione "tipo".

1.2 Le analisi iniziali

L'analisi di tutti i passaggi occorrenti alla realizzazione di un prodotto, è costituita dalla valutazione di un numero cospicuo di attività, da una propedeuticità di azioni, accordi e decisioni, dal momento che un determinato prodotto, come accennato precedentemente, può essere oggetto di richiesta esplicita di un privato o di un'azienda che sempre più spesso, effettua precise ricerche di mercato, analisi sociologiche o altro, al fine di identificare esigenze specifiche di un prodotto accertandone contestualmente anche l'inesistenza di offerta da parte di altre aziende concorrenti. Spesso, come la storia ci insegna, alcune casualità o errori hanno condotto alla creazione di un prodotto, utile alla quotidianità di moltissime persone, come ad esempio il classico "Post-It" inventato dall'ingegnere Art Fry, il quale, applicando ad un piccolo quadratino di carta, un leggerissimo strato di colla, permetteva al fogliettino di venire staccato e riattaccato, anche più volte, semplicemente con una leggera pressione delle dita e su diverse tipologie di superfici. Questo per dire che l'intuizione di un prodotto rispondente ad una necessità di mercato è destinata ad essere sviluppata ed approntata con l'obiettivo di una produzione industriale per la realizzazione di un numero consistente di esemplari e la ideazione può essere inconsciamente, anticipatrice di una necessità. L'enorme lavoro

creativo-progettuale che si cela dietro ogni prodotto, volge all'innovazione, a soddisfare l'utente finale e ovviamente a concretizzare un beneficio economico per l'azienda produttrice. Individuare e delineare correttamente obiettivi, funzioni e metodi che il prodotto deve soddisfare (fig.2), i materiali da impiegare per la realizzazione ed i processi tecnologici da coinvolgere, sono l'obiettivo primario per l'ingegnere Industriale.



Fig.2 - Obiettivi primari del progetto - tratto da Metodi per la Progettazione Industriale - (autrice) Fargione Giovanna - Corso di Disegno Industriale -UNICT

Inoltre in questa fase, occorre definire l'architettura generale del prodotto, i vincoli ergonomici e meccanici, l'estetica, oltre al comportamento nei confronti di ciò che andrà ad assolvere durante lo svolgimento della sua funzione (fig.3).

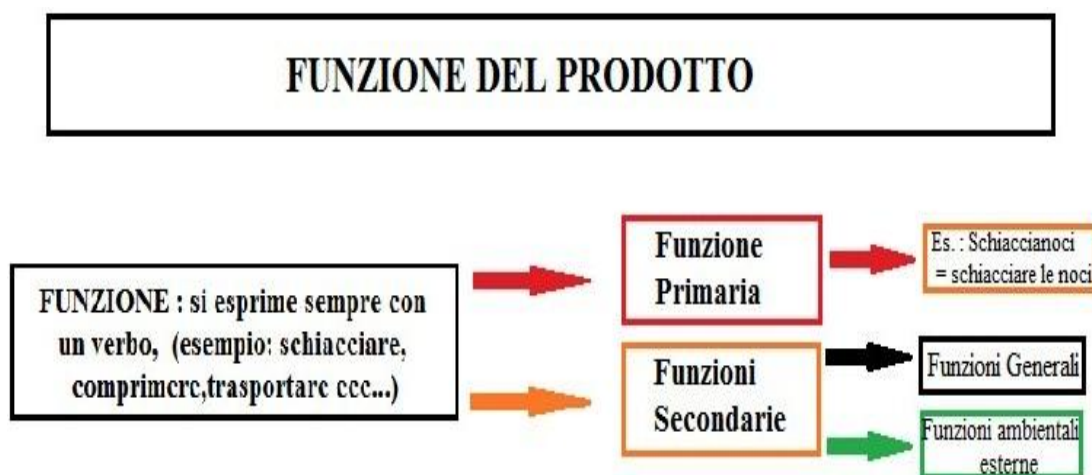


Fig.3 - Funzioni primarie e secondarie di un prodotto - tratto da Metodi per la Progettazione Industriale - (autrice) Fargione Giovanna - Corso di Disegno Industriale -UNICT

Al fine di concentrare, integrare e soprattutto esporre l'insieme di concetti e le modalità con cui si intende procedere nelle fasi complessive di progetto, si procede

soprattutto attraverso una rappresentazione visiva di un insieme di immagini, parole e materiali, al fine di chiarire i punti da seguire in modo da rispettare gli obiettivi del prodotto da progettare. Ogni ingegnere industriale è uso ricorrere alla esposizione complessiva attraverso due metodi rappresentativi, ormai entrati a pieno titolo nell'insieme di attività di progetto (fig.4), ovvero il Brief e la Moodboard.

1.3 Brief

Affinché l'idea base per la realizzazione di un prodotto, si sviluppi e diventi progetto concreto, il progettista, attraverso la redazione di un documento, divenuto ormai di uso comune nel mondo del design e della progettazione in genere, conosciuto con l'inglesismo "Brief", deve fare in modo che il committente/referente aziendale, abbia ben chiaro l'iter di sviluppo del progetto, gli obiettivi finali (fig.4), le funzioni per cui il prodotto è destinato (fig.5) ed i significati che in esso sono contenuti. Il Brief, nel dettaglio, non è altro che il documento iniziale, nel quale vengono raccolte un insieme di informazioni, suggerimenti, obiezioni e quant'altro serva a puntare verso un primo sommario "sistema" che lentamente, strutturi l'ossatura del progetto. Tale documento se redatto con criterio, semplifica l'iter progettuale, evita inutili perdite di tempo e di denaro. Il punto iniziale per lo sviluppo di un progetto è quindi la condivisione tra il cliente/azienda e il progettista, di un insieme di importanti informazioni, la cui chiara e semplice esposizione diventa l'incipit del processo creativo. Fondamentale per la riuscita di una puntuale progettazione è la determinazione di informazioni iniziali (figura 4), da acquisire e valutare, prima di ogni altra attività ed individuabili sostanzialmente in tre fattori di valutazione :



Fig. 4 - Fattori di valutazione iniziale del Brief

Durante la fase iniziale è importante chiarire chi è l'unica persona a decidere sul prodotto finale. Difatti, può benissimo capitare, come accennato che si abbia a che

fare con un privato intermediario, del brand manager o di una figura interna all'azienda, incaricata a seguire e decidere sulle fasi fondamentali del progetto. E' necessario avere pertanto le idee chiare su questi aspetti di primaria importanza, al fine di individuare i punti cardine (fig.5) e poter procedere senza problematiche di carattere economico-decisionale. Obiettivo primario è, in questa fase, stabilire quindi :



Fig. 5 - Punti Cardine del Brief

1.4. Moodboard

La Moodboard (dall'inglese *mood* "umore", e *board* "tavola") o più semplicemente la "tavola delle emozioni", ha oggi pian piano permesso al progettista, di sostituire la rappresentazione tradizionale con schizzi e disegni manuali, dirigendosi prevalentemente in ambiente digitale al fine di agevolare le tempistiche e l'interscambio a mezzo di semplici mail, della documentazione in essa prodotta. E' quindi, una rappresentazione visiva, con lo scopo di tracciare una "mappa d'ispirazione" e chiarire i punti da seguire per rispettare gli obiettivi del prodotto da progettare, l'insieme di tutte le soluzioni proposte, la narrazione di tutti gli elementi costituenti il prodotto attraverso bozzetti, immagini, elenco di funzioni . Il successivo passo è la realizzazione di modelli in formato digitale e cartaceo, in cui si valutano funzione, colori, dettagli, le grafiche e tutto quello che identifica uno stile preciso che è alla base del progetto. Il fine della Moodboard pertanto, è quello di una valutazione tecnico-emozionale che il prodotto deve contemplare nel suo insieme, lo sviluppo e le elaborazioni di immagini, al fine della individuazione del tema , ovvero del soggetto o del concetto da sviluppare. La Moodboard è divenuta nel tempo, il metodo più immediato per dialogare con tutti coloro che partecipano fattivamente al progetto (progettista, cliente o referente, collaboratori), dove ogni figura partecipa, ampliando

conseguentemente le idee di base al fine di inquadrare tutti gli obiettivi che si condenseranno nell'opera. In via di massima una moodboard serve per l'esposizione dell'insieme procedurale e deve contenere in sé più dati possibili relativi al progetto. Sketch cartacei, bacheche fisiche, o digitali, (fig.6), permettono efficacemente di comunicare in modo concreto, lo scenario e l'idea di base per lo sviluppo del prodotto nonché di avere una visione d'insieme chiara e stimolante della ricerca effettuata da cui partire per la definizione di un primo concept, da cui sviluppare il lavoro. Assieme ai grafici e primi studi del concept, si incrociano rigorosi studi di mercato (individuazione dei trend di settore, analisi del potenziale consumatore, ricerca delle tecnologie) con studi più puntuali di carattere tecnologico legate al mondo dei materiali e dei processi produttivi, in modo da ottimizzare ogni fase del progetto e di massimizzare il potenziale dato dalla esperienze professionali sinergicamente messe in campo. Con consultazioni e scambi di idee tra coloro che partecipano fattivamente al progetto, si cerca di focalizzare i vari punti problematici prospettando proposte di soluzioni di un dato problema tecnico o legato alla produzione. Dibattito e confronto sulle proposte espresse, si condensano attraverso immagini e parole ed entrano in gioco, insieme a creatività e capacità progettuale, permettendo di procedere "collettivamente" alla soluzione di procedure e problemi scaturenti, dall'esperienza, dalle diversità di vedute e delle variabili che si potrebbero presentare. L'insieme di immagini, grafici e parole, come accennato, entrano quindi in gioco attraverso l'intuizione creativa di rappresentazioni grafiche funzionali, corredate di tutto quanto riguarda, funzioni, forme, materiali, colori, divenendo il mezzo fondamentale per esprimere l'idea in modo immediato e dinamico, come traduzione visiva di concetti e dati. La multimedialità entra giocoforza alla composizione concretizzata alla esposizione attraverso la grafica.



Fig.6 - Esempi di Moodboard - dal web : www.sampleboard.com e www.zerosottozero.com

Capitolo 2 - Materiali, tra tecnologia e sostenibilità .

Quante volte, nel ruolo di studenti o di progettisti professionisti, ci si trova di fronte alla scelta di quale materiale adottare o suggerire per la realizzazione di uno specifico prodotto industriale o di un manufatto architettonico? Una risposta dovrebbe essere proprio l'iter progettuale seguito a suggerircela. Allo stesso tempo, non si vuole in questo lavoro elencare la miriade di materiali esistenti o tutti i prodotti che l'industria e la tecnologia ci mette a disposizione, ma sottolineare il duplice ruolo dei materiali che devono, in una più ampia visione finale, supportare la funzionalità tecnica, infondere una personalità al prodotto progettato ed essere il più possibile capaci di compenetrare nella complessità di un prodotto, funzionalità, personalità e piacevolezza estetica. Nella dinamicità del mercato e quindi del mutare delle esigenze dei consumatori, il prodotto è continuamente soggetto a modifiche funzionali ed estetiche e deve essere adattato a nuove tecnologie ed a forme più compatte. Ciò comporta per il progettista, l'adattamento professionale al continuo cambiamento delle tecnologie produttive, ai materiali innovativi con particolari caratteristiche funzionali, ma anche percettivo-emozionali, divenendo a volte l'anticipatore di un nuovo metodo di produzione, addirittura in grado di anticipare per il mercato globale, un prodotto innovativo. E' ormai assodato che la costante mutazione del vivere contemporaneo, comporta il continuo variare delle esigenze di mercato, influenzando non poco le scelte progettuali, fino a portare progettisti e produttori a ripensamenti e nuove impostazioni nella propria modalità di approntare ed elaborare un progetto.

2.1 La scelta dei materiali

La scelta, fino a pochi anni fa, era ristretta a poche tipologie di materiali, perlopiù della tradizione, mentre oggi, come accennato in precedenza, l'avvento di nuove tecnologie ha portato ad un incremento dell'offerta da parte delle industrie, di materiali sempre più innovativi. Alcuni materiali ad esempio, si scoprono, con il passare del tempo, talmente innovativi nella loro composizione e conseguente applicazione per la produzione di particolari prodotti, da essere impiegati in settori esclusivi come ad esempio nell'abbigliamento di alta gamma, tessuti tecnici ecc,

precludendone a volte la possibilità di impiego in più ampi campi. Ciò crea però una limitazione nell'adozione di tali materiali per altri usi commerciali, impedendone quindi, il relativo sviluppo in ulteriori prodotti industriali. L'esigenza nella produzione industriale di creare e proporre materiali sempre più innovativi, ha messo in luce, quanto forte è la richiesta da parte di aziende e progettisti, di avere una gamma di materiali che possano essere adattabili ad innumerevoli settori industriali applicativi. Difatti, in settori specifici, quali l'aeronautica, l'aerodinamica e la fisica tecnica, l'esigenza di avere materiali che soddisfino caratteristiche tecniche di isolamento termico ed acustico, di protezione ai raggi UV ed onde elettromagnetiche, ha aperto agli stessi materiali, un mercato, meno tecnologico ed avanzato che ne ha permesso l'applicazione nella produzione di svariati prodotti industriali di uso quotidiano, dalla telefonia all'automotive ecc.. Contestualmente, il veloce processo evolutivo, nella moderna società, implica una continua trasformazione dei processi produttivi che comporta una concomitante diffusione di prodotti con proprietà e caratteristiche assai complesse, al fine di soddisfare le diverse esigenze degli utenti finali. Tutto questo ha comportato, ad oggi, una diversa suddivisione tra i materiali cosiddetti *naturali* dai *polimerici*. Tali settori merceologici, un tempo ben definiti per l'esiguità dell'offerta, seppure oggigiorno conservano una certa validità, tendono comunque ad essere superati, vista soprattutto l'incredibile e svariata offerta tipologica del mercato. Attualmente, gli addetti del settore del product design, tendono a suddividere i materiali in "*materiali per impieghi strutturali*", (ovvero riferendosi ai materiali aventi precise proprietà meccaniche) e con "*materiali con funzionalità specifica*" (ovvero i materiali con precise e specifiche proprietà, chimiche, biochimiche, elettriche ecc...). Tutto ciò, tenuto conto della evoluzione delle conoscenze scientifiche ed agli effetti scaturiti dalle tecnologie informatiche che hanno facilitato la conoscenza e l'interscambio dei dati sulle caratteristiche di detti materiali, ampliandone esponenzialmente le potenzialità applicative da parte dei progettisti e dell'industria. La maggior parte delle aziende produttrici di materiali, hanno di conseguenza diversificato la propria produzione con materiali definibili "standard", affiancandoli alla produzione di materiali definibili "innovativi", sottendendo sempre al miglioramento produttivo e direzionandosi a prodotti definiti "*di nicchia*" per i quali sempre più spesso, il consumatore è disponibile a non

considerare l'alto costo finale, divenendo quest'ultimo, a quel punto, un fattore secondario. Particolarità questa, divenuta tradizionalmente relativa al settore tessile industriale, dove in particolari tessuti, le caratteristiche " visive ", la grafica, le caratteristiche specifiche dei materiali impiegati, si sommano alla matericità ed alle performance specifiche del tessuto nel suo insieme. Di contro, il rovescio della medaglia è che la corsa all'innovazione ad ogni costo, con lo scopo di creare prodotti vincenti sul mercato, unici e di tendenza, ha portato illustri esperti del settore della progettazione industriale, a riflettere sulla applicazione dilagante di materiali innovativi, in quanto, l'applicazione degli stessi, non può a priori essere considerata una progettazione innovativa e sicuramente ecosostenibile. Da ciò si deduce quindi, che se in un qualsiasi progetto venissero maggiormente contestualizzate le scelte dei materiali, tenendo conto delle problematiche etiche, industriali, economiche e non ultime ambientali, allora anche i criteri di scelta della tipologia materica da impiegare, dovrebbe seguire nuove strade.

2.2 Proprietà percettivo-sensoriali e caratteristiche tecnologiche dei materiali.

Gli sviluppi continui nel settore dei materiali, comportano come accennato precedentemente, l'aggiornamento nella conoscenza degli stessi da parte dei progettisti. I materiali diventano, attraverso il loro impiego nei prodotti di tendenza, soluzioni originali per nuove forme e colori , integrando caratteristiche fisico-chimiche a sensazioni tattili o visive. E' palese che ogni individuo ha nei confronti di ogni materiale e di ogni prodotto, una propria scala sensoriale-percettiva con cui stabilisce se un oggetto gli appare ad esempio piacevole, funzionale o gratificante. Nella progettazione di un prodotto, quindi, il progettista deve tenere conto di una serie di caratteristiche per ogni materiale che intende impiegare, al fine della funzione finale e di un successo dello stesso sul mercato, determinandone preventivamente caratteristiche quali, senso di robustezza all'uso, ergonomia, piacevolezza, colorazione, buona sensazione tattile e percettiva. E' difatti attraverso i cinque sensi, vista, tatto, olfatto, udito e gusto che l'uomo attua con il proprio cervello, l'elaborazione complessa, captando in ultimo informazioni e stimoli, soprattutto in base ad esperienze, sensazioni e percezioni vissute. Tutto ciò che ci circonda è realizzato attraverso la combinazione di materiali e tecnologie, ed è

importante chiedersi quale ruolo possano svolgere i materiali e le tecnologie nell'influenzare la decifrazione di una informazione sensoriale che genera nel nostro cervello, una emozione. Nella successiva figura 7, si riporta l'insieme delle caratteristiche, in relazione alle proprietà di associazione, espressivo-sensoriali e percettivo-emozionali, a cui il prodotto di industrial design deve sottendere e sostanzialmente contenere per avere, come accennato, buone possibilità di presa sul consumatore finale, attraverso l'impiego di determinati materiali, tradizionali o innovativi.

