



Camera di Commercio  
Padova



Confederazione Nazionale  
dell'Artigianato e della Piccola  
e Media Impresa

INNOVAZIONE  
DI PRODOTTO  
PER LA  
**COMPETI  
TIVITA'**

**il mobile - tavolo**



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA  
DIPARTIMENTO INGEGNERIA MECCANICA  
DIPARTIMENTO ARCHITETTURA  
URBANISTICA RILEVAMENTO



Galileo  
PARCO SCIENTIFICO E TECNOLOGICO





Camera di Commercio  
Padova



Confederazione Nazionale  
dell'Artigianato e della Piccola  
e Media Impresa

INNOVAZIONE  
DI PRODOTTO  
PER LA  
**COMPETITIVITA'**

**il mobile - tavolo**

a cura di

Nicola Petrone - D.I.M. Università di Padova

Giorgio Biasco - D.I.M. Università di Padova

Gianmaria Concheri - D.A.U.R. Università di Padova

Roberto Meneghello - D.A.U.R. Università di Padova

Mario Saraceni - EnginLAB

Sandro Storelli - Settore Innovazione CNA Padova



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI PADOVA  
DIPARTIMENTO  
INGEGNERIA MECCANICA  
DIPARTIMENTO ARCHITETTURA  
URBANISTICA RILEVAMENTO



PARCO SCIENTIFICO E TECNOLOGICO

La pubblicazione *INNOVAZIONE DI PRODOTTO - IL MOBILE TAVOLO* è stata sviluppata nell'ambito di *Innovazione di prodotto per la competitività*, progetto realizzato da CNA provinciale di Padova con il contributo della Camera di Commercio di Padova.

La pubblicazione è stata curata da:  
Nicola Petrone - D.I.M. Università di Padova  
Giorgio Biasco - D.I.M. Università di Padova  
Gianmaria Concheri - D.A.U.R. Università di Padova  
Roberto Meneghello - D.A.U.R. Università di Padova  
Mario Saraceni - EnginLAB  
Sandro Storelli - Settore Innovazione CNA Padova

Coordinamento del progetto:  
CNA Provinciale di Padova  
via della Croce Rossa, 56 - 35129 Padova  
tel. 049.8062236 fax 049.8062200

Grafica di Gianni Plebani  
Stampato da Arti Grafiche Padovane  
Dicembre 2008

© Tutti i diritti riservati:  
CCIAA di Padova  
CNA Provinciale di Padova

*Gli Enti editanti sono a disposizione degli eventuali aventi diritto per le immagini, acquisite dalla rete, di proprietà non identificata.*

Da sempre il sogno di ogni impresa è quello di proporre prodotti innovativi, belli, vincenti e a costi accettabili.

La struttura *leggera* delle nostre imprese, che in passato è stata una delle ragioni del successo del modello italiano, oggi mostra evidenti fattori di debolezza in termini di risorse, capacità di investimento, competenze. Il nostro sistema economico, dopo aver garantito nell'ultimo ventennio uno sviluppo senza eguali anche rispetto alle aree più industrializzate d'Europa, deve ora affrontare la competizione sul mercato in una fase che si preannuncia molto difficile.

La globalizzazione dei mercati impone in ogni caso nuove soluzioni produttive e commerciali e induce rapide evoluzioni e sviluppi tecnologici.

Indubbiamente l'innovazione è determinante per la competitività, per proteggere le imprese dalla concorrenza basata esclusivamente sui costi.

Le imprese di piccole dimensioni però, tradizionali o presenti nei settori ad alta tecnologia, percepiscono la necessità di innovazione senza avere spesso un'adeguata capacità di strutturare la domanda. La filiera dell'innovazione si può quindi sviluppare aiutando le imprese a esprimere le loro esigenze, stimolando e supportando le piccole e medie imprese nel realizzare - utilizzando la rete presente sul territorio - quell'insieme di attività che generalmente una grande impresa può realizzare al suo interno.

I percorsi e i risultati per l'innovazione di prodotto possono essere utilmente condivisi dalle imprese di filiere o settori specializzati, in particolare per tipologie di prodotto su cui esistono nell'area locale comuni caratterizzazioni e denominatori tecnici. Nell'innovazione, elementi fondamentali per una elevata capacità competitiva sono un'opportuna valorizzazione dei materiali abbinata al design, l'attenzione alle caratteristiche prestazionali, alla gestione del ciclo di vita del prodotto, all'ambiente.