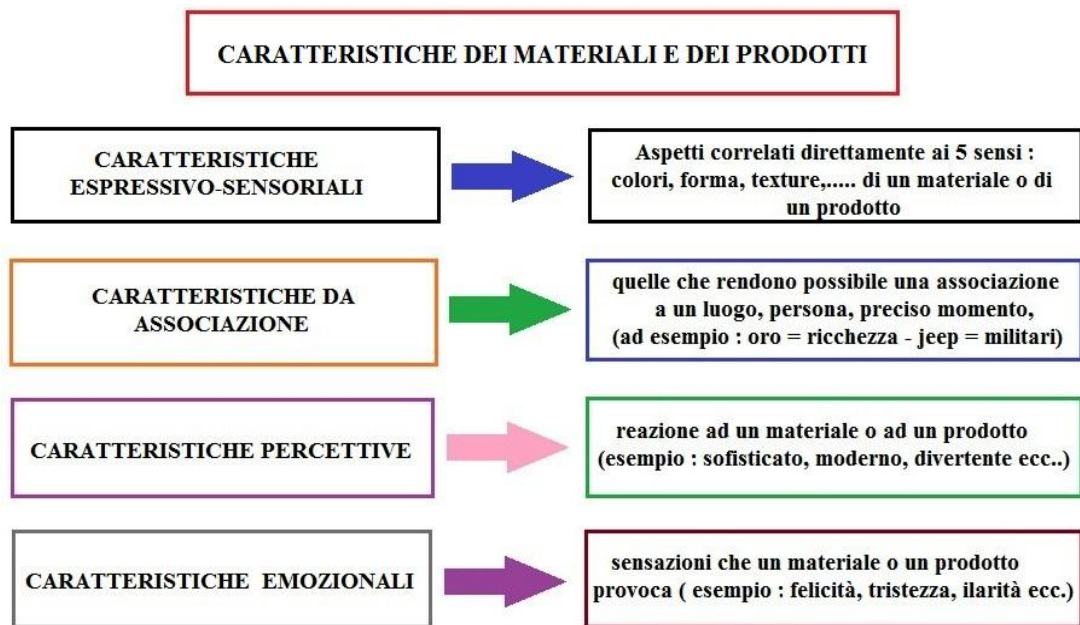


Fig.7 - Caratteristiche dei materiali e dei prodotti - schema tratto da : Ciclo di seminari : I nuovi materiali per la tecnologia del futuro - Prof. S.Rossi - Università degli Studi di Trento - 2008

Ecco dunque che colore, sensazione tattile , odore del materiale, temperatura al tatto, possono diventare caratteristiche alle quali prestare molta attenzione nella progettazione per la realizzazione di un prodotto al punto di divenire determinanti per un sicuro successo di mercato. Bruno Munari, dalla lunga esperienza di designer, in particolare dallo studio dei materiali e delle percezioni che essi creano nell'uomo, ha cercato di realizzare un elenco sommario, costituito da una serie di aggettivi scaturenti da percezioni sensoriali e sensazioni tattili. Definizioni come leggero, pesante, soffice, morbido, rigido, liscio, ruvido, rugoso, rigato, caldo, tiepido, rovente, bollente, freddo, fresco, ghiacciato, elastico, flessibile, vellutato, spigoloso, geometrico, rotondo, curvo, pungente, peloso, setoso, ci portano a provare ed

immaginare istantaneamente, sensazioni ed emozioni. Aspetti relativi al tipo di percezione che nella quotidianità della vita, toccando un materiale o un prodotto, ci trasmette a livello emozionale attraverso la propria forma, sia essa sferica, concava, convessa, dalla temperatura esterna, sia essa fredda o calda, o semplicemente attraverso la colorazione, definiscono un aspetto complessivo di sensazioni e percezioni, il cui insieme si contempla nella parola "plurisensorialità". Nella figura 8, si riporta a mero esempio, la descrizione sintetica di caratteristiche tattili, sensazioni, percezioni, definizioni e caratteristiche tecniche, in ordine ad alcuni materiali o stati fisico-chimici :

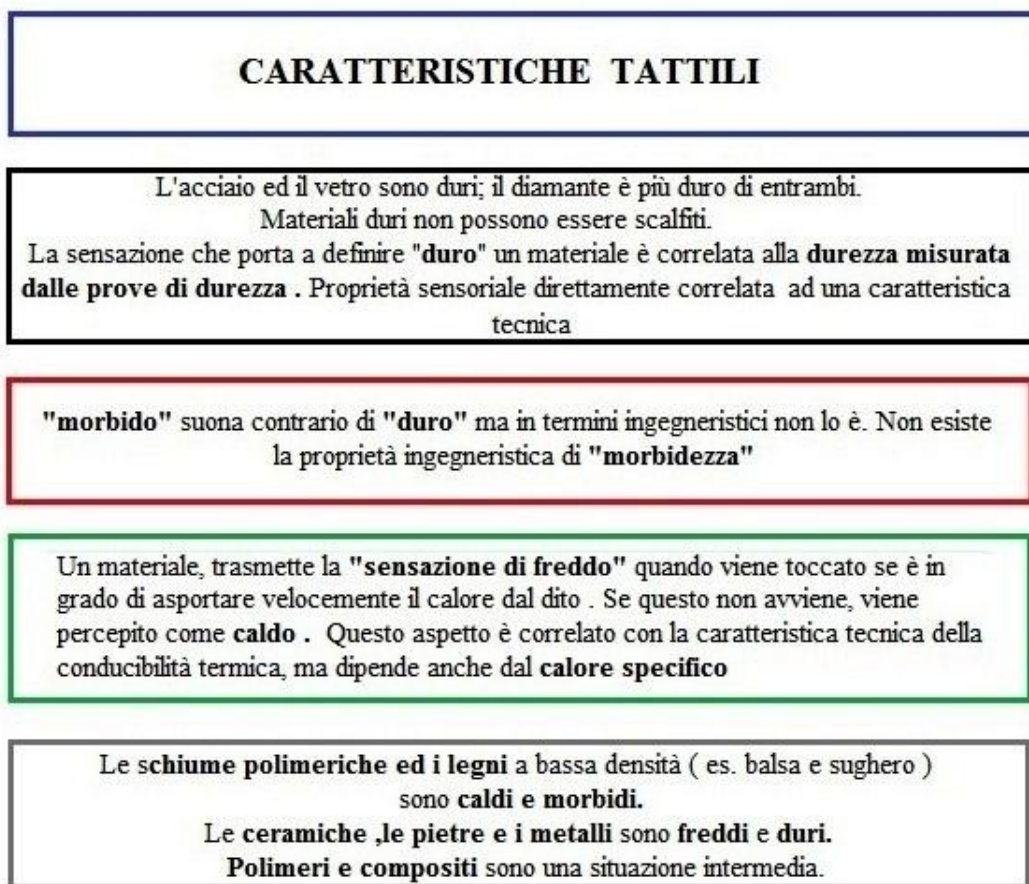


Fig.8 - Caratteristiche dei materiali e dei prodotti - schema tratto da : Ciclo di seminari : I nuovi materiali per la tecnologia del futuro - Prof. S.Rossi - Università degli Studi di Trento - 2008

Nella successiva fig.9, si riportano esempi di stato e caratteristiche fisiche proprie di alcuni gruppi di materiali che inducono nell'uso, percezioni tattili ed emozionali, tali da condizionare le scelte ed il gradimento dell'oggetto stesso, in un mercato sempre più esigente, dove il consumatore finale gioca il ruolo fondamentale.

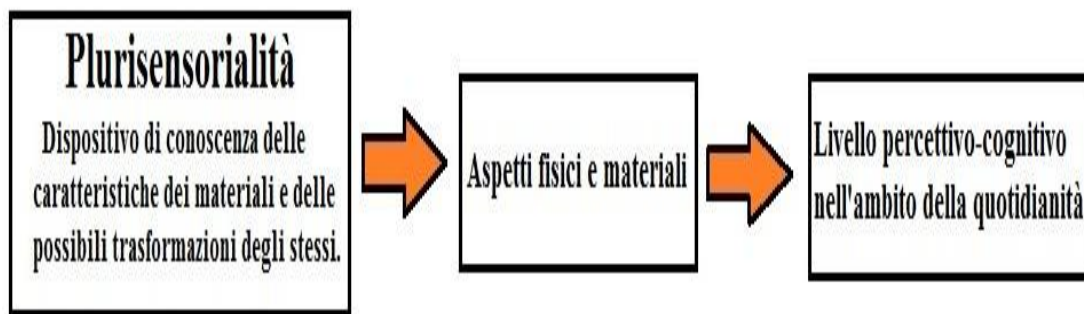


Fig.9 - Aspetti complessivi della plurisensorialità.

Nel contesto progettuale moderno, ci si è abituati a una concezione della progettazione che tenga conto di spazi e luce. Vero anche che, aspetti fondamentali, quali la plurisensorialità, o meglio gli aspetti fisici e i benefici che potrebbero apportare con una progettazione mirata, ad oggi sono ancora pochissimo considerati nella formazione universitaria e quindi infusi nella successiva attività professionale. E' chiaramente auspicabile che una nuova frontiera della realizzazione di product design, si dovrà basare sulla continua ricerca di modalità e sistemi innovativi. In questo contesto, la *progettazione plurisensoriale* assume aspetti di fondamentale importanza, essendo essa l'espressione di un sistema di processi progettuali, dove i materiali, vengono analizzati negli aspetti funzionali, tecnologici e percettivi. Il futuro prossimo di una moderna progettazione, è quindi, lo spingersi verso nuovi orizzonti percettivi, quali *equilibrio* e *termo-percezione*. Ad esempio, con una mirata progettazione plurisensoriale, il senso dell'olfatto, che è uno dei sensi con cui un non vedente può percorrere ed essere guidato, attraverso la percezione di aromi-guida. Tali "aromi", posizionati in punti mirati, riescono a delineare materialmente un vero e proprio percorso pedonale posto all'interno di strutture architettoniche ad ambiente confinato o addirittura in spazi semiaperti, permettendo e semplificando l'accesso e la fruibilità di tali spazi. Difatti, in un determinato contesto, è possibile creare la condizione per avere un giardino con piante piacevolmente profumate e contestualmente avere un percorso pedonale per cui svolgere una funzione molto precisa, semplicemente attraverso l'inserimento di piante aromatiche, lungo il tracciato stesso, con il fine, come

accennato, di aiutare una persona non vedente o un anziano con difficoltà percettive ad orientarsi nell'ambiente circostante.

2.2.1 Fotocromia, termocromia e luminescenza

Aziende produttrici di lampade, sul concetto di luce colorata hanno creato lampade in grado di sincronizzare il colore della luce emessa, in funzione dello stato emotivo dell'utilizzatore. Difatti, non solo può essere modificato il fascio luminoso, ma anche la riflessione dello stesso nell'ambiente delimitato ed il colore percepito dall'occhio dell'utilizzatore sulle pareti nonché degli oggetti contenuti nello spazio viene completamente trasformato. La creazione di pigmenti termocromici e fotocromici, inglobati in materiali plastici, in inchiostri o vernici, riescono a cambiare il proprio colore in funzione della temperatura, della luce che li colpisce o vengono influenzati dall'ambiente in cui vengono impiegati. pigmenti fotoluminescenti, inglobati in materiali plastici (ad esempio nelle cover dei telefoni cellulari) possono offrire effetti luminescenti interessanti, rendendo "personalizzato" lo stesso prodotto. Il mercato attuale, ha messo a disposizione dei moderni progettisti, polimeri creati con tecniche da iniezione ed estrusione che, ad esempio, hanno la capacità di assorbire la luce emessa durante il giorno e di restituirla durante le ore notturne, oppure semplicemente di assorbire la luce, rendendo il prodotto luminescente. Avere la possibilità di potere impiegare nastri, fasce e pellicole luminose flessibili, piegabili e sagomabili in grado di sostituire le classiche lampade più pesanti e meno modificabili, ne ha reso più semplice l'impiego, ma soprattutto il trasporto. Una nuova tecnologia di fogli metallici traforati, molto sottili e malleabili, possono essere impiegati per la realizzazione di prodotti con forme tridimensionali o complicate. Questo, anche perché lo stesso foglio può assumere diversa forma, essendo estensibile manualmente o meccanicamente o addirittura ridimensionabile senza particolare difficoltà e addirittura in grado di poter riassumere la forma originale ed in seguito, essere riusato per un altro scopo.

2.2.2 Trasparenza e traslucenza

Il costante progresso tecnologico, continua ad offrire interessanti opportunità agli ingegneri industriali ed ai progettisti in genere per quel che concerne la percezione

degli spazi. Lo sviluppo tecnologico applicato a due fenomeni fisici specifici, ovvero la "trasparenza" e la "traslucenza" , ha permesso la creazione di materiali avanzati e con elevate caratteristiche innovative, come ad esempio la vetroceramica. La creazione e quindi, l'impiego di vetroceramica termoformabile, permette la progettazione di oggetti o prodotti complessi, essendo essa un ibrido tra il vetro e la ceramica. Il processo di creazione di tale materiale, copia le condizioni naturali di formazione del granito, attraverso un primo scioglimento e successiva cristallizzazione di ceramiche e particelle di silicio, ottenendo a processo completato, la vetroceramica. Tale materiale ibrido, dal punto di vista estetico è molto simile al marmo, ma con caratteristiche di durezza superiori, resistenza meccanica elevata e soprattutto una considerevole lucentezza. Caratteristica importante della vetroceramica è che essa è totalmente riciclabile in quanto ricavata da elementi naturali, non presenta resine o solventi, non rilascia odori ed ha una elevatissima resistenza alla corrosione . Elevata è anche la resistenza all'esposizione prolungata ai raggi UV. La lavorabilità del materiale, ne permette la produzione in lastre e può essere tagliato con sega a disco mediante fresatura, a getto d'acqua ad alta pressione o con punta di diamante. L'esiguità degli spessori ottenibili, permettono al materiale di avere una parzialmente trasparenza che in presenza di luce, genera particolari effetti nell'ambiente delimitato. La superficie si presta ad essere incisa al fine per ottenere scritte e disegni artistici e personalizzazioni. Il materiale, in lastre di vario spessore, attraverso la termoformazione, può essere lavorato per ottenere superfici curve con raggi di curvatura significativi. La superficie può essere trattata con sabbiatrice, ottenendo un forte contrasto con la naturale brillantezza della superficie standard. La vetroceramica viene oggi impiegata nel settore dell'architettura, (rivestimenti di pareti o di pavimenti, panchine ecc...), dell'arredamento (vasche e lavabi da bagno, piani cottura di cucine, tavoli ecc...) e degli oggetti di design in generale. Nel campo dell'elettronica applicata alla trasparenza dei materiali, siamo in grado come progettisti, di permettere una nuova interattività con l'ambiente in cui viene previsto l'applicazione degli stessi. In particolare, tali tecnologie, possono essere utili a persone, le cui problematiche dovute a difficoltà fisiche e sensoriali, semplificano, rendendo fruibili, percorsi all'interno di spazi confinati. Questo, soprattutto attraverso l'elettronica ed in particolare della tecnologia delle pellicole

conduttive trasparenti, con le quali si è reso possibile la realizzazione di soluzioni “intelligenti”. Prova ne sono le superfici interattive, come vetri e tavoli interattivi che permettono la trasmissione di un segnale elettrico grazie al semplice tocco della mano, oppure di vetri pensati principalmente per la privacy degli ambienti o la modifica dell'illuminazione naturale internamente agli edifici. I vetri laminati che al tocco di uno ‘switch’ sono in grado di variare il proprio aspetto da trasparente a opaco garantiscono la discrezione all'interno di spazi delimitati o in ambienti particolari dove si richiede una certa privacy. La possibilità di queste superfici di poter variare la trasparenza, è resa possibile attraverso la regolazione a mezzo di un film conduttivo a cristalli liquidi, posto tra gli strati di due o più vetri o cristalli. Ciò può avvenire in assenza di uno specifico impulso elettrico per cui le molecole di cristallo liquido sono disposte in modo disorientato (definito tecnicamente come configurazione "off", opaco) che all'attivazione di corrente elettrica, le stesse molecole di cristallo, si dispongono in modo orientato (definita come configurazione "on" trasparente). Questo tipo di vetro viene utilizzato nell'ingegneria industriale, principalmente in ambienti interni per separare o dividere spazi, ad esempio, porte, pareti divisorie e superfici vetrate in genere, ma anche in ambienti esterni come facciate di edifici ed ovunque il progettista abbia bisogno di un effetto di offuscamento/trasparenza in opere di design o di architettura edile. La creazione di particolari pellicole, definite "conduttive", sono sempre più utilizzate in superfici vetrate di tipo stratificato che permettono la diffusione uniforme del segnale acustico trasmesso alla superficie del vetro da un vibro trasduttore applicato al vetro stesso.

2.3 - Nanotecnologia applicata ai materiali.

Nella trattazione dei materiali innovativi, non si può tralasciare un campo in cui si stanno dirigendo sforzi economici e di ricerca continua. Stiamo parlando della "nanotecnologia" applicata ai materiali. Ma, cos'è la nanotecnologia? La nanotecnologia, spazia in vari ambiti scientifici e non è altro che una branca della scienza che si occupa della manipolazione della materia a livello atomico-molecolare, mirante alla creazione di strutture semplici o complesse su scala nanometrica al fine dell'ottenimento di particolari proprietà speciali e funzionalità fuori dal generico concetto di tecnologia. La scienza moderna e la tecnologia

applicata ai materiali in genere, cerca in vari modi, di approfondire la conoscenza delle proprietà della materia su scala nanometrica. Basti pensare che un nanometro è l'equivalente di un miliardesimo di metro, corrispondente nella realtà alla lunghezza di una molecola costituente la materia. Vero è che, benché la scala sia infinitesima, la materia presenta svariate e sorprendenti proprietà e ciò spiega la continua ricerca e sviluppo di nuovi nanomateriali per l'impiego attuale e futuro in una vastissima gamma di applicazioni, implementando ed evolvendo le tecnologie al fine della loro produzione. Le particolarità chimico fisiche intrinseche che i nanomateriali presentano, sono oggetto di studio e sviluppo al fine di una metodologia di produzione, meno complessa, applicabile su vasta scala ed economicamente conveniente. La tendenza, a creare e standardizzare processi di produzione più semplici di nanomateriali e volta soprattutto al fatto che *" essi vengono applicati in ogni campo e la loro stabilità tecnologica inizia a essere il precursore per tutte le possibilità di realizzazione di tecnologie che ad oggi vengono definite futuribili nelle branche quali: l'ingegneria, la medicina, l'aerospazio, l'elettronica, ecc.."* Gli infiniti campi di applicazione dei nanomateriali, nel tempo, aumenteranno sempre più, divenendo le soluzioni di problemi attuali e futuri, attraverso lo sviluppo e la creazione di nuovi materiali compositi, componenti strutturali complessi e sistemi miniaturizzati, leggeri, resistenti e risolutori. Di non secondaria importanza, è, il contributo fondamentale che i nanomateriali, attraverso la loro applicazione, diverranno la soluzione di problemi mondiali ed ambientali in quanto, consentiranno di realizzare prodotti e processi sempre più evoluti per usi specifici permettendo ancor più di risparmiare risorse e ridurre notevolmente il volume dei rifiuti e delle emissioni dannose in atmosfera.

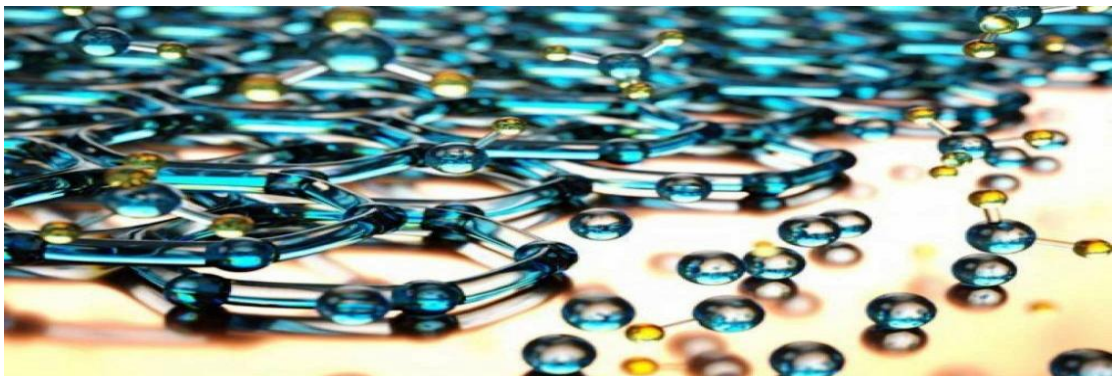


Fig.10 Rappresentazione 3D della struttura atomica del Graphene - da : It.dreamstime.com

2.3.1 - Proprietà fisiche dei nanomateriali

Esistono proprietà fisiche specifiche che possono essere significativamente differenti tra materiali con dimensioni che variano da una scala atomica e materiali che possiedono dimensioni massive. Molteplici proprietà sono ad oggi conosciute, ma come accennato nel precedentemente, molte devono essere studiate, approfondite ed elaborate. Tra le innumerevoli proprietà dei nanomateriali, in particolare quelle fisiche, sono dovute dalla frazione di atomi superficiali, l'alta energia superficiale, il confinamento spaziale e la presenza di un numero ridotto di difetti. Da qui, la possibilità di adeguare nanostrutture per proprie determinate caratteristiche e bisogni considerando le svariate caratteristiche, in particolare, fisiche, chimiche e meccaniche. Alla luce quindi di quanto sinora considerato, si riportano appresso le principali proprietà e caratteristiche, relative alla trattazione sui nanomateriali :

- punto di fusione notevolmente inferiore o inferiore alla temperatura di transizione di fase ed avere le costanti reticolari sensibilmente ridotte, a causa della presenza di una frazione di atomi di superficie molto grande in confronto al numero totale di atomi ;
- proprietà meccaniche per questi materiali possono raggiungere i valori teorici, di uno o due ordini di grandezza superiore a quelli di un monocristallo, dato il numero ridotto di difetti ;
- proprietà ottiche significativamente diverse rispetto ai materiali massivi. Ad esempio, il picco di assorbimento ottico di un semiconduttore di nano particelle si sposta verso lunghezze d'onda più corte dato l'incremento del band gap (intervallo di energia); oppure il colore delle nano particelle metalliche può subire un cambiamento con la loro dimensione dato dalla risonanza plasmonica di superficie ;
- conducibilità elettrica decresce con le dimensioni ridotte dato l'incremento della dispersione superficiale. Tuttavia la conducibilità elettrica di un nano

materiale può aumentare anche sensibilmente dato il miglior ordine micro strutturale

- proprietà magnetiche nei materiali nano strutturati sono distintamente differenti da quelle dei materiali massivi. Il ferromagnetismo dei materiali massivi scompare e si trasforma in superparamagnetismo nella scala nanometrica data l'alta energia superficiale ;
- l'auto-depurazione da difetti è una proprietà termodinamica intrinseca dei nano materiali e delle nano strutture. Ogni trattamento termico incrementa la diffusione delle impurità, dei difetti strutturali intrinseci e delle dislocazioni e questi possono facilmente uscire dalla superficie più vicina. L'aumento della perfezione strutturale porta ad un impatto sensibile sulle proprietà chimiche e fisiche (per esempio la stabilità chimica sarebbe rinforzata) ;

Le nanotecnologie potrebbero quindi divenire il veicolo con cui apportare un contributo fondamentale alla soluzione di problemi mondiali ed ambientali perché consentono di realizzare prodotti e processi per usi più specifici, risparmiando risorse con relativa riduzione dei volumi di rifiuti e drastica riduzione delle emissioni in atmosfera. Tali possibilità, aprono nuove prospettive nel mondo produttivo per la creazione di ricchezza e occupazione.

2.3.2 Applicazioni nanotecnologiche

Il campo di applicazioni attuali e future nel campo delle nanotecnologie dei nanomateriali possono essere attualmente identificati, nei seguenti settori :

-Nanoparticelle ed industria cosmetica: (ad es. filtri solari dove si sfruttano le proprietà assorbenti delle nanoparticelle);

-Nanocompositi: nanocariche silicati lamellari (clay nanocomposites) e nanotubi di carbonio possono essere utilizzate come rinforzi non solo per aumentare le proprietà meccaniche dei nanocompositi ma anche per impartire nuove proprietà (ottiche, elettroniche, magnetiche).

-Nanocoating: rivestimenti superficiali di dimensioni nanometriche possono essere utilizzati per migliorare la resistenza all'usura e antigraffio anche con proprietà ottiche o idrorepellenti.

- Utensili: (ad es. frese ed altre macchine utensili) costituiti da nanocompositi a matrice metalliche e ceramici: carburo di tungsteno, carburo di tantalio e carburo di titanio più resistenti alle sollecitazioni, maggiormente precisi e di maggiore resistenza all'usura.
- Vernici altamente tecnologiche con nanoparticelle metalliche per incrementare ed eventualmente impartire nuove proprietà ottiche ed elettroniche.
- Displays (schermi e TV): una applicazione che vedremo molto presto e quella della nuova generazione di schermi che usano i nanotubi di carbonio come dispositivi di emissione di elettroni (FED field-emission displays).
- Celle a combustibile: membrane nanostrutturate che ne incrementino l'efficienza.
- Immagazzinamento di energia elettrica: produzione di batterie più leggere e più efficienti.
- Nanoparticelle usate come additivi nei carburanti e nei lubrificanti che agiscono come una sorta di nanocuscini a sfere, a riduzione degli attriti.
- Materiali nanostrutturati magnetici utilizzabili nel data storage.
- Membrane nanostrutturate per la purificazione delle acque.

2.4 Ecosostenibilità

L'obiettivo di ogni ingegnere industriale è soddisfare con la propria opera creativa, i bisogni mutevoli del mercato. I prodotti innovativi e d'avanguardia che colgono il mercato di sorpresa, sono anticipatori di un bisogno, fornendone una soluzione ad uso della collettività. Spesso l'innovazione di nuovi concept non nasce come accennato da studi di mercato, ma sono conseguenza diretta, dovuta ai progressi della scienza e della tecnologia. Da ciò ne consegue che i materiali "strutturali" non sono tramontati, ma la continua ricerca e sviluppo è orientata verso una maggiore efficienza e flessibilità nei processi produttivi, con lo scopo di avere materiali evoluti nel cui ciclo produttivo si tenga conto di una effettiva salvaguardia delle materie prime e delle fonti energetiche non rinnovabili. Difatti, tutte le attività umane comportano direttamente o indirettamente un impatto sull'ambiente. Di conseguenza, le capacità di assimilazione e di rigenerazione dell'ambiente, in maniera autonoma, sono tali da non essere in grado di subire gli effetti senza avere danni irrimediabili in

caso di impatto ambientale. *"Operare delle scelte consapevoli in fatto di progettazione ecocompatibile sembra essere un'impresa poco facile da affrontare, soprattutto se teniamo conto del fatto che il mondo produttivo è sempre alla continua ricerca di nuovi mercati da conquistare e in cui affermare la propria leadership. Ultimamente, ciò che sta emergendo ovunque, è la necessità di adottare opportune strategie che reindirizzino le produzioni industriali verso il qualitativo più che il quantitativo. Il progettista sarà perciò una delle figure chiave di questo processo, in quanto sarà sua precisa responsabilità farsi carico della sensibilizzazione verso una maggiore sostenibilità di tutti gli attori che formano la catena produttiva, attraverso il suo operato e, in fin dei conti, perché il progettista sarà colui che, maggiormente rispetto ad altri, avrà in mano strumenti concettuali, culturali e critici utili all'estrapolazione degli "ingredienti" più significativi del cambiamento in atto" [2].*

E' opportuno quindi nel progettare, considerare che il prodotto, oltre a svolgere coerentemente la funzione preposta, sia ecosostenibile e con caratteristiche il più possibile aderenti all'idea originaria, dove il fine, assume anche un valore complessivo emozionale ed espressivo-sensoriale. Le attività umane hanno, come visto, un qualche impatto sull'ambiente direttamente o indirettamente ed è chiaro quindi che il lavoro primario di ogni progettista è di fare in modo che la propria attività, debba orientarsi al contenimento del degrado ambientale ed al depauperamento delle risorse del pianeta, tenendo conto dei bisogni del presente, senza compromettere quelli delle generazioni future. *" I Termini quali "sviluppo sostenibile", "sostenibilità" o "ecoprogettazione" sono ormai entrati a far parte del nostro lessico quotidiano di progettisti, anche se solo ultimamente il tentativo di affrontare con più decisione la problematica ambientale, sta dando i primi frutti concreti di una ricerca più che ventennale che, almeno agli inizi, veniva guardata con sospetto. La ricerca industriale e universitaria e lo sviluppo dei mercati a livello globale, hanno sollecitato in tal senso la focalizzazione verso l'innovazione e la diversificazione dei materiali da impiegare nella produzione industriale" [2] .*

La base primaria pertanto per la scelta dei materiali consolidati è quella dalla tradizione e delle preesistenze ed è comunque opportuno indagare e chiarire i punti oscuri che si nascondono, dietro la creazione e l'impiego della innumerevole quantità di materiali semilavorati di ultima generazione ad alto contenuto tecnico o tecnologico, messi

a disposizione del progettista, definibili come veri e propri componenti dei prodotti del futuro. " Se la prima strada percorribile si basa essenzialmente sui saperi tradizionali sedimentati nel tempo e maturati dall'esperienza sul campo dei progettisti e degli industriali che ci hanno preceduto, l'altra muove i primi passi verso nuovi scenari di applicazione ancora pressoché sconosciuti se confrontati con le attuali necessità di ecoprogettazione Il processo evolutivo in tal senso, quello che tenta quindi di accoppiare esigenze ambientali al benessere umano offerto dai prodotti che acquistiamo, ha condotto alla creazione di un parco materiali estremamente diversificato. È palese però che il rischio per il progettista è quello di ritrovarsi davanti agli scaffali di un grande ipermercato, di fronte a migliaia di "materiali innovativi" diversi e al contempo indistintamente uguali, e di dover affrontare scelte non facili le cui conseguenze sono scarsamente prevedibili." E' doveroso quindi, considerare nella attività progettuale, il ciclo di vita dei materiali e puntare senza indugio a ridurre l'impatto ambientale attraverso l'uso di materiali funzionali e soprattutto ecologici. Non è infatti pensabile che 1/5 della popolazione mondiale, possa fare uso e quindi partecipare negativamente al depauperamento seppur parziale, sull'80% delle risorse complessive disponibili della Terra.

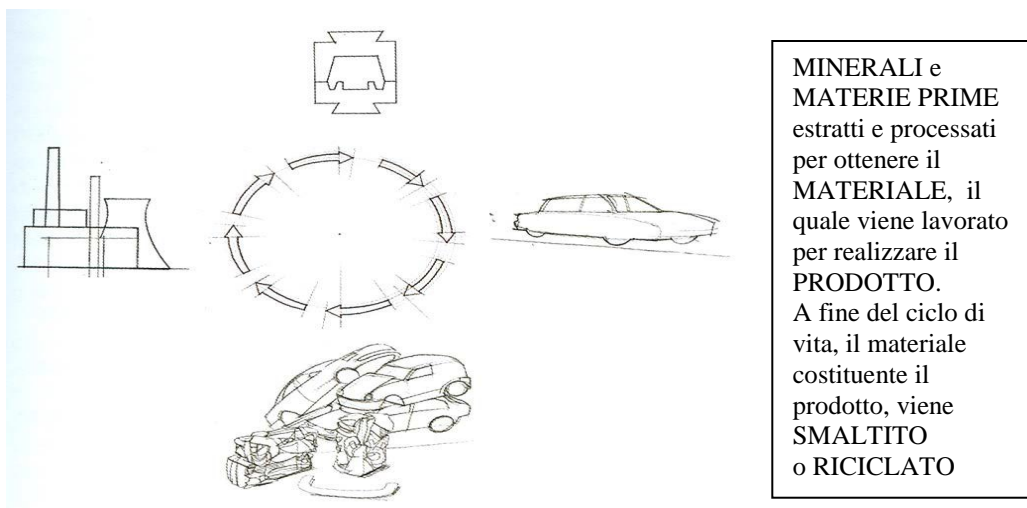


Fig.11 - Ciclo di vita di un materiale - Ciclo di seminari : I nuovi materiali per la tecnologia del futuro - Prof. S.Rossi - Università degli Studi di Trento - 2008

2.5 Innovazione Materica

La valutazione dell'importanza economica delle nuove tecnologie rende necessaria una regola di classificazione dell'innovazione, capace di distinguere fra innovazione

[2] Cfr.: Innovazione Materica e Design - (Autore) Marino Gian Paolo - (Editore.) Time&Mind Press

incrementale, innovazione radicale e nuovo sistema tecnologico. Negli anni ottanta e novanta, accanto a una grande varietà di singole innovazioni incrementali, radicali o sistemiche in quasi tutte le industrie, si è manifestato un generale cambiamento di paradigma o meglio, dalla tecnologia degli anni cinquanta e sessanta, caratterizzata da una produzione di massa e a flusso continuo, poco flessibile e a uso intensivo di capitale e di energia, si è passati a una tecnologia più flessibile, a uso intensivo di informazione e computerizzata. Quanto citato sinora, ricondotto al campo specifico della produzione industriale e quindi nella progettazione, comporta una consapevole presa di coscienza nella scelta da parte di un progettista industriale relativamente a materiali innovativi da applicare nel progetto, inserendo, nella propria attività, un modo naturale di concepire l'innovazione nell'interezza etica, secondo concetti di condivisione delle responsabilità tra coloro che partecipano alla progettazione. In considerazione di ciò, è importante riassumere l'intero ciclo di produzione, basandosi strettamente su una precisa scala di valori, correlando il *prodotto* con l'utilizzatore, ovvero *l'uomo*. La scelta di materiali innovativi, va ricondotta quindi ai valori etici fondamentali ed in particolare ai fattori "*prodotto*" e "*uomo*" che si scompongono a loro volta, come detto, in un sottoinsieme ampio di subfattori, (fig.11), tra essi strettamente correlati, secondo concetti di responsabilità condivisa da tutti gli attori coinvolti nell'attività di progettazione e produzione. Nella innovazione materica per una complessità di prodotti, i relativi vantaggi economici riscontrabili con il loro impiego, devono essere considerati di secondaria importanza rispetto al risparmio di materie prime per la salvaguardia dell'ambiente.

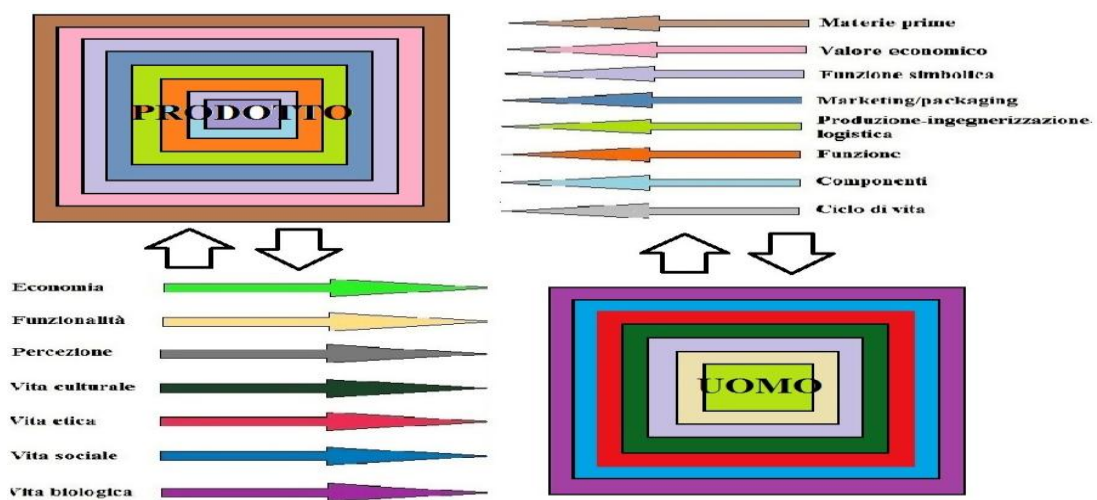


Fig.12 - Fattori Uomo e Prodotto relazionati ai "valori intrinseci".