Questa pubblicazione "Innovazione di prodotto - il mobile tavolo" è realizzata nell'ambito del progetto "Innovazione di prodotto per la competitività", realizzato da CNA Padova con il contributo della Camera di Commercio di Padova. Con essa intendiamo offrire agli operatori interessati le premesse e i risultati di un percorso sperimentale di prova per la qualità e sicurezza di prodotto, svolto in collaborazione con imprese del settore e ricercatori dell'Università di Padova.

Il Presidente C.C.I.A.A. di Padova  
**Roberto Furlan**

Il Presidente CNA di Padova  
**Sergio Gelain**



# Indici

<b>Parte Prima -Il processo produttivo del mobile TAVOLO</b>	8
Segagione e stagionatura naturale	9
Stagionatura accelerata: essiccazione in forno	10
Stagionatura accelerata: essiccazione forzata in autoclave	11
Riposo, rifilatura e taglio	12
Spianatura in macchina automatica	13
Incollaggio in blocchi	14
Sagomatura manuale e rifinitura in macchina a controllo numerico	15
Tornitura	16
Preparazione delle sedi per la ferramenta di assemblaggio	17
Tipologie di giunzioni realizzabili con "ferramenta" commerciale	18
Tipologie di tavoli in legno	19
Sistemi di allungamento	20
Il processo di verniciatura	21
Alcuni risultati dalla verniciatura	22
<b>Parte Seconda - Introduzione alla normazione, quadro normativo relativo al mobile "tavolo" e prove da normativa</b>	24
Cos'è una Norma Tecnica	24
Chi redige le norme?	24
La comunità europea emana le Direttive che sono Legge	25
Differenza tra Direttiva Tecnica e Norma Tecnica	25
Cosa fanno gli organi di normazione	25
Organismi di normalizzazione Mondiali	25
Organismi di normalizzazione Europei	25
Organismi di normalizzazione Nazionali	26
Cosa dice la legge che persegue l'immissione di prodotti sicuri sul mercato	26
Obiettivo della nuova direttiva: l'obbligo generale di sicurezza	26
Quando un prodotto è considerato "sicuro"?	27
Quando un prodotto si dice "conforme"	27
Ruolo ed importanza delle norme tecniche	27
Produttori, importatori e distributori devono fornire prodotti sicuri	27
Obblighi dei produttori	27
Obblighi dei distributori	28
L'obbligo di informazione per i casi di rischio grave	28
Quadro normativo del mobile "TAVOLO"	28
Tipologie di norme	29
Tipologie di prove	29
Soddisfazione dei requisiti minimi di sicurezza	29
Tavoli: norme generali e loro interpretazione	33
Termini e definizioni generali	33
Descrizione dei metodi di prova principali per i tavoli	34
Generalità sulle condizioni e sulle procedure di prova	34
<i>Invecchiamento del mobile</i>	34
<i>Prova nelle condizioni più sfavorevoli</i>	34
<i>Prove alla temperatura ambiente tra 15°C e 25°C</i>	34
Applicazione delle forze	35
<i>Applicazione delle forze nelle prove di fatica e di carico statico</i>	35
<i>Tempo di permanenza delle forze</i>	35