La specifica produzione e soprattutto l'impiego di materiali innovativi, a basso impatto ambientale, diverrebbe alternativa etica, in cui la resa tecnica e l'aspetto economico non verrebbero inficiati, anzi, apporterebbero certamente un beneficio sociale, culturale e biologico di differente levatura rispetto alla situazione attuale, dove poco ci si occupa della ecosostenibilità. Artefici di questo ribaltamento di valori, sono senza dubbio i progettisti. Difatti, con il proprio ruolo ed in virtù delle loro qualità professionali possono fattivamente incentivare e regolare l'uso di materiali ecosostenibili, al fine di avviare il cambiamento di tecnologia che una innovazione sostenibile richiede. Il ripensamento della catena produttiva, di cui la progettazione è anello essenziale, dovrebbe quindi, operare una rivalutazione qualitativa dei manufatti in genere, senza per forza continuarne ad incentivarne la loro quantità. Nell'azione sinergica di tutti gli elementi intrinseci di entrambi i fattori considerati (fig.12), il progettista, con le proprie capacità personali e professionali viene indotto, ad avviare un percorso di approfondimento nel campo tecnologico, teso alla sostenibilità attraverso una innovazione materica per il prodotto. Un materiale innovativo, potrà quindi considerarsi tale, quando sarà esso generato dalla trasformazione della materia con cui è prodotto un oggetto usato e che a fine vita funzionale, possa essere risorsa per un altro sistema produttivo. L'attuale mondo della produzione che si occupa in maniera sempre più considerevole della problematica ambientale, si scontra spesso con il sistema politico-decisionale che non riesce ancora a focalizzare la necessità di riequilibrare l'intero sistema produttivo, al fine di innescare una nuova modalità di progettazione che concentri l'attenzione verso necessità umane-ambientali, anziché estetico-produttive. " *La concezione di un sistema-prodotto che coinvolga in modo incrociato più discipline, comincia a farsi strada non solo a casa nostra, ma anche in paesi quali l'Inghilterra, ad esempio. Prova ne sia, ad esempio, l'attività di promozione e sviluppo dell'innovazione della britannica NESTA (National Endowment for Science, Technology and the Arts) Secondo Jonathan Kestenbaum, suo attuale direttore generale, la maggior parte delle ricerche teoriche e delle sperimentazioni pratiche sviluppate a più livelli di competenze negli ultimi anni, indica chiaramente che, per quanto riguarda l'innovazione, la partita del futuro non si giocherà più all'interno di una o più discipline in modo separato, ma trasversalmente ad esse*". I valori

principali da valorizzare congiuntamente al fine di poter elaborare strategie progettuali che pongano l'uomo quale elemento catalizzatore dell'innovazione, sono il capitale umano, intellettuale, finanziario ed ambientale. " *L' alternativa al metodo classico della ricerca con cui la maggioranza delle aziende persegue l'obiettivo dell'innovazione, è fattore sintomatico di una necessità di cambiamento condivisa e di una volontà di azione concreta a livello internazionale. La questione principale è quella dell'azione capillare pensata però per ricadute globali; per fare ciò, vorrà dire che qualsiasi tipo di scelta di progettuale dovrà essere dettata in base a valori etici, più che in funzione della limitante migliorativa tecnica fine a se stessa*"[2].

Qualora considerassimo il valore aggiunto che la tecnologia potrebbe apportare all'umanità, noteremmo quanto sarebbe ampia la possibilità di espansione del mercato del settore materico e componentistico nel rispetto delle differenti necessità umane, ambientali ed economiche dei differenti contesti. E' logico che pensare in questi termini, in un futuro prossimo, avremo necessità di ripensare l'intero sistema occidentale dei consumi, proponendo nuovi modelli di sviluppo economico. Una diversa gestione dell'attività progettuale legata al prodotto industriale dovrà, di conseguenza, essere indirizzata verso una visione dell'industrial design e dell'architettura , dove l'innovazione si rapporti concretamente ad una visione di approccio alla problematica più ampia del sistema produttivo complessivo, soprattutto volta al risparmio energetico, all'ecologia e soprattutto a fattori più importanti, come per esempio, i valori umani. A questo, andranno indubbiamente correlati quei fattori sempre più restrittivi che le normative a livello globale, impongono ciclicamente agli Stati in tema di tutela ambientale, in relazione alle attività umane e produttive. Al fine quindi di rendere possibile e soprattutto cercare di anticipare la soluzione alle problematiche sollecitate dalle normative sul risparmio energetico e impatto ambientale, una progettazione più attenta e direzionata "naturalmente" verso materiali e componenti tecnologicamente evoluti ed ecosostenibili, diverrebbe l'elemento catalizzatore dell'innovazione sia del prodotto industriale di "design", sia dell'elemento costruttivo edile in funzione di elemento di progettazione nell'ingegneria e nell'architettura. Idealmente, ogni progettista, dovrebbe "ripensare" completamente la propria attività considerando come primari i fattori umani e produttivi, inserendoli come valore aggiunto nella propria azione

progettuale, con la certezza etica che il proprio compito non si limita al semplice progettare ma a prevedere una modernizzazione dell'insieme sistema-prodotto complessivo. Nel presente lavoro, al fine di chiarire e stabilire alcuni valori fondamentali, siano essi procedurali, tecnici e soprattutto etici che diventino essi cardine di una progettazione definibile "innovativa", si è ritenuto necessario riportare fedelmente quanto asserito dal Prof. Gian Paolo Marino in *Innovazione Materica e Design* [2] :

- *la realizzazione di un progetto (sia esso semilavorato, componente basico o evoluto, oggetto finito, processo produttivo) che possa realmente considerarsi "innovativo", non dovrà più essere definito secondo una concezione evolutiva lineare, ma sistemica;*
- *innovare la produzione industriale significherà dover ragionare per componenti di prodotto evoluti, il cui ciclo di vita non si esaurisca nell'istante della dismissione del prodotto, ma che si integri senza soluzione di continuità con un altro sistema;*
- *l'innovazione materica, valorizzando l'uomo, valorizzerà le ricadute ambientali ed economiche, secondo un'ottica alternativa di non negazione dei valori, ma di ribaltamento degli stessi;*
- *l'estetica dei nuovi prodotti potrà essere diversa, ma non meno affascinante rispetto a quella attuale;*
- *la catena-prodotto avrà necessità di essere ripensata in termini di componenti-prodotto costituenti un sistema più ampio e non di prodotti chiusi in se stessi.*
- *il progettista sarà una figura che concepirà non solo un prodotto ma anche il sistema in cui esso verrà inserito;*
- *il progettista non sarà più una figura passiva nei confronti dell'innovazione: egli potrà essere piuttosto un motore propulsivo di eccellenza della stessa, su più piani di azione congiunta (culturale, produttivo, politico-decisionale, normativo, ambientale; il progettista, criticamente e consapevolmente, dovrà compiere (e non subire) scelte in condivisione responsabile con tutti gli attori coinvolti nel sistema-prodotto*

[2] Cfr.: *Innovazione Materica e Design* - (Autore) Marino Gian Paolo - (Editore.) Time&Mind Press

2.5.1 Scambio di informazioni

Il fatto sostanziale, al fine di un concreto ottenimento di importanti risultati nel campo dell'innovazione, è quello di attuare sistematicamente lo scambio di informazioni. L'interscambio di conoscenze tecniche e tecnologiche fra tutte le figure che ruotano attorno alla progettazione di un qualsiasi prodotto, non avviene mai in maniera completa se avviene in modo del tutto casuale e non ragionato. Pertanto un corretto flusso di informazioni da attuare attraverso dei database diventa funzionale per una più ampia fruibilità da parte dei progettisti e dei produttori in genere. E' ormai certo che senza l'ausilio di interscambio di conoscenze, l'impiego di una determinata soluzione già impiegata e consolidata per uno specifico settore, solo per una serie di coincidenze, avrà la sicurezza di venire impiegata con profitto in un altro settore. Attualmente, la diffusione e l'interscambio di informazioni relative all'aggiornamento e sviluppo di materie e sistemi innovativi, risulta essere presente nei principali database delle aziende che operano nel settore di mercato, ma in maniera sommaria e lacunosa. Difatti, nell'insieme di informazioni contenute nelle schede di aggiornamento, determinati aspetti vengono riportati con notizie sommarie e non coerentemente classificate, con diffusione dei dati incompleti dal punto di vista del possibile danno ambientale per la composizione chimico-fisica e soprattutto per gli aspetti produttivi che potrebbero risultare, nel breve-medio periodo, impattanti sull'ambiente. Ad oggi, si tende a sottolineare quasi esclusivamente, l'aspetto funzionale e le qualità esteriori (aspetto, colore, ecc.), ovvero l'attrazione che il materiale/prodotto riesce ad avere nei confronti dei consumatori finali della società occidentale, tralasciando aspetti fondamentali delle diverse situazioni culturali, economiche, sociali e soprattutto dei bisogni di paesi con differenti realtà economiche. Diviene fondamentale quindi, una necessità di gestire le informazioni nell'insieme, ovvero di facilitare lo scambio di esperienze, di prove effettuate sui materiali, le scelte progettuali e soprattutto con il fine ultimo di aiutare tutti gli attori della catena produttivo-gestionale. L'esatta definizione di un componente materico, compiuta secondo criteri che si riconducono al sistema generale, deve essere parte di un insieme compiuto di relazioni con il fine dello scambio di informazioni integrata e non estranea ad una complessità che va ben al di là della semplice definizione progettuale di un prodotto, in quanto coinvolta ad influenzare il sistema totale di cui

il prodotto stesso è parte integrante. Pertanto, la scelta consapevole di un materiale innovativo, sarà perciò solo una delle molteplici azioni che porteranno alla concretizzazione di un prodotto innovativo nella sua complessità. I criteri di base di scelta e conseguente applicazione di ogni singolo materiale, sarà sempre più condizionata dalla conoscenza profonda di un insieme di caratteristiche sperimentate nonchè del campo applicativo ed in funzione di una validità del sistema-prodotto, contestualizzato alla contemporaneità e possibilmente al futuro. *"Dall'indagine compiuta, è emerso con chiarezza che le Banche Dati e i produttori tendono a divulgare, ovviamente, le positività dei contenuti. Ma noi, come progettisti, abbiamo invece il dovere di porre anche delle domande e, quando possibile, di pretendere le conseguenti risposte sulle eventuali negatività dei prodotti, dei materiali o delle tecnologie che sono presenti sul mercato. Solo successivamente potremo allora compiere valutazioni e scelte che, per quanto qualitative (dopotutto siamo progettisti e non specialisti di produzione o chimici o medici, ...), siano in linea di massima più ponderate. La carenza di fattori di scelta discriminanti che chiariscano al progettista (designer, ingegnere, architetto, ...) quale prodotto impiegare e quale evitare in un progetto, diventa quindi una priorità da risolvere attraverso la divulgazione diffusa di dati, perché solo un flusso aperto, trasparente e libero di informazioni e una loro condivisione fra tutti gli attori che animano la catena del sistema-prodotto, potrà consentirci di progettare realmente l'innovazione per l'uomo.*[2]

2.6 Materioteca

L'esigenza di innovare e diversificare i materiali da impiegare nella produzione industriale, ha il merito di stimolare costantemente la ricerca industriale e universitaria, al fine della creazione e messa a punto di materiali sempre più tecnologici ed innovativi. L'ampliamento a livello globale dei mercati e la sempre più agguerrita competizione nella prodotto industriale, comporta la necessità di trovare sempre nuove idee e forme, a prodotti presenti nel mercato. La miniaturizzazione di apparecchiature per la comunicazione, di componenti elettronici o l'incremento prestazionale di particolari meccanismi o macchinari complessi, induce l'industria e soprattutto i progettisti ad essere sempre al passo con la conoscenza e gli sviluppi tecnologici dei materiali. La conoscenza profonda di

[2] Cfr.: *Innovazione Materica e Design* - (Autore) Marino Gian Paolo - (Editore.) Time&Mind Press

di un materiale, della sua composizione chimica, le caratteristiche fisiche, le proprietà tecniche e percettivo-sensoriali, porta l'ingegnere industriale a potere scegliere con immediatezza ed impiegare un materiale al posto di un'altro. Materiali semilavorati di ultima generazione ad alto contenuto tecnico o tecnologico ed ecosostenibile, portano ad un prodotto all'avanguardia del settore specifico. Il processo evolutivo in tal senso, quello che tenta quindi di accoppiare esigenze ambientali al benessere umano offerto dai prodotti che acquistiamo, ha condotto alla creazione di un parco materiali estremamente diversificato. La presenza di migliaia di "materiali innovativi" oltre ovviamente ai materiali cosiddetti "tradizionali", diversi e al contempo con caratteristiche similari ha stimolato in professionisti del settore, in alcune aziende ed in particolare in centri di ricerca universitaria, la necessità di creare un certo numero di "materiotecche" con propri database, al fine di una consultazione delle caratteristiche "generali" di gruppi di materiali. La peculiarità delle materiotecche "fisiche", consiste nel fatto che esse consentono un approccio diretto alla dimensione tattile e percettiva dei materiali, oltre a quella prettamente tecnologica, dove i materiali possono essere visionati, toccati ed esplorati nelle loro caratteristiche e proprietà estetiche e sensoriali. Nelle materiotecche "digitali", le caratteristiche fondamentali, ovvero sensoriali, tattili, durezza, malleabilità, colore ecc... vengono puntualmente descritte ed elencate assieme ai possibili campi di applicazione, modalità di impiego ed eventuale produttore se presente. Per questo motivo i database richiedono un continuo aggiornamento, in funzione di eventuale sviluppo innovativo dei materiali in essi contenuti. Al fine di rendere fruibile l'attività di aggiornamento per i materiali da parte degli interessati, nel presente lavoro si riportano di seguito le principali Materiotecche attive nel mondo, con i relativi siti web di riferimento :

[MATERIALCONNEXION](http://www.materialconnexion.com) - www.materialconnexion.com

[MATECH](http://www.matech.it) - www.matech.it

[MATERIO](http://www.materio.com) - www.materio.com

[MATERIA](http://www.materia.nl) - www.materia.nl

[MATERIOTECA](http://www.materioteca.com) - www.materioteca.com

[MATREC](http://www.matrec.it) - www.matrec.it

[AR.TEC](http://www.materioteca.iuav.it) - www.materioteca.iuav.it

[POLIMI](http://www.materioteca.polimi.it) - www.materioteca.polimi.it

2.6.1. - Database

I database delle materiotecche, contenenti una ampia gamma di materiali, sono lo strumento che consente la ricerca e l'utilizzo delle informazioni relative ai materiali, ai prodotti e ai sistemi contenuti nell'archivio fisico a mezzo di consultazione negli specifici siti web. I vari database sia a livello nazionale che internazionale permettono la consultazione tecnica immediata, della vastità della campionatura in essi conservata, dando la possibilità, una volta individuato il nome dell'azienda produttrice di un determinato prodotto o sistema, di collegarsi direttamente ai vari siti Web delle aziende stesse, al fine di una consultazione immediata delle informazioni riferite al prodotto. La facilità di accesso ai database e la semplicità di utilizzo da parte del progettista, hanno semplificato le modalità di effettuazione della ricerca, (fig.13), avviando con pochi e semplici passaggi la consultazione, scegliendo l'elemento tecnico desiderato, il materiale ed il produttore (qualora presente nel database). La suddivisione per elemento tecnico circoscrive il campo d'indagine alle parti costituenti il materiale o il determinato prodotto, ad esempio il tipo di componente primario, superfici, metalli, meccanismi e quanto altro, mentre la suddivisione per materiale individua direttamente la materia di cui è costituito il prodotto o l'elemento tecnico (es. legno, acciaio, plastica, ecc.) . La modalità di ricerca riportata schematicamente nella fig.13, è stata effettuata, al solo fine dimostrativo per l'esposizione del presente paragrafo, traendo esempio dal database della Ar.Tec dell'Università IUAV di Venezia. La quasi totalità delle materiotecche mondiali, oltre a contenere "fisicamente" una importante quantità di materiali, hanno inteso costituire dei database con fine di strumento di consultazione digitale, essendo stati progettati per consentire ai fruitori, quali aziende, professionisti e studenti, di effettuare una ricerca mirata, per un determinato prodotto o materiale, affinandola in fasi successive per ottenere risposte precise. I database vengono di norma, implementati ed aggiornati, essendo lo strumento web che deve consentire la ricerca e l'utilizzo delle informazioni relative ai materiali, ai prodotti ed ai sistemi contenuti nell'archivio fisico. La materioteca, a mezzo del proprio database, si configura come strumento di ricognizione della documentazione tecnica, dei campioni e dei *mock up* conservati nel proprio archivio. Particolare funzione viene svolta dai database, nel caso che la ricerca si indirizzi per un particolare prodotto o sistema di cui se ne

conosce il produttore, in quanto, il sistema permette tramite l'indirizzo, di collegarsi direttamente con il sito web aziendale, snellendo i tempi e le modalità di ricerca.

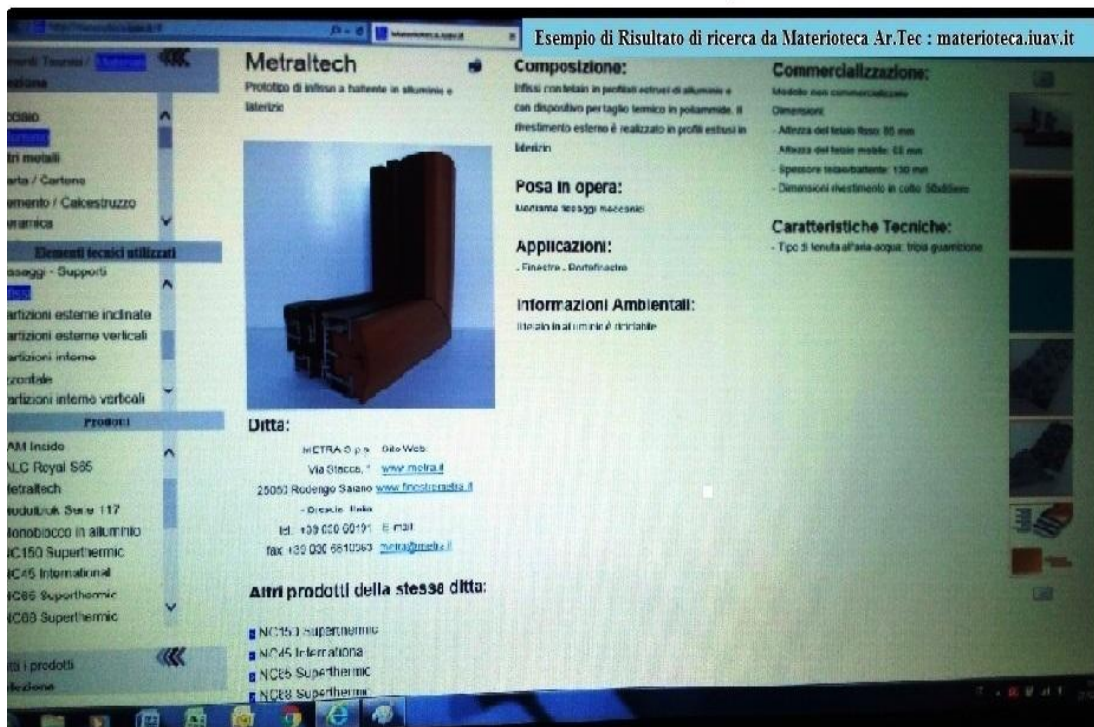
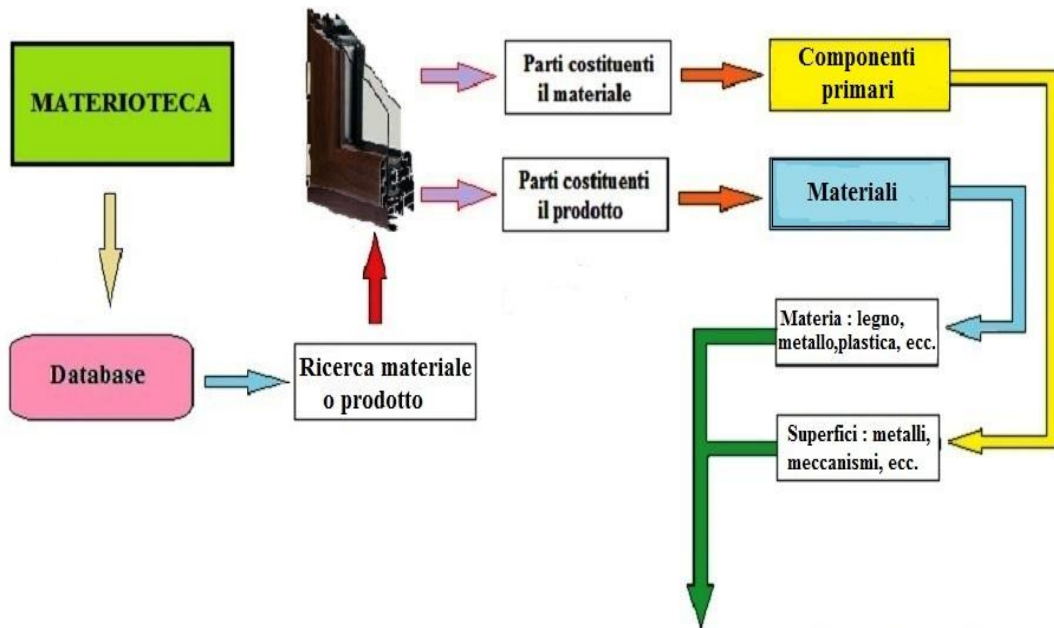


Fig.13- Schema ricerca da database con risultato finale "tipo"- Immagine: sito web: materioteca.iuav.it

Capitolo 3 - Progettazione di un prodotto industriale

Il concetto pratico di come disegnare un prodotto, può tranquillamente essere dedotto nell'opera di un grande designer come Bruno Munari, raccontata nel libro "Da cosa nasce cosa", nel quale, in poche parole, si condensa con estrema semplicità e

leggerezza, l'attività complessa del progettare : *“Progettare è facile quando si sa come si fa. Tutto diventa facile quando si conosce il modo di procedere per giungere alla soluzione del problema ”* [1] . La fasi di studio iniziali di un prodotto iniziano con il considerarne e delinearne il fine, sia esso funzionale, simbolico o decorativo, i materiali da adottare, il processo di produzione che si ipotizza verrà utilizzato ed ai limiti tecnologici legati allo sviluppo del prodotto (Fig.14). E' soprattutto opportuno considerare che attraverso lo sviluppo della rappresentazione grafica, viene sottolineata l'identità del prodotto a partire dal rispetto della brand identity aziendale. Il committente deve riconoscere i propri valori nell' intrinsecità dell'opera ed avere la certezza che il prodotto finale, oltre a svolgere la funzione a cui è destinato, riesca a creare, un legame emozionale con il fruitore finale.



Fig.14. - Finalità e valori del prodotto di design industriale

3.1 Complessità del progetto

E' fondamentale, vista la complessità dei significati progettuali, etici ed economici, considerare soprattutto la globalità dei mercati a cui l'opera può rivolgersi. La progettazione deve obbligatoriamente avere standard mondiali, riguardanti metodi di rappresentazione. I dati di misura e di forma devono attenersi all'unificazione degli standard per quanto riguarda il formato dei disegni tecnici, secondo tabelle e scale definite in ambito internazionale.

[1] Cfr.: Da cosa nasce cosa - (Autore) Munari Bruno- (Editori) LATERZA - Bari Ed.2009

La progettazione relativa al prodotto industriale, deve contemplare nel suo insieme, gli aspetti che incidono sul funzionamento tecnico e la previsione di impiego di materiali che possano ottenere il gradimento nell'impiego da parte del fruitore. Al fine di standardizzare e rendere il progetto fruibile sotto l'aspetto della interpretazione tecnica, ha bisogno di una elaborazione basata su precisi criteri internazionali, come appresso descritti :

- Il progetto deve essere sviluppato, come detto, secondo precise norme e simbologie (come disegni, particolari di schemi meccanici, elettrici, idraulici, elettronici ecc..) definite a livello nazionale dall'UNI che fa capo all'ISO.
- La rappresentazione grafica deve essere corredata di tutti gli elementi geometrici presenti nello spazio, le cui regole base sono dettate dalla geometria descrittiva, secondo la quale ad ogni singolo segno è associato un significato spaziale. Il compito di fornire tutti gli elementi cui si è accennato è svolto dai disegni dei particolari costruttivi.
- I disegni (ed in particolare i disegni meccanici nella produzione industriale) devono contenere tutte le indicazioni necessarie alla fabbricazione dell'opera, della singola parte o del complessivo rappresentato. Importante il fatto che in presenza di specifiche fasi di montaggio dell'insieme delle parti costituenti l'opera nonché degli eventuali meccanismi, si farà uso dei disegni d'insieme, servendosi del maggior numero di viste, unitamente, quando occorra, ad una o più sezioni.
- Nel progetto, più precisamente nei disegni dei particolari costruttivi, si devono riportare le indicazioni dei materiali, compresi gli eventuali trattamenti o finiture superficiali a cui i materiali stessi devono essere sottoposti. I disegni dei particolari, servono a dare tutte le viste e sezioni necessarie per la completa individuazione della loro esatta forma e misura, corredate perciò dalle quote e tolleranze.

Lo sviluppo del progetto, in particolare dei principi innovativi inseribili nello stesso, è strettamente legato allo sviluppo della creatività, nel particolare :

- Principi noti: che possono essere innovativi in relazione alle specifiche applicazioni, derivano dal patrimonio delle conoscenze della tecnica. Essi possono scaturire da un esame sistematico e critico della letteratura

scientifico tecnica, della letteratura tecnico-commerciale, dalle soluzioni costruttive storiche, dai brevetti.

- Principi nuovi: il principio può essere pensato, in generale, come caratterizzato da un certo numero di elementi, quali, ad esempio, il fenomeno naturale, la geometria delle superfici utili, la cinematica delle stesse, la dinamica (intesa come generazione di forze), l'azionamento (inteso come la generazione di lavoro meccanico e trasporto del lavoro stesso alle superfici utili).

La soluzione dei problemi che scaturiscono dall'iter progettuale, sono generalmente suddivisibili in due tipologie di cui la prima riferita ai *problemi a soluzione generica* nota, ovvero le soluzioni specifiche che si ricavano da calcoli o dal reperimento di informazioni specifiche nella letteratura tecnica per cui il problema è assimilabile ad uno analogo già risolto con conoscenza della specifica soluzione, mentre la seconda viene riferita ai *problemi a soluzione sconosciuta* che possono contenere condizioni contraddittorie che limitano l'uso di precedenti e/o analogie e soprattutto dalle conoscenze tecniche personali. Le tecniche impiegate al fine dell'ottenimento di una soluzione tecnica del problema, si basano spesso sull'esperienza, capacità ed inventiva del progettista. Nella progettazione si deve sempre tenere conto del cosiddetto "principio di semplicità", ovvero la ricerca di impiego della minore quantità di componenti per la realizzazione del prodotto stesso, ricorrendo a soluzioni tecniche semplici e principi fisici consolidati. La semplicità nella componentistica è sempre sinonimo di economicità nella produzione. Sagome o forme facilmente descrivibili rendono i componenti costituenti il prodotto, facilmente realizzabili.

3.2 Verifica del progetto

Il controllo dell'insieme di attività effettuate al fine della redazione di un progetto di prodotto industriale, avviene al fine di verificarne la conformità e l'efficacia nel suo complesso. Difatti, la verifica di quanto si era prefigurato nella progettazione (azioni, obiettivi, tecniche, funzione, aspettative ecc...) sia stato realizzato e raggiunto e soprattutto in che misura. La verifica progettuale, costituisce una metodologia moderna mediante la quale il progetto, in varie fasi di sviluppo, viene

analizzato in modo da evidenziarne le criticità. Spesso, le criticità intrinseche in un progetto industriale, si configurano in elementi progettuali discutibili nella forma o cosmesi grafica, nella mancanza di rispondenza alle richieste del mercato o alla specifica necessità del cliente, addirittura non rispondente a leggi e norme, o non supportare da adeguati calcoli ed esperienze, tali da comportare per il prodotto che deriverà dal progetto, problemi di costi elevati di pre-produzione, fabbricabilità, affidabilità e soprattutto di manutenzione. Lo scopo quindi, nella fase di verifica progettuale, è fare in modo che il progetto, ne esca "ottimizzato" nell'insieme, fattore quest'ultimo assolutamente essenziale, al fine di successo od insuccesso del progetto e del futuro prodotto. La verifica di conformità, come accennato tra quanto ideato e quanto realmente realizzato nella complessità del progetto, comincia già in sede di prototipazione del prodotto ideato. Difatti è in questa fase che grazie agli strumenti software per la realizzazione del prototipo 3D ed alle valutazioni di un primo sommario prototipo realizzato artigianalmente o a mezzo di macchine di lavorazione CNC-MCN, il progettista è in grado di verificare il prodotto nel suo complesso ed eventualmente accertare lo scostamento tra quanto "previsto" e il "realizzato". Lo scostamento tra le previsioni e gli esiti può essere ritenuto più o meno accettabile per decretare il successo del progetto, ma la ricerca delle cause che ne hanno impedito il raggiungimento dell'obiettivo previsto, può fornire come già accennato precedentemente, elementi per un'ulteriore messa a punto della progettazione. Al fine quindi di completare appieno il prodotto progettato, si possono attuare ulteriori modifiche, ad esempio introducendo l'impiego di altri materiali al fine di risolvere problemi funzionali riscontrati o prevedere una diversa cosmesi estetica, adeguando sempre più il prodotto alla originaria idea e funzione. La verifica dell'efficacia del progetto, quindi, si fonda sulla rilevazione della coerenza tra gli obiettivi e i risultati, a mezzo di un prototipo, sia esso virtuale che fisico, al fine di un confronto funzionale con valutazione tra i risultati attesi e quelli complessivamente ottenuti .

3.3 La valutazione del progetto di un prodotto

La valutazione del progetto segue il momento della verifica: attraverso quest'ultima sono rilevati le *evidenze oggettive* e i risultati, mentre la valutazione è un momento importante , durante il quale, a partire dai risultati delle verifiche, sono diversi e

molteplici gli aspetti da considerare e soprattutto valutare nella molteplicità di adempimenti tecnici procedurali, appresso specificati :

- il **processo** che è stato attivato e le modalità di svolgimento dell'intera attività ovvero se il metodo utilizzato è il più proficuo per procedere piuttosto che l'esito. È importante infatti, la valutazione dei risultati ottenuti in termini di maggiore produttività nel lavoro d'equipe, oppure migliore organizzazione, se non addirittura la crescita di coesione tra gli operatori o lo sviluppo del *senso d'appartenenza*;
- **prodotti ed esiti**, verificando se nella attività progettuale i risultati soddisfano e giustificano nel complesso, l'impegno, il lavoro, le energie e le risorse impiegate. Qualora per vari motivi si ritenga che gli esiti non soddisfino si dovrà passare ad una riprogettazione, anche solo parziale, e ad una nuova attuazione attraverso nuove metodologie e tecnologie. Se invece, la valutazione è complessivamente positiva si procederà ad una fase successiva.
- **valorizzazione** del *progetto*, attraverso la creazione di una "*procedura standard*", aumentando il livello di coinvolgimento di figure professionali e maestranze, direttamente coinvolte nel processo di progettazione e produzione.

La valutazione permette inoltre, di constatare *la pertinenza, l'effetto a lungo termine, l'impatto, l'efficacia e l'efficienza* di un progetto. Per la buona riuscita del progetto industriale e della sua valutazione, è essenziale che gli obiettivi siano descritti il più concretamente possibile. Soltanto definendo con precisione lo scopo del progetto, i destinatari e gli obiettivi (concreti e misurabili) si potranno pianificare, svolgere scrupolosamente e in seguito valutare facilmente i lavori e soprattutto verificarne i risultati. Particolare attenzione deve essere posta nella valutazione, scelta e impiego di materiali, tenendo sempre conto che le caratteristiche dei materiali la loro produzione dovrebbe ottenersi con basso impiego di energia ed a basso impatto ambientale, una volta che tale prodotto, debba essere smaltito o trasformato. La valutazione è definibile quindi, come un *processo continuo* che accompagna il progetto dall'inizio alla fine e che deve svolgersi parallelamente alla formulazione degli obiettivi, alla pianificazione delle attività e a tutte le altre fasi. Il processo di

valutazione descritto nella Fig. 15, può essere suddiviso in più fasi basate su verifiche concernenti decisioni applicate, esperienze progettuali e formative, confrontate con test valutativi dei metodi e soprattutto dei risultati ottenuti, attraverso fasi, come appresso descritte :



Fig. 15- Metodi di Valutazione del Progetto

Al fine quindi di rendere fruibile l'insieme di dati scaturiti nel complessivo delle valutazioni precedentemente riportate nella figura n.15, a tutte le figure che hanno fattivamente partecipato al progetto, è necessario che i dati stessi, vengano associati a cifre e/o unità di misura. La verifica delle ipotesi, delle misure e dei comportamenti, adottati nell'intero iter progettuale, possono essere ricondotti, come accennato, ad un sistema di dati numerici, con il fine ultimo di essere raccolti a mezzo di statistiche o in questionari facilmente consultabili e quindi condivisibili con altre esperienze progettuali di aziende produttrici o figure professionali.

3.4 Miglioramento produttivo

Il veloce processo evolutivo in atto nelle moderne società, implica una continua trasformazione dei processi produttivi che comportano una contestuale ampia diffusione di prodotti con proprietà e caratteristiche complesse. La progettazione alla luce di quanto detto, deve essere volta in un'ottica cosiddetta del *miglioramento continuo*, il cui fine è caratterizzato ad una "qualità" che dovrà essere sempre indirizzata verso un possibile miglioramento procedurale e produttivo. L'ingegnere industriale, deve fare ogni sforzo al fine di indurre chiunque partecipi, a considerare il lavorare per progetto come un processo unitario, nel quale le azioni del progettare e

dell'attuare, del controllare e del valutare si integrano e si alternano ciclicamente, in un circolo virtuoso, che fa sì che il progetto nella sua complessità di previsioni, diventi esso stesso, grazie alla sua valorizzazione, strumento di cambiamento e di miglioramento complessivo. La particolare attenzione rivolta agli aspetti metodologici generali, sottolineano in primo luogo l'opportunità di utilizzare *indicatori e sistemi di misura delle prestazioni*. Solo misurando e comparando nel tempo i risultati raggiunti si può perseguire il miglioramento continuo, dove gli indicatori, non sono proprietà esclusiva del progettista o del controller, ma devono essere portati a conoscenza delle persone che sono responsabili con il loro comportamento dei risultati misurati. Nel dettaglio, l'obiettivo primario è, come accennato, l'eliminazione per quanto più possibile degli sprechi con l'intento di perseguire un miglioramento produttivo continuo, attraverso il controllo dei principali fattori riportati nella fig.16, soprattutto attraverso il continuo perfezionamento di specifici fattori. I cambiamenti, quindi, possono essere gestiti in maniera efficace per cui il miglioramento continuo diviene parte integrante del processo progettuale, permettendo al progetto stesso, uno sviluppo ed un miglioramento costanti, mantenendo soprattutto, gli obiettivi originari e quindi lo scopo della progettazione. Il processo prolungato è pertanto mirato all'innovazione incrementale e coinvolge quindi, oltre al progettista, tutti coloro che partecipano allo sviluppo dell'idea e quindi al progetto. Questo significa che ogni individuo è coinvolto in tale processo, creando quindi, un ciclo continuo di risoluzione di problemi e di apprendimento focalizzato sul miglioramento di obiettivi specifici.



Fig.16 - Tratto dal web : NEWS - Organizzazione e Sviluppo del Business - Nov.2016

Nella valutazione delle attività produttive ed in particolare per ogni singolo processo, molte aziende produttrici applicano attraverso strumenti e metodologie consolidate sistemi valutativi come la *Lean Production* e *Lean Transformation*. Ma è in particolare con la metodologia della *Lean Production* che si riesce ad avere un quadro valutativo aderente alla complessità delle metodologie produttive previste in origine e successivamente messe in campo. Nella figura 17, di seguito riportata, vengono specificati nel dettaglio i fattori basilari per una corretta valutazione dei sistemi e soprattutto dei processi produttivi, dove l'identificazione di azioni specifiche, l'applicazione di metodologie produttive consolidate, determinano la riduzione dei tempi e degli sprechi, attraverso l'ottimizzazione dell'intero processo.