<i>Sequenza di prova consigliata secondo normativa</i>	35
<i>Preparazione del pavimento</i>	36
<i>Fermi per le gambe dei tavoli</i>	36
<i>Tampone di carico da utilizzarsi nelle prove di durata</i>	36
<i>Carico nei cassetti</i>	36
<i>Generalità sulla prova verticale statica</i>	36
<i>Generalità sulla prova verticale di durata</i>	37
<i>Generalità sulla prova di carico statico orizzontale</i>	38
<i>Generalità sulla prova di durata con carico orizzontale</i>	39
<i>Generalità sul dispositivo per prove d'urto verticali</i>	40
<i>Prova di stabilità con carico verticale</i>	40
<i>Generalità sulla prova di caduta</i>	42
Requisiti di sicurezza	43
<i>Requisiti generali</i>	43
<i>Requisiti per bordi e angoli</i>	43
<i>Requisiti per i punti di cesoiamento e schiacciamento</i>	43
<i>Requisito di stabilità</i>	43
<i>Requisiti per le prove strutturali di resistenza statica e di durata</i>	43
Carichi e cicli per tavoli ad uso domestico	43
Carichi e cicli per tavoli ad uso non domestico	44
<i>Modalità di redazione del rapporto di prova</i>	45
<i>Informazioni sul modo di utilizzo</i>	45
<b>Parte Terza - progettazione assistita dal calcolatore</b>	48
I sistemi CAD di supporto alla progettazione	48
Modellazione CAD parametrica	51
Messa in tavola aggiornabile	53
Prototipazione virtuale in ambiente integrato	55
Integrazione CAD-CAM e prototipazione rapida	56
<b>Parte Quarta - Analisi strutturale mediante Metodo ad Elementi Finiti (FEM)</b>	58
Valutazione degli stati di sforzo tramite F.E.M.	58
Introduzione	58
Precedenti lavori	58
Analisi svolte presso il DIM - Università di Padova	61
Il modello	61
Risultati delle Analisi 2D	63
Risultati delle Analisi 3D	64
Commento ai risultati	64
<b>Parte Quinta - Prove Sperimentali</b>	66
Tipologie di banchi di prova	66
Esempi di banchi prova	66
Esempio di rapporto prova	66
Prove sperimentali presso il DIM	67
Prove eseguite	68
Risultati	68
OSSERVAZIONI CONCLUSIVE	71
Bibliografia della parte quarta	72



1

# Parte prima



# Parte prima

## Il processo produttivo del mobile Tavolo

Questa prima parte è dedicata ai lettori "comuni", ovvero alle persone di tutti i giorni, che non conoscono cosa c'è "dietro le quinte" di un mobile così familiare e quotidiano com'è un tavolo.

Non tutti sanno che il legno è un materiale vivo oltre che naturale. Vivo nel senso che è un materiale che "si muove", si contrae e si espande in base all'umidità e alla temperatura. È versatile ed i suoi utilizzi sono molteplici, sia decorativi che strutturali. Se utilizzato in maniera opportuna è resistentissimo e durevole. È sinuoso e conferisce calore all'ambiente quando utilizzato nell'arredamento d'interni.

Si cercherà in questa pubblicazione di documentare il processo produttivo caratteristico di un tavolo in legno, riportandone le fasi salienti, con riferimento alle produzioni tipiche del distretto del mobile "in stile" presente nel territorio locale. Prima di esporre le fasi di produzione del mobile, è opportuno spendere alcune parole sulla costituzione dei tronchi dai quali ricaviamo il legno per mobili. Nel tronco la parte più vicina al centro prende il nome di durame, mentre quella più all'esterno si chiama albarno. Sempre al centro del tronco vi è il midollo intorno a cui si dispongono gli anelli che stanno ad indicare la crescita dell'albero. Ad ogni anello corrisponde un anno di crescita e dal numero di questi si può facilmente calcolare l'età dell'albero. Anche la distanza fra i singoli anelli sta a testimoniare se vi sono state siccità (anelli vicini e minor crescita) oppure periodi più favorevoli (anelli più distanziati e maggiore crescita).

Gli alberi, opportunamente tagliati con macchinari appositi, vengono portati in segherie in cui si affetta il tronco secondo alcuni schemi ben definiti. Dopodiché il legname ottenuto viene sottoposto a stagionatura in cui si riduce il suo tasso di umidità a livelli accettabili per la lavorazione. Normalmente l'essiccazione naturale è quella più seguita e consiste nel porre le assi di legno, opportunamente distanziate e protette da una copertura, all'aperto. Dopo un periodo prestabilito le assi sono pronte per essere lavorate, ma spesso il livello di umidità raggiunto è ancora un po' elevato per il legname destinato agli interni e deve essere trattato artificialmente.

Si presenta in quanto segue una sintetica descrizione delle fasi produttive di un tavolo in legno.

## ***Segagione e stagionatura naturale***

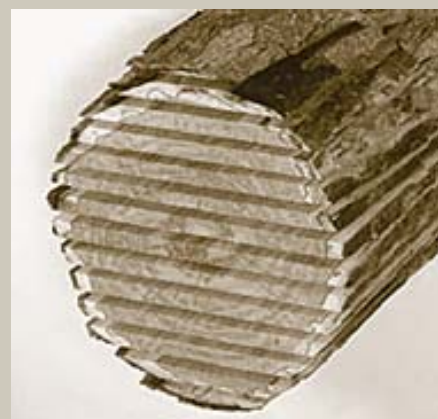
Il processo di produzione di un qualsiasi mobile in legno parte dai boschi dove vengono tagliati i tronchi degli alberi.



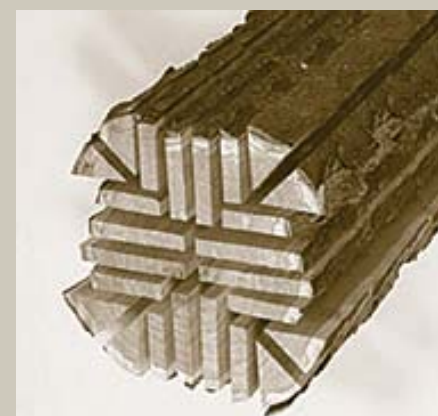
Il tronco viene tagliato attraverso macchinari appositi che possono produrre diverse modalità di taglio. Le superfici tagliate hanno uno stato di rugosità grossolano. Successivamente a questo primo taglio, l'ideale sarebbe che le tavole perdessero gradualmente l'umidità contenuta al loro interno tramite una stagionatura naturale di 3 o 4 mesi proprio nel luogo dove sono stati tagliati i tronchi, questo per evitare bruschi cambiamenti climatici che le danneggerebbero.



A lato osserviamo un esempio di segagione a piani paralleli. Le tavole, non rifilate, sono poi state sovrapposte e spaziate tramite cunei a formare il cosiddetto "boule". L'intercapedine d'aria favorisce l'essiccazione del legno.



A lato un esempio di segagione a quarti. La scelta del tipo di segagione viene effettuata in base al tipo di albero, alla dimensione del tronco, alla destinazione d'uso del legno.





### **Stagionatura accelerata: essiccazione in forno**

La stagionatura naturale di 3 o 4 mesi porta la percentuale di umidità delle tavole dall' 80% al 25% circa. Tale riduzione di umidità non è ancora sufficiente per il legno che deve essere destinato alla produzione di mobili per arredamento. Allo scopo le tavole possono essere fatte essiccare in appositi contenitori adibiti a forno.

Dapprima la camera del forno viene umidificata fino al 100%, poi, partendo da temperatura e pressione ambiente, l'umidità della camera viene portata fino al 10% mentre la temperatura fino a 50-60°C, tale processo avviene lentamente e gradualmente in un lasso di tempo compreso tra i 15 e 20 giorni.

A lato una "sbirciata" del legno nel forno.

Alla fine del processo il legno avrà un'umidità di circa il 10% e, grazie alla gradualità del processo, non avrà subito fratture o crepe che altrimenti si creerebbero a seguito dei forti ritiri.

Se non lavorate immediatamente, le tavole possono essere lasciate a riposare magari protette da uno velo di "cellofan" onde evitare l'assorbimento di umidità.

### **Stagionatura accelerata: essiccazione forzata in autoclave**

Anziché in forno le tavole possono essere sottoposte ad una essiccazione ancora più accelerata se messe in autoclave.

L'autoclave è una camera a tenuta d'aria nella quale si riscaldano le tavole in condizione di vuoto. Sia il vuoto che la temperatura favoriscono la fuoriuscita dell'umidità dalle tavole accelerando notevolmente il processo di essiccazione che ora avviene nell'arco di 3 o 4 giorni.

Le tavole vengono sovrapposte l'una sull'altra con interposte delle piastre radianti nelle quali scorre l'acqua del circuito di riscaldamento. Una apposita pompa produce il vuoto all'interno della camera.

A lato si osservano i diversi ripiani con i tubi di alimentazione e scarico dell'acqua delle piastre radianti.

Nella figura a lato si vedono i sensori per la misura dell'umidità delle tavole all'interno dell'autoclave.

L'impostazione dei livelli e dei tempi di preriscaldamento, di vuoto, di temperatura e di riposo all'interno dell'autoclave devono essere impostati accuratamente per evitare la formazione di crepe nel legno. Tali impostazioni costituiscono un patrimonio di conoscenze peculiari a ciascuna azienda produttrice.

Il controllo dell'umidità viene fatto a campione anche manualmente tramite l'utilizzo di strumenti chiamati Igrometri.





### ***Riposo, rifilatura e taglio***

Le tavole, anche dopo la permanenza in autoclave, vengono lasciate riposare accatastate le une sopra le altre, magari con la protezione di cellofan.

Vige il detto che il legno "più riposa meglio è".