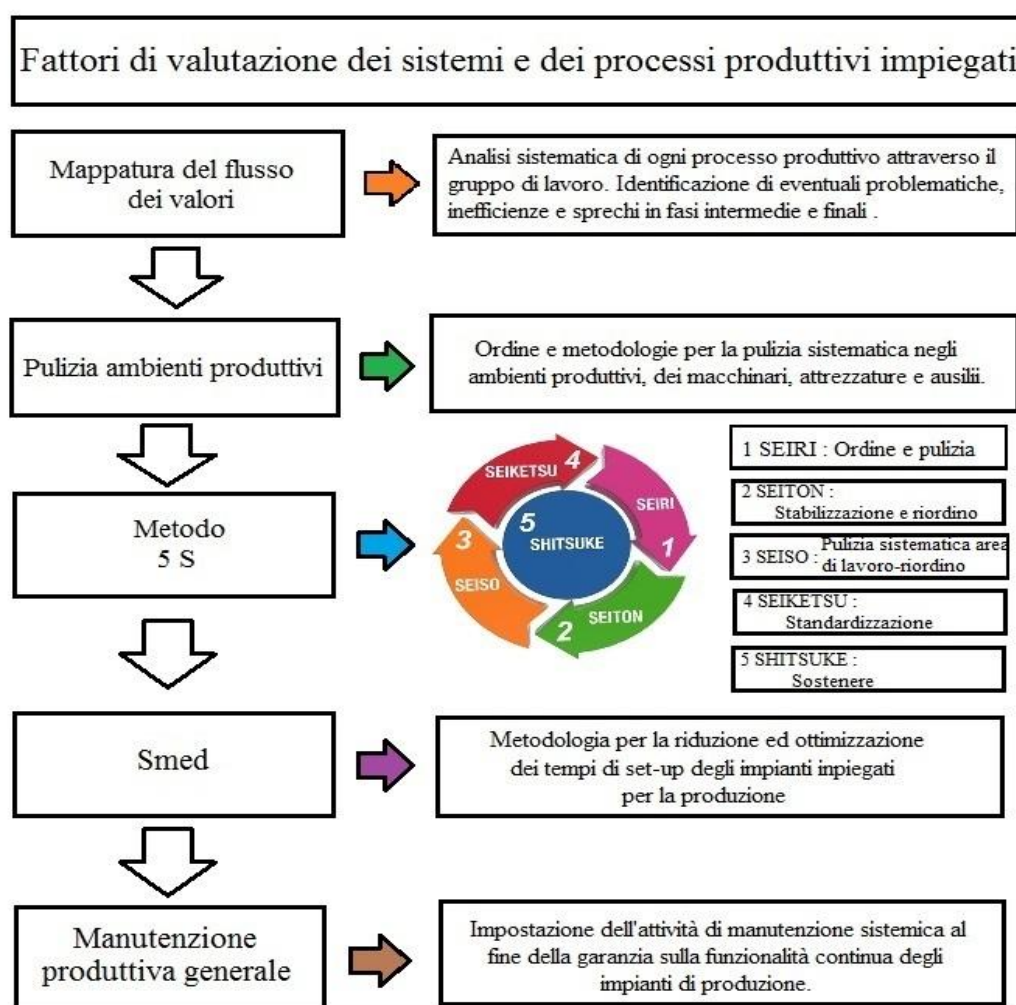


Fig.17 - Valutazione di Sistemi e Processi produttivi

La sfida tra le imprese invece si gioca proprio nel miglioramento continuo, applicando piccoli ma incisivi miglioramenti che fanno la differenza sul lungo

termine. L'applicazione di tecniche di Lean Management, tra le quali il *Metodo 5S* riportato nella precedente fig.17, offre un concreto contributo per migliorare i processi produttivi. Difatti, le più importanti aziende Giapponesi, identificano nella metodologia citata l'approccio ideale, al fine di migliorare la produttività in qualunque momento e soprattutto utilizzabile da tutte le figure professionali che intervengono o partecipano nella attività di progettazione, nella produzione e nella commercializzazione, di quanto ideato.

Capitolo 4 - Reverse Engineering

Questo capitolo introduce alla tecnologia definita Reverse Engineering (RE) ed alle tecniche associate che possono essere utilizzate per la scansione di parti prodotti o nell'interezza di esso. Per un Ingegnere Industriale è fondamentale conoscere questa tecnica, in quanto è entrata a far parte di quelle attività a cui le aziende produttrici fanno sempre più spesso ricorso al fine di incentivare ed allargare la propria gamma di prodotti. Difatti nel trattare la progettazione di un prodotto industriale, ci si può trovare ad affrontare la questione relativa al miglioramento di particolari prodotti, la cui progettazione risale a parecchie decine di anni prima, ma che di fatto, risultino essere ancora all'avanguardia ed in uso presso aziende o addirittura essere un prodotto di tendenza. Inoltre, il capitolo presenta, in maniera organica, come funziona e in cosa consiste il processo di reverse engineering che è ad oggi la tecnica strategica che a mezzo di scanner e di particolari software, restituisce attraverso una conversione dei dati scansionati, una immagine in 3D. La RE va intesa non come uno strumento unico ma come una sequenza complessa di fasi, sia con hardware che con software, per cui è possibile, anche grazie ad un notevole apporto umano, ricavare il modello digitale 3D di un oggetto reale di cui se ne richiede la produzione in serie o la riproduzione per ragioni commerciali.

4.1 Usi e vantaggi della Reverse Engineering.

Nel mercato globale di oggi altamente competitivo, le imprese operanti nella meccanica e nel product design, sono costantemente alla ricerca di nuove soluzioni al fine di ottimizzare ed abbreviare i tempi di sviluppo, produzione e quindi di consegna dei nuovi prodotti progettati o a cui servono apportare modifiche

migliorative che soddisfino ancor più le aspettative dei consumatori. In generale, l'impresa produttrice, investe in CAD - CAM e quindi in una gamma di nuove tecnologie per la prototipazione, con l'obiettivo di un importante beneficio economico per l'azienda. Le tecnologie CAD (Computer Aided Drafting) e CAM (Computer Aided Manufacturing), vengono oggi sempre di più impiegate congiuntamente a mezzo di specifici e complessi programmi software, al fine di integrare la progettazione alla fabbricazione assistita dal computer, dal prototipo alla vera e propria produzione industriale mediante l'impiego di *macchine CNC* (computer numerical control), o MCN (macchine a controllo numerico), usate in genere per lavorazioni ad alta precisione. La RE è ad oggi considerata una delle tecnologie che forniscono innumerevoli vantaggi per l'azienda, accorciando come accennato, lo sviluppo del ciclo di produzione. Lo schema, riportato nella figura 18, mostra come la RE consente la possibilità di chiudere il ciclo tra ciò che è "come progettato" e ciò che è "effettivamente fabbricato".

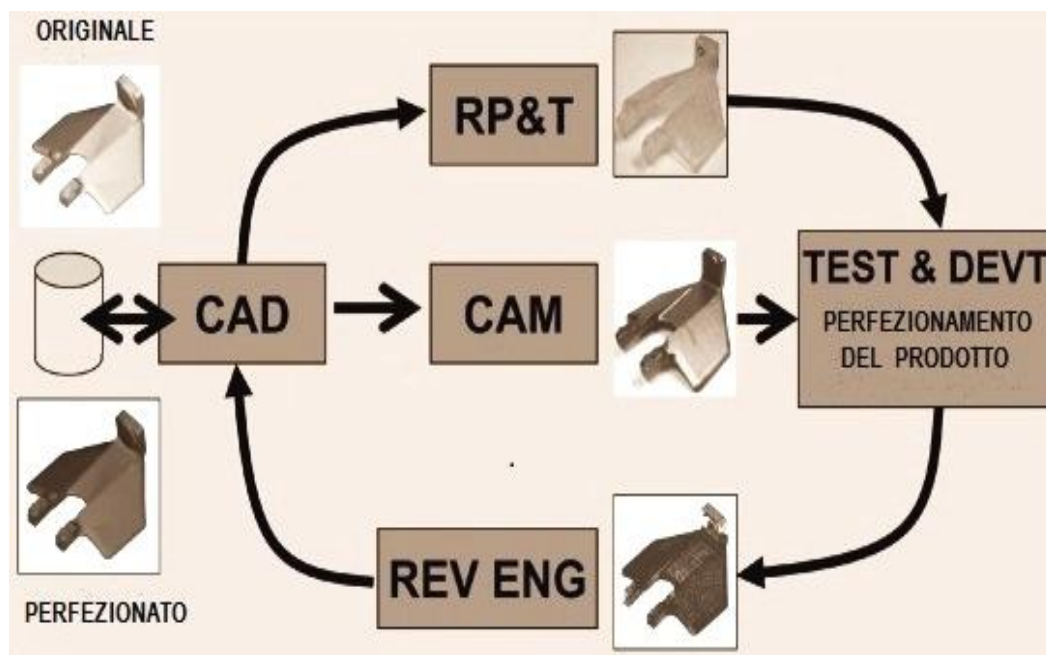


Figura 18 - Processo di acquisizione da modello fisico nella Reverse Engineering

4.2 Reverse Engineering nello specifico.

L'ingegneria è il processo di progettazione, produzione, assemblaggio e manutenzione di prodotti e sistemi. Esistono due tipi di ingegneria, ovvero l'ingegneria avanzata e la reverse engineering. L'ingegneria avanzata è il processo

tradizionale di passare da astrazioni di alto livello e progetti logici, all'implementazione fisica di un sistema. In alcune situazioni, potrebbe esserci una parte fisica ovvero un prodotto di cui si è sprovvisti di dettagli tecnici, come disegni, tipologia dei materiali impiegati o come spesso accade, senza dati ingegneristici. Il processo di duplicazione di una parte esistente, sottoinsieme, o prodotto, in mancanza dei disegni di progetto è noto come Reverse Engineering. La RE è anche definita come il processo per ottenere un modello CAD geometrico da punti tridimensionali acquisiti mediante scansione e digitalizzazione di parti di prodotti esistenti. Il processo di acquisizione digitale RE, del modello fisico o parte componente costituente il prodotto, attorno agli anni '90 è stato descritto dai ricercatori come " il concetto base di produzione di una parte basata su un modello originale o fisico senza l'uso di un disegno tecnico ". Altra interpretazione è quella dove si definisce la RE come " processo di recupero della nuova geometria da un manufatto, digitalizzando e modificando un modello CAD esistente ". L'ingegneria inversa oggi viene utilizzata in numerose applicazioni, come ad esempio produzione, design industriale, progettazione e riproduzione di gioielli. Altresì, la RE, permette ad esempio che quando un prodotto viene lanciato sul mercato, i produttori concorrenti possono comprare e smontare il prodotto stesso per sapere come è stato costruito e come funziona. In alcune situazioni, come lo styling automobilistico, i designer danno forma alle loro creazioni usando argilla, gesso, legno o gommapiuma, ma è con un modello CAD che è possibile riprodurre la parte. Man mano che i prodotti diventano più organici, riprodurre in CAD un prodotto uscito fuori produzione ma ancora richiesto in un numero discreto di esemplari, diventa più difficile e non vi è alcuna garanzia che la rappresentazione CAD replicherà esattamente il modello originale. La Reverse Engineering, fornisce una soluzione a questo problema poiché il modello fisico è la fonte diretta di informazioni per il modello CAD. Questo è anche indicato come il processo fisico-digitale, come di seguito illustrato nella Figura 19. Lo Sviluppo rapido del prodotto (RPD) è riferito a tecnologie e tecniche recentemente sviluppate che assistono i produttori e i progettisti nel soddisfare le esigenze di sviluppo di prodotti al fine di abbreviare i tempi. Ad esempio, nella tecnologia di stampaggio ad iniezione per accorciare i tempi lo stampo è del tipo "a perdere" e quindi, l'uso della RE in questo caso specifico, serve

alla realizzazione di un modello fisico tridimensionale contenendo i costi di produzione. Ad esempio un prototipo realizzato originariamente con argilla, può essere rapidamente acquisito in forma digitale, rimodellato ed esportato per prototipazione rapida o addirittura essere inviato con l'uso del software, direttamente all'utensile di lavorazione CNC multiasse, avviandone immediatamente la produzione.



Figura 19 - Esempio di scansione da modello fisico

4.3 Utilizzo della Reverse Engineering in Ingegneria Industriale.

Come si è visto sinora, la tecnologia della RE, viene impiegata al fine di risolvere una molteplicità di problematiche ed ad una congrua riduzione dei tempi di prototipazione e successiva produzione . Di seguito vengono accennati alcuni dei motivi per l'utilizzo della reverse engineering :

- Il produttore originale non esiste più, ma il cliente o ragioni commerciali hanno bisogno del prodotto, ad esempio, lamierati di automobili, richiesti in genere dopo che la produzione della stessa è cessata da molti anni.
- Il produttore originale di un prodotto non produce più il prodotto, ad esempio il prodotto originale è diventato obsoleto.
- Riprogettazione CAD di un prodotto obsoleto al fine di un miglioramento produttivo e conseguente risparmio energetico nella produzione.
- La documentazione di progettazione del prodotto originale è stata persa o non è mai esistita (ad esempio un prodotto realizzato artigianalmente).
- Creazione di dati per rinnovare o produrre una parte per la quale non esistono dati CAD, o per i quali i dati sono diventati obsoleti o sono andati persi.

- Ispezione e / o Controllo di qualità: confronto di una parte fabbricata con CAD e la descrizione tecnica o con un esemplare standard.
- Soluzione di problematiche di un meccanismo o di un prodotto specifico che devono essere eliminate, come ad esempio, un'usura eccessiva di un componente, dovrebbe essere migliorata migliorandone la funzione meccanica.
- Rafforzamento delle buone caratteristiche di un prodotto basato sull'utilizzo a lungo termine.
- Analizzando le caratteristiche positive e negative dei prodotti della concorrenza.
- Esplorare nuove strade per migliorare le prestazioni e le caratteristiche del prodotto.
- Creazione di dati 3D da un modello o scultura per l'animazione in giochi e film.
- Creazione di dati 3D da un individuo, modello o scultura per creare, ridimensionare o riprodurre opere d'arte.
- Documentazione e misura architettonica e costruttiva.

4.4 Reverse Engineering: il processo generico

Il processo generico di reverse engineering illustrato nella figura 20, è normalmente suddiviso in tre fasi :

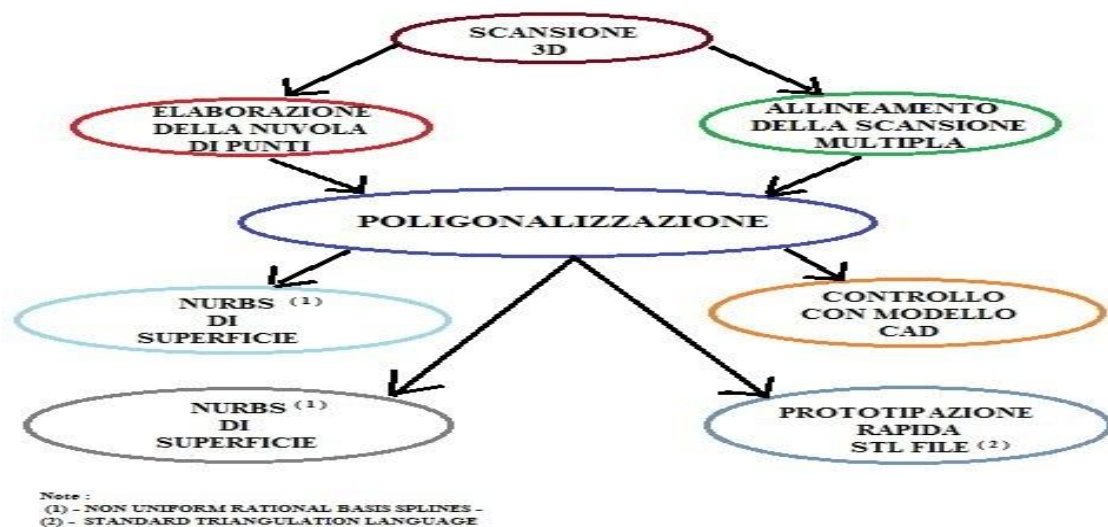


Figura 20 - Schema complesso del processo di Reverse Engineering

Le tre fasi, al fine della riproduzione di un componente o un meccanismo, sono, la scansione, l'elaborazione dei punti e le applicazioni specifiche per lo sviluppo del modello geometrico. La strategia di ingegneria inversa deve prendere quindi in considerazione i seguenti fattori :

- Motivazione per applicazione della reverse engineering per riprodurre un prodotto o una parte specifica costituente lo stesso ;
- Numero di parti da scansionare: singole o multiple ;
- Dimensione della parte: grande o piccola ;
- Complessità della parte: semplice o complessa ;
- Materiale della parte: rigido o morbido ;
- Finitura parziale - lucida o opaca ;
- Geometria della parte: organica o prismatica e interna o esterna ;
- Precisione richiesta: lineare o volumetrica .

4.5 Scansione di un oggetto fisico

La fase di scansione di un oggetto fisico nella sua completezza o di un componente costituente lo stesso, si esegue a mezzo di particolari scanner che a seconda della complessità geometrica, della grandezza, della caratteristica delle superfici, vengono impiegati al fine di una scansione tecnica corretta. Dopo avere preparato la parte da acquisire, si inizia materialmente con l'acquisizione delle informazioni che tengono conto e descrivono tutte le caratteristiche geometriche della parte come passi, slot, fori, scanalature, crateri superficiali e gradini. Gli scanner tridimensionali sono impiegati per scansionare la geometria della parte, producendo nuvole di punti, che definiscono la superficie geometrica. Questi dispositivi di scansione sono disponibili come strumenti dedicati o come componenti aggiuntivi alle macchine utensili a controllo numerico (CNC) esistenti. Ci sono due distinti tipi di scanner, definiti *a contatto e senza contatto* della superficie

4.5.1 Scanner da contatto superficiale

Come si è accennato, la necessità di riprodurre, soprattutto al fine di modificare un oggetto o parte di esso, senza doverne alterare il reale stato fisico, ha portato allo sviluppo di strumenti di scansione 3D sempre più sofisticati e complessi in grado di

acquisire le informazioni relative alle dimensioni, geometrie e colorazioni di un oggetto sotto forma di modello digitalizzato tramite tecnologia con laser scanning. Durante la fase di acquisizione, i sensori consentono di ottenere delle nuvole di punti che necessitano di un'accurata elaborazione e ottimizzazione del processo di elaborazione delle informazioni al fine di ricostruire, in modo migliorato, il modello tridimensionale digitalizzato dell'oggetto scansionato. Questi dispositivi utilizzano sonde a contatto che seguono automaticamente i contorni di una superficie fisica (Figura 21). Nel mercato attuale, la sonda di contatto i dispositivi di scansione sono basati su tecnologie CMM, con un intervallo di tolleranza di $+0,01$ a $0,02$ mm. Tuttavia, a seconda delle dimensioni della parte scansionata, ogni punto è generato sequenzialmente e quindi a seconda della materia di cui è composto l'oggetto, la scansione può risultare lenta e complessa. Le moderne sonde dei dispositivi tattili usati, devono deviare con infinite traiettorie per registrare un punto; quindi, la pressione di contatto viene mantenuta durante il processo di scansione. La pressione per il contatto limita l'uso di dispositivi di scansione perché materiali morbidi e tattili, ad esempio la gomma, non può essere scansionata facilmente o accuratamente. Solitamente, al fine della misurazione delle finiture delle superfici è necessario utilizzare sensori manuali o in alternativa si deve spostare il pezzo in una macchina di misura dedicata. In questo senso, esistono sul mercato sistemi multisensore in grado di effettuare in maniera micrometrica, l'ispezione di quanto rilevato nella scansione nonché delle finiture delle superfici una volta eseguite dalla CMM, essendo il software in grado di passare automaticamente dalla scansione alla misura delle finiture di superficie. Questa funzione, permette di integrare l'analisi delle finiture di superfici all'interno di un unico rapporto di misura.

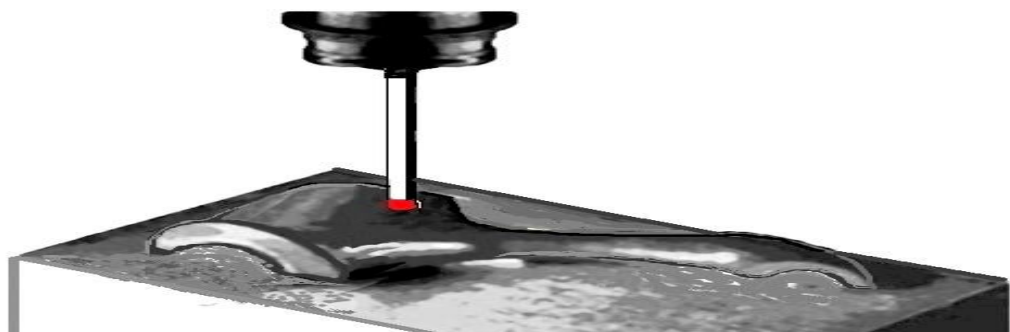


Figura 21 - Scansione con dispositivo con testa a contatto

4.5.2 Scanner senza contatto

Una varietà di tecnologie di scansione senza contatto sono attualmente disponibili sul mercato. Tali dispositivi utilizzano laser, ottica e sensori CCD (charge-coupled device) per acquisire i dati della nuvola di punti, come mostrato nell'esempio di uno scanner prodotto per il mercato visibile nella figura 22.



Figura 22 - Dispositivo di scansione ottica. (dal web: Produttore GOM mod.4105-2013-5)

Sebbene questi dispositivi catturino grandi quantità di dati in un tempo relativamente breve comportano allo stesso tempo una serie di problemi relativi a questa tecnologia di scansione, sostanzialmente riconducibili ai fattori di seguito riportati:

- La tolleranza tipica della scansione senza contatto è compresa tra $\pm 0,025$ e $0,2$ mm.
- Alcuni sistemi senza contatto hanno problemi a generare dati che descrivono le superfici che sono paralleli all'asse del laser (successiva Figura 23).
- I dispositivi senza contatto utilizzano la luce all'interno del processo di acquisizione dei dati. Questo crea problemi quando la luce colpisce superfici lucenti, e quindi alcune tipologie di superfici devono essere preparate con un rivestimento provvisorio di polvere al fine di poter procedere alla scansione. Per ottenere un modello corretto e preciso sono, in genere, necessarie più scansioni, ciascuna delle quali produce un'immagine tridimensionale parziale dell'oggetto stesso, quindi un dato volumetrico. I singoli fotogrammi devono

essere elaborati attraverso opportuni algoritmi di elaborazione, per produrre un singolo modello tridimensionale dell'elemento scansionato.

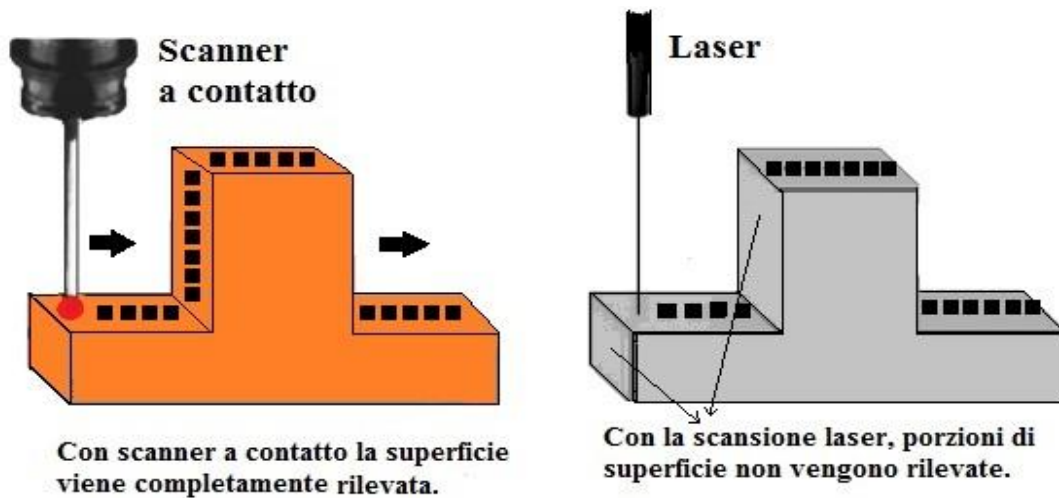


Figura 23 - Scanner a Teste verticali: con testa a contatto e laser (senza contatto).

Questi problemi limitano l'uso dei dispositivi di scansione delle superfici (fig.23) dove la precisione delle informazioni generate è secondaria alla velocità di raccolta dati. Tuttavia, come ricerca e sviluppo laser nella tecnologia ottica continua, la precisione del dispositivo di scansione senza contatto disponibile in commercio, sta iniziando a migliorare. L'output della fase di scansione è costituito dai set di dati della nuvola di punti riportati (ovvero l'insieme degli innumerevoli punti riportati in fase di scansione) nel formato più conveniente o preferito dal progettista. In genere, il software RE fornisce una varietà di formati di output per comodità di scelta da parte dell'utilizzatore.

4.6 Elaborazione dei punti derivanti dalla scansione

Questa fase comporta l'importazione dei dati della nuvola di punti (fig.24), creata dallo scanner durante la fase di digitalizzazione, con riduzione del numero dei punti attraverso una ottimizzazione dei dati raccolti. Queste attività vengono eseguite utilizzando un intervallo di filtri predefiniti. È estremamente importante che si abbia ottima comprensione degli algoritmi del filtro in modo che sappia con esattezza quale filtro sia il più appropriato per ogni attività. Questa fase ci consente anche di unire più elementi nella scansione dei set di dati. A volte, è necessario eseguire più scansioni dell'oggetto o parte di esso, al fine di assicurarsi che tutte le funzionalità richieste siano state scansionate. Ciò comporta anche la rotazione dell'oggetto o parte

costituente lo stesso affinché i dati derivanti dalla scansione complessiva siano completi. La pianificazione di una scansione multipla ha impatto diretto sulla fase di elaborazione dei punti scaturiti e una precisa pianificazione dei riferimenti ridurrà possibili errori nella fase di elaborazione dei punti stessi oltre ad evitare errori possibili, dall'unione di più dati di scansione. Le immagini generate attraverso l'elaborazione delle nuvole di punti ottenute direttamente dalla scansione si possono importare direttamente all'interno di opportuni programmi di elaborazione e progettazione e quindi usate per derivare un piano immagine. Estremamente interessante è il fatto che una nuvola di punti può contenere più di un milione di punti, nessuno dei quali è dotato di nessun riferimento topologico e attraverso applicazioni software ci permettono di elaborare nuvole di punti 3D direttamente all'interno dell'ambiente CAD. Ogni punto di una complessa nuvola di punti può essere acceduta ed utilizzata in combinazione con tutti i tradizionali comandi dei programmi CAD presenti nel mercato.

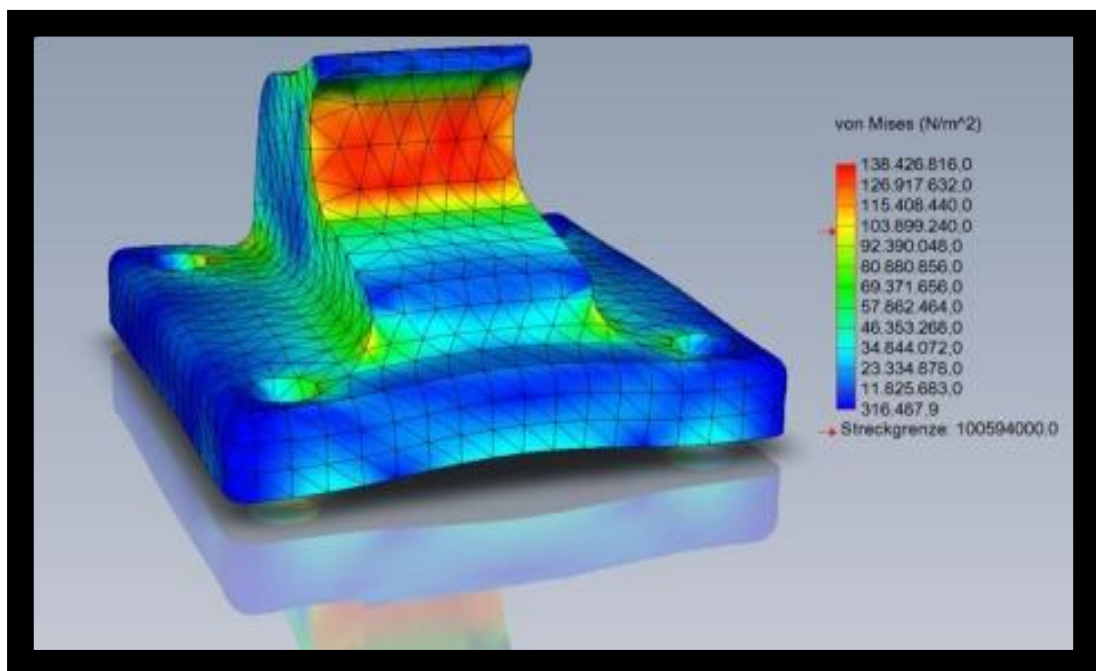


Fig.24 - Esempio di restituzione grafica CAD - Tratto dal web:

4.7 Sviluppo di applicazioni di modelli geometrici

Il continuo sviluppo delle tecnologie di *prototipazione* rapida e utensili tecnologicamente avanzati, permettono come già accennato di abbreviare drasticamente il tempo impiegato per generare rappresentazioni fisiche dai modelli

CAD. Le attuali tecnologie RE stanno contribuendo a ridurre i tempi per creare modelli CAD elettronici da modelli fisici. Molto frequentemente sorge la necessità di generare informazioni CAD da componenti fisici durante tutto il processo di prototipazione del prodotto. La generazione di modelli CAD da dati puntuali è probabilmente la più complessa attività all'interno della RE in quanto sono richiesti algoritmi di adattamento superficiale molto potenti al fine di generare superfici che rappresentino accuratamente le informazioni tridimensionali descritte all'interno dei set di dati della nuvola di punti, scaturiti dal rilevamento. La maggior parte dei sistemi CAD non sono progettati per visualizzare ed elaborare grandi quantità di dati puntuali, di conseguenza moduli per RE e pacchetti software avanzati per l'elaborazione dei punti, sono in continuo sviluppo, consentendo di interagire tra progettisti e aziende produttrici, attraverso l'uso dei dati scaturiti dal prototipo virtuale per produrre modelli solidi completi. La decisione di una azienda nel campo della produzione industriale, di utilizzare le tecnologie RE è sempre basata su esigenze specifiche derivanti dalla continua innovazione tecnologica volta alla implementazione e alla ottimizzazione dei propri processi produttivi.

4.8 Plagio e tutela della proprietà intellettuale

Le materie di insegnamento universitario in Italia, ad eccezione di pochissime Facoltà di Design e di Ingegneria Industriale, non prevedono studi specifici obbligatori in materia giuridica, relativamente alla proprietà industriale ed alle relative tutele della proprietà intellettuale. Di conseguenza, non vengono quindi approfondite determinate tematiche, quali le tutele del diritto d'autore o di marchio, con le gravi conseguenze in cui si può incorrere se non si è consapevoli dei rischi che potrebbero scaturire nel riprodurre con il metodo della reverse engineering o semplicemente con la rielaborazione di un prodotto esistente, al fine di un miglioramento formale o funzionale del determinato prodotto. La continua progettazione e produzione di oggetti e creazioni dei progettisti, con nuove forme ed innovazioni di industrial design, implica di conseguenza la protezione attraverso la registrazione del brevetto delle forme e delle caratteristiche del design o dell'opera di creata. Tali oggetti, possono essere protetti esclusivamente a mezzo di *brevetazione* ad esempio di modelli e disegni. In passato, prima della principale riforma

sull'industrial design avvenuta nel 2001 erano chiamati “modelli ornamentali”, implicando così il diritto di autore e persino l'esclusività di un marchio. Tale “registrazione” viene normalmente effettuata, al fine ottenere ed a mantenere il più a lungo possibile un'esclusiva sulle forme del prodotto e soprattutto per ottenere una sorta di monopolio sul mercato conferendone un vantaggio competitivo sui concorrenti e impedendone contestualmente, a soggetti che vogliono o provino ad imitare gli oggetti o le forme del prodotto creato, di farlo. La protezione di una creazione complessa o di un oggetto di design è il metodo che consente di tutelare, registrando come modello e disegno, quelle forme che come dice la normativa specifica sull'argomento (D. Lgs. n. 30/2005), siano costituite dall'aspetto dell'intero prodotto o di una parte di esso, purché sostanzialmente si tratti dell'aspetto esteriore ed estetico, visibile in ogni determinato prodotto. Perché si possa registrare una *forma*, ovvero un oggetto è però necessario che tale forma sia considerata nuova e che non sia stata divulgata prima del deposito al fine della registrazione. Inoltre, la forma stessa del prodotto, abbia precise caratteristiche che la normativa considera come “*carattere individuale*”, ancora meglio definito come la capacità della forma di differenziarsi da altre forme create precedentemente in base all'impressione generale suscitata dal cosiddetto “utilizzatore informato”, inteso quest'ultimo come individuo capace di giudizio attraverso la media tra consumatore di media conoscenza di design ed esperto di design. Difatti, la forma di ogni specifico prodotto, è l'elemento che caratterizza e che lo rende riconoscibile ed unico, addirittura tale da ricondurlo per esclusività e successo, nel tempo e nell'uso quotidiano, al progettista-ideatore o all'azienda commerciale ed è quindi la forma che può far apparire lo stesso appetibile per il consumatore, divenendo essa, sempre più spesso, il valore decisivo per determinarne il successo o l'insuccesso. Quindi, il ruolo del progettista industriale, è lo svolgimento dell'insieme di attività creative e di ricerca, che attribuiscono nella complessa sinergia, valore aggiunto agli oggetti d'uso quotidiano, grazie alla sapiente combinazione di valori estetici e funzionali. Nel contempo, di fondamentale importanza per un progettista è conoscere le leggi e soprattutto gli aspetti normativi di legislazione nazionale ed europea che regolano come detto la materia al fine di tutelare la creatività e tutto ciò che riguarda il lavoro intellettuale nonché gli investimenti economici di una determinata impresa. Il progettista deve quindi,

rispettare e salvaguardare i corrispettivi diritti di proprietà intellettuale, prevedendo, in caso di nuova progettazione o miglioramento di un prodotto se esiste nel caso specifico, la registrazione del disegno, del modello e del relativo diritto d'autore, nel completo rispetto delle leggi sulla proprietà intellettuale ed industriale.

4.8.1 Cenni sulla legislazione vigente su proprietà intellettuale e industriale

Con l'entrata in vigore del Codice della Proprietà industriale nel 2005 (n. D.Lgs. n. 30 del 2005), questo concetto onnicomprensivo è entrato in crisi in quanto il suddetto codice disciplina il diritto dei marchi e dei brevetti, ma non include anche il *diritto d'autore*, che è rimasto regolato dalla legge copyright del 1941 (n. L. n. 633 del 1941 - attualmente si sta pensando ad una revisione della normativa), ritenendo che marchi e brevetti rientrassero nella categoria della *proprietà industriale* mentre il diritto d'autore rimanesse nella categoria della *proprietà intellettuale*. Le norme del Codice Civile e del Codice Penale della Repubblica Italiana, riguardanti la materia, vengono attualmente regolate in base agli Articoli descritti nella figura 25, evoluzione del Regio Decreto 29 giugno 1939 n.1127 e seguenti, riguardante le disposizioni legislative in materia di brevetti per invenzioni industriali.

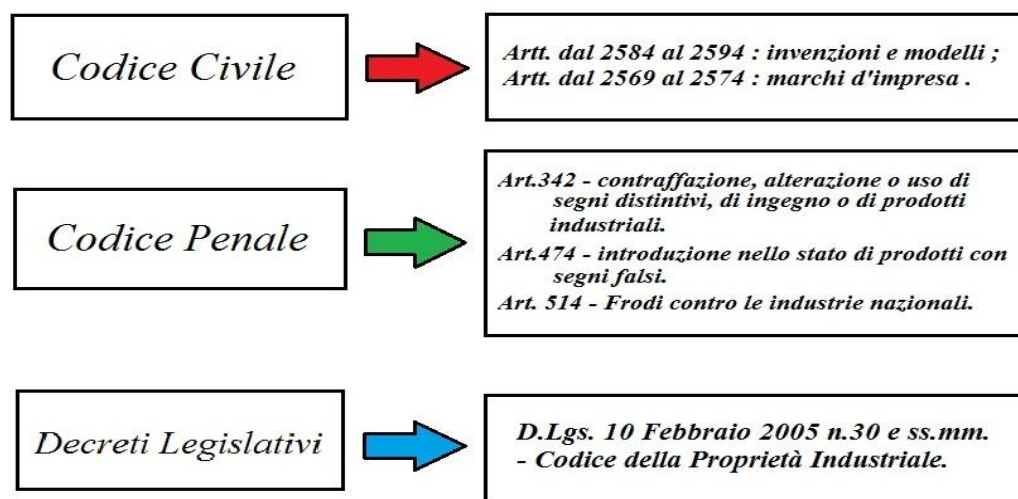


Fig.25 - Disposizioni Legislative in materia di Brevetti ed Invenzioni Industriali - tratto da Camera di Commercio di Perugia - Dr.De Cosmo G. - 2012.

4.8.2 Registrazione del disegno o modello a tutela della proprietà intellettuale

La registrazione di un disegno e modello, al fine della tutela della proprietà intellettuale, in base all' art. 31 Cod. Proprietà Industriale (fig.25), specifica nel

particolare *“l’aspetto dell’intero prodotto o di una sua parte quale risulta, in particolare, dalle caratteristiche delle linee, dei contorni, dei colori, della forma, della struttura superficiale dei materiali del prodotto stesso ovvero del suo ornamento, a condizione che siano nuovi ed abbiano carattere individuale”*. Il diritto d’autore, invece, tutela le opere del disegno industriale che abbiano carattere creativo e valore artistico in sé. Analizzando sommariamente, l’insieme di caratteristiche specifiche, al fine della registrazione di un prodotto di design o parte di esso (meccanismi, funzione specifica ecc...) possiamo riassumere nella successiva fig.26 , i requisiti fondamentali per la presentazione di domanda per il rilascio di brevetto al fine di attuazione e sfruttamento dell’invenzione.



Fig.26 - Requisiti generali di Brevettabilità - Tratto da : Disposizioni Legislative in materia di Brevetti ed Invenzioni Industriali - tratto da Camera di Commercio di Perugia - Dr.De Cosmo G. - 2012.

Come si deduce quindi dalla figura 26, i requisiti generali, possono essere identificati in novità, attività inventiva ed approvazione industriale. La normativa nel suo complesso, detta inoltre che in fase di valutazione dei requisiti, l’ente valutatore, deve tenere conto del fattore *liceità* , ovvero constatare che l’invenzione nella sua complessità, non deve essere contraria all’ordine pubblico ed al buon costume. Altresì, come precedentemente accennato, la valutazione, in particolare nella parte riguardante l’attività inventiva, riguardi l’aspetto dell’intero prodotto o di una parte di esso, con valutazione delle caratteristiche delle linee, colori, forma e struttura superficiale e/o dei materiali costituenti lo stesso ed anche del suo ornamento. Per tale motivazioni una ulteriore classificazione si rende necessaria al fine della distinzione della categoria a cui farà riferimento il brevetto richiesto, inquadrando la stessa tra le classificazioni riportate nella seguente figura 27.



Fig.27 - Classificazione dei Brevetti - Tratto da : Disposizioni Legislative in materia di Brevetti ed Invenzioni Industriali - tratto da Camera di Commercio di Perugia - Dr. De Cosmo G. - 2012.

Precise valutazioni vengono effettuate quindi, al fine di tutela di particolari forme (ad esempio la bottiglietta della Coca Cola con la sua immediata "*identificabilità*" che la rende direttamente tutelabile come marchio figurativo) oltre all'aspetto della "*utilità*" per cui uno specifico modello abbia una particolare efficacia o comodità di uso, di applicazione o di adattamento a macchine, strumenti ed utensili in genere. E' ovvio che il *modello ornamentale*, accennato nel significato nelle pagine precedenti è parte integrante nella valutazione al fine della classificazione dei brevetti, ed è altra cosa rispetto al cosiddetto *marchio di forma* (l'esempio della bottiglietta della Coca Cola), poiché il marchio è un segno utilizzato in ambito commerciale per distinguere i prodotti di un'impresa da quelli di altre imprese. E' quindi necessario identificare i prodotti di interesse, rivendicandone l'esclusività di forma, nella domanda di deposito per la richiesta di brevetto. L'ente valutatore in fase di valutazione, utilizzerà la Classificazione Internazionale di Nizza, in cui sono contemplate 45 classi di valutazione per inquadrare l'ambito di appartenenza del prodotto, oggetto della richiesta di brevettazione.

4.8.3 - Rapporti tra Brevetto, Diritto di Autore e Marchio

Sappiamo tutti che la creatività non nasce dal nulla ma dall'imitazione, in altre parole è ciò che noi chiamiamo "lasciarsi ispirare". Il Nobel per la letteratura T.S.Eliot sosteneva che "*i poeti immaturi imitano, i poeti maturi rubano. I cattivi poeti deturpano ciò che prendono e i grandi poeti lo trasformano in qualcosa di meglio, o almeno di diverso*" [3] . Senza dover esser per forza poeti, è chiaro che va bene lasciarsi ispirare ma l'importante è dar vita a qualcosa di nuovo, sia esso il nome o l'immagine di un'attività. Al fine di comprendere meglio, è fondamentale approfondire l'insieme di delicati rapporti che possono stabilirsi tra l'inventore di un prodotto, di un materiale innovativo o autore di un disegno o di un modello, alla luce

[3] - Tratto da :Intellectual Property Metro -Ufficio per l'Armonizzazione del Mercato Interno -2012

delle leggi e regolamenti odierni in materia di proprietà intellettuale, relativamente al diritto di Autore. E' acclarato che l'inventore può essere riconosciuto "*autore*", ma non avere ancora o addirittura mai il cosiddetto "diritto di Brevetto". Spesso, l'ideatore di una forma/modello o di un prodotto, si trova a svolgere un determinato lavoro come dipendente di una determinata azienda e conseguentemente il titolare del diritto di brevetto è a tutti gli effetti, il datore di lavoro, mentre all'inventore del prodotto o modello è riservato il diritto di esserne riconosciuto autore. Il Codice di Proprietà Industriale, prevede a volte, la possibilità di diventare anche autore, in base al D.Lgs.n. 95/2001, dove si prevede la possibilità di proteggere per un periodo massimo di 70 anni, il progetto o modello con il diritto di autore, attraverso la registrazione presso la S.I.A.E. (Società Italiana Autori ed Editori), a condizione che la creazione presenti *carattere creativo e valore artistico*. L'inventore ha allo stesso tempo, la possibilità di depositare *l'invenzione* e depositare l'eventuale *marchio* creato appositamente per definire tale invenzione o riferirlo ad una azienda specifica, comprendendone la tecnologia e l'eventuale materiale costituente o supporto. Nella fig.28, al fine di una distinzione tra brevetto, marchio e diritto d'autore, si riportano le specificità relative ad ognuno di esse, tenendo conto delle normative nazionali ed europee attuali e soprattutto delle differenziazioni e le Autorità preposte per la ricezione delle domande per il riconoscimento della tutela di brevetti, marchi e contestualmente dei diritti esclusivi per la proprietà intellettuale e diritto d'autore.

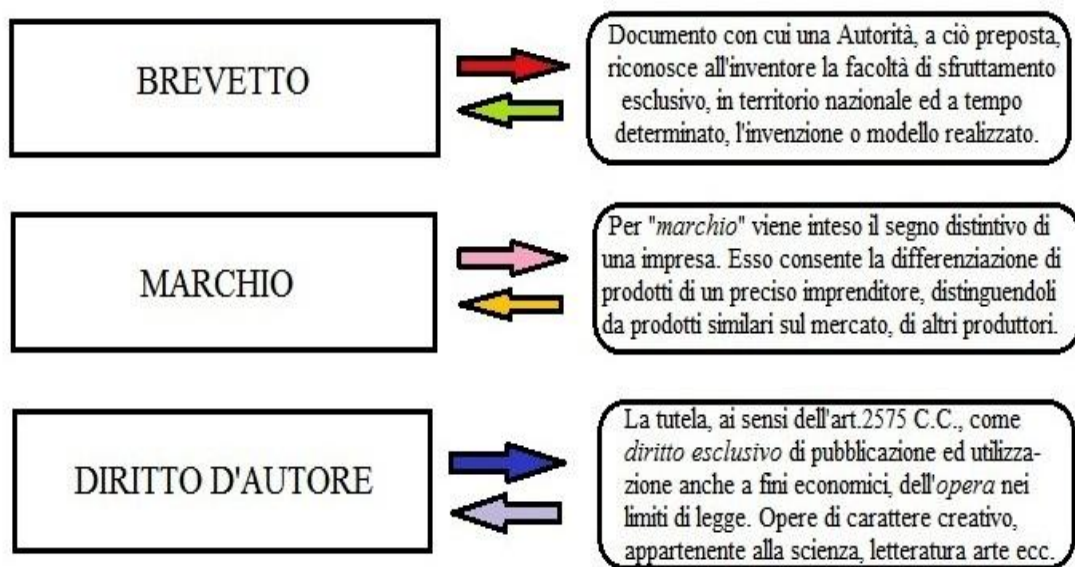


Fig. 28 - Tratta da : MARCHI : Concetti di base ed esempi pratici - Autori Trupiano F. e Negri A. - Edito da MGT - 2010

Per quanto concerne il concetto di marchio, occorre ponderare la capacità distintiva che può variare nel tempo, in effetti è un concetto dinamico che può aumentare o diminuire con il variare della percezione che il pubblico ha nei confronti della grafica e nella specificità nel segno. I marchi si possono concettualmente suddividere in due categorie, definite *marchi forti* e *marchi deboli*. La differenza tra marchio forte e marchio debole incide anche sul giudizio di *confondibilità* tra i marchi. Il marchio forte è caratterizzato da segni che non appaiono in alcun modo legati al prodotto contrassegnato, con la conseguenza che, al fine di assicurare tutela al marchio forte, sarà sufficiente una minima somiglianza da parte del marchio altrui che possa ingenerare confusione, affinché ci sia una violazione. Un marchio definito *debole*, può essere facilmente individuabile, nell'immensa quantità di prodotti della stessa categoria commerciale, dal fatto che si trova a coesistere con altri marchi riportanti analogie nel nome e nelle forme. Una azione di rafforzamento del marchio debole, può avvenire tramite campagne pubblicitarie intense, con il fine ovvio di fare acquistare al marchio stesso, una propria "forza distintiva". Nel valutare la capacità distintiva di un marchio, occorre prendere in considerazione le qualità intrinseche del marchio, la quota di mercato detenuta dall'azienda proprietaria dello stesso, l'intensità, considerare l'estensione geografica e la durata dell'uso del marchio. Per maggiore completezza, relativamente alla salvaguardia del marchio, negli ultimi anni si è anche operato il tentativo da parte di legali e specialisti del campo della salvaguardia della proprietà intellettuale, di operare attraverso specifiche azioni, quali, registrazioni, comunicazioni ad Enti preposti, provvedimenti legali, al fine della salvaguardia *di particolari elementi di design*, attraverso cavilli individuati tra le righe della disciplina vigente per la tutela del *marchio di forma*. Tutto questo con il solo fine di operare il tentativo al fine di ottenere, attraverso la legge, una protezione assoluta e senza limiti temporali, con l'intento di dilatare i tempi di tutela garantiti dalle leggi attuali sulla disciplina dei marchi e del copyright, garantendo al detentore del brevetto/marchio/forma e rispetto alla tutela sul disegno industriale in genere, una posizione monopolistica di mercato che non potrà comunque eccedere i 25 anni. E' necessario sottolineare che per quanto riguarda la registrazione del brevetto, le attuali norme legislative che regolano la materia, prevedono la concessione all'inventore e ad i suoi aventi causa (o eredi) il diritto

esclusivo di realizzazione con commercializzazione dell'oggetto o del modello. La cavillosità delle leggi e dei decreti, riguardanti i marchi di fabbrica depositati presso gli enti preposti, hanno permesso sinora, contese legali e diatribe amministrative. E' importante infatti che nella creazione di un modello per un determinato settore commerciale, esso abbia una forma esclusiva, sia dotato di una denominazione che ne identifichi immediatamente l'azienda produttrice attraverso il marchio, distinguendo il prodotto stesso da prodotti simili di altre aziende.

Conclusioni

Il lavoro della Tesi, è volto all'analisi delle attività di progettazione industriale, intesa come momento di complessa ideazione utopistica. Lo studio della fattibilità di un progetto e della possibilità pratica di realizzazione del determinato prodotto industriale, contempla ricerca di tecnologia e materiali ecosostenibili, uniti ad estetica innovativa sotto il punto di vista funzionale, artistico, tecnologico e legislativo. I risultati raggiunti nella continua ricerca di nuovi materiali, di diverse e più avanzate tecnologie costruttive e la legislazione vigente in materia, proiettano il moderno progettista industriale a percorrere nuovi sentieri che inducono obbligatoriamente all'impiego di tecnologie all'avanguardia, senza però dimenticare le origini "artigianali" dell'arte del realizzare. L'obiettivo del lavoro è spingere il progettista, ad una presa di coscienza, attraverso l'applicazione nelle proprie realizzazioni, di materiali innovativi o naturali, ecosostenibili e soprattutto interamente riciclabili a fine ciclo di vita, basandosi sulla conoscenza dei processi produttivi e gestionali. Soprattutto essendo coscienti dei materiali attuali e degli sviluppi futuri che essi potranno avere. La creazione e lo sviluppo di materiotecche con propri database per i materiali naturali e innovativi, oggi, facilitano il progettista nell'individuazione e quindi nella scelta dei materiali e dei sistemi da applicare. Viene quindi ivi sostenuta, la necessità dello scambio sistematico di informazioni, attraverso la creazione di ulteriori database, al fine di una più capillare conoscenza dei materiali e delle tecnologie da applicare da parte di ogni progettista. La nanotecnologia applicata ai materiali e non da meno la tecnica della Ingegneria Inversa (Reverse Engineering), attraverso la quale, ogni progettista industriale può facilmente trovarsi ad affrontare una modifica, una miglora o una riprogettazione completa di un prodotto, risultano estremamente convenienti nel rapporto tra costi e benefici tecnici ottenibili. Ciò malgrado, dalla applicazione della tecnologia che la reverse engineering ci fornisce, occorre tenere conto del sottile confine tra riproposizione di un opera/prodotto e il possibile plagio di un prodotto od opera esistente. La Tutela della Proprietà Intellettuale che nel presente lavoro si è voluta approfondire al fine legislativo, pondera la tematica relativa a concetti di forma, marchio e brevetto, attraverso una esposizione puntuale sulle possibili problematiche che possono scaturire nel riproporre o semplicemente modificare un determinato

prodotto, meccanismo o attrezzo. L'insieme degli argomenti del lavoro di Tesi, sottolineano infine che l'ingegnere industriale deve avere nel complesso compito del progettare, la capacità di unire esigenze di carattere pratico che guardano ed affondano nella conoscenza della storia delle produzioni industriali e nel design, ad esigenze di carattere economico, etico e legislativo, restando eternamente sospeso tra arte e tecnologia.

V.G.

Ringraziamenti

Inizio nel ringraziare sentitamente il mio Relatore Prof. PhD Salvatore Fava per la disponibilità nell'accettare la mia proposta di Tesi, supportandomi e consigliandomi puntualmente con grande professionalità, nella stesura e nello sviluppo del progetto della stessa.

Vorrei inoltre ricordare, gli Amici professionisti dei tanti Studi di progettazione con cui ho collaborato e tutte le persone che nella vita, mi sono state e mi saranno accanto.

Un ringraziamento particolare va a mio papà Vittorio, a mia mamma Liliana, ai miei fratelli Marco e Cristina, ai Cognati ed ai Nipoti.

Un abbraccio affettuoso ed un Grazie immenso va a Sonia, mia compagna di vita, a cui dedico la presente Tesi di Master.

Bibliografia :

- [1] - Da cosa nasce cosa - (Autore) Munari Bruno- (Editori) LATERZA - Bari
Ed.2009
- [2] - Innovazione Materica e Design - (Autore) Marino Gian Paolo -
(Editore)Time&Mind Press - Ed.2008
- [3] - Ufficio per l'Armonizzazione del Mercato Interno - Intellectual Property Metro -
Edizione 2012
- [4] - Disegno Industriale : un riesame - (Autore) Tomàs Maldonado (Editore)
Universale Economica Feltrinelli /Saggi - Ed. Agg.ta 2017
- [5] - Strategie di co-design. Teorie, metodi e strumenti per progettare con gli utenti -
(Autore) Francesca Rizzo - (Editore) Franco Angeli - 2009
- [6] - Disegno Industriale - (Autore) Alberto Zucchelli - (Editore) Tamburini -
Ed.1973
- [7] - Design-Progettare gli oggetti quotidiani - (Autore) Alberto Bassi (Editore) Il
Mulino - Ed.2013
- [8] - Ricerca Progettuale e Innovazione - (Autore) Rampino Lucia (Editore) Aracne
Editrice Srl - Ed.2004
- [9] - I nuovi materiali per la tecnologia del futuro - Prof. S.Rossi - Dispense Corso di
Product Design - Università degli Studi di Trento - 2008
- [10]-Tecniche Materiali Progetto - Declinazione di Innovazione (Autrice) Giglio
Francesca (Editore) GANGEMI - Ed.2011.
- [11]-Metodi per la Progettazione Industriale - (Autrice) Fargione Giovanna -
Dispense Corso di Progettazione Industriale - UNICT - A/A 2015-2016
- [12] - Marchi : Concetti di base ed esempi pratici - (Autori) Trupiano F.e Negri A. -
(Editore) MGT - 2010
- [13] - Aspetti Normativi e Procedure di Registrazione di Marchi e Brevetti - (Autore)
De Cosmo G. - Edito da : Camera di Commercio di Perugia - Anno 2011
- [14] - Engineering of Creativity” – Semyon D. Savrasky – CRC Press (2000)
- [15] - Storia del Disegno Industriale - 1851/1918 Il grande emporio del mondo -
AA.VV. - (Editrice) ELECTA - Ed.1990
- [16] - Materiali per l'Ingegneria Industriale - (Autori) Callister/Rethwish - (Editore)
EDISES - Ed.2015

[17] - Gestione della Produzione Industriale - (Autore) A Brandolese - (Editore) HOEPLI - Ed. 1996

Sitografia :

- [1] - www.diim.unict.com - Metodi per la Progettazione Industriale
- [2] - www.ilrogettistaindustriale.it - Il futuro delle Tecnologie di Progettazione
- [3] - www.sampleboards.com - Examples for Modboards
- [4] - www.ing.unitn.it/dimti/ita/seminari - Caratteristiche dei materiali e dei prodotti
- [5] - www.materialconnexion.com - Database per consulenza sui materiali innovativi e sostenibili per architettura, edilizia, design, fashion, automotive.
- [6]- www.materioteca.inav.it - database per la ricerca e l'utilizzo delle informazioni relative ai materiali - Università **IUAV** di Venezia
- [7] - www.tech4future.info - Biotecnologie e Nanotecnologie
- [8] - www.iclhub.it - Osservatorio Unione Europea Nanomateriali
- [9] - www.imm.cnr.it - Nanotecnologia applicata ai materiali
- [10] - www.agorascienza.it - Le Nanotecnologie : Introduzione alla genesi e agli orizzonti - Prof. F.Pirri - Scienza Attiva - Politecnico di Torino
- [11]- www.news.com/organizzazione e sviluppo del business
- [12]- www.artusi.gov.it/files - Sistemi e processi produttivi
- [13]- www.unidata.unibg.it/dati/corsi/39007/8287 - Metodi e Tecniche di Reverse Engineering .
- [14]- www.gom.com - Automated 3D scanning - Dispositivi di scansione ottica
- [15]- www.inav.it/SISTEMA-DE/laboratori2 - Dal modello ligneo alla forma - Studio, riproduzione e simulazione.
- [16]- www.uibm.gov.it/index.php/normativa-generale - Marchi : Normativa e Giurisprudenza