In genere si lascia riposare il legno anche per un'intera stagione, 3 o 4 mesi circa.

Si lavora sempre il legno più vecchio ovvero quello che ha stagionato maggiormente.

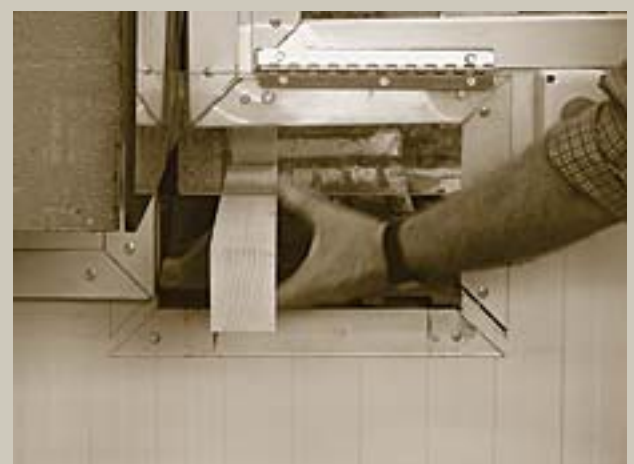


Il legno di faggio è sicuramente tra quelli più utilizzati, per la sua facile reperibilità, durezza e facilità di lavorazione. Allo stato fresco, vale a dire non appena tagliato, il peso del faggio è di circa  $1050 \text{ kg/m}^3$ , mentre, dopo normale stagionatura arriva a pesare  $730 \text{ kg/m}^3$ , diminuendo ancora il suo peso specifico dopo l'essiccazione in forno o in autoclave.

Dopo essere stato debitamente essiccato, il legno viene rifilato e quindi tagliato per ottenere i blocchi di partenza da cui saranno ricavate le diverse parti che comporranno il tavolo.

### ***Spianatura in macchina automatica***

A lato e nelle figure che seguono osserviamo una macchina per la "spianatura dei blocchi" al fine di ottenere parallelepipedi di geometria regolare che verranno successivamente incollati secondo le esigenze.





### ***Incollaggio in blocchi***

I parallelepipedi di legno vengono incollati tra loro a formare blocchi di legno massello.

Nella quasi totalità dei casi le colle utilizzate sono di tipo vinilico. Per facilitare l'incollaggio i parallelepipedi vengono pressati sotto l'azione di presse manuali, pneumatiche o idrauliche come nell'esempio della foto a lato.



Anche dopo l'incollaggio alcuni blocchi possono manifestare crepe. Questa è una delle principali criticità nel processo di produzione del mobile. È proprio l'accortezza nella stagionatura, nell'essiccazione e nello stoccaggio del legno che permette di ridurre se non eliminare la perdita di materia prima.

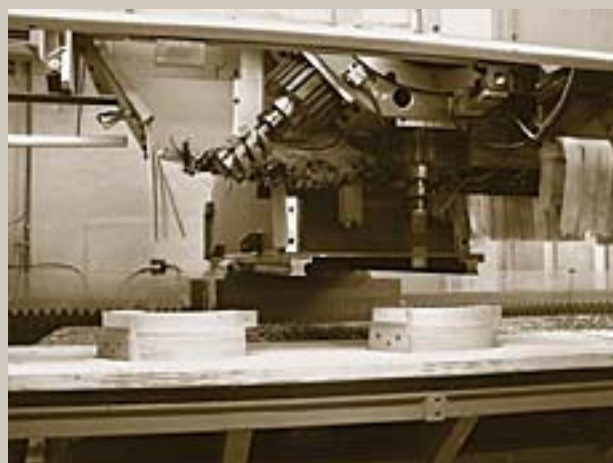
### ***Sagomatura manuale e rifinitura in macchina a controllo numerico***

A seconda della parte che si va a realizzare, i blocchi di legno incollati possono essere sgrossati prima manualmente per poi essere rifiniti con macchine automatiche a controllo numerico.

Le macchine a controllo numerico generalmente sono denominate macchine a CNC ed hanno bisogno di una programmazione preliminare per poter effettuare le lavorazioni in maniera automatica.

A lato una tipologia di macchina a controllo numerico con "magazzino utensili rotante", dove ogni utensile è dedicato ad un tipo di lavorazione specifica, dalla sgrossatura alla realizzazione di smussi, alla finitura superficiale.

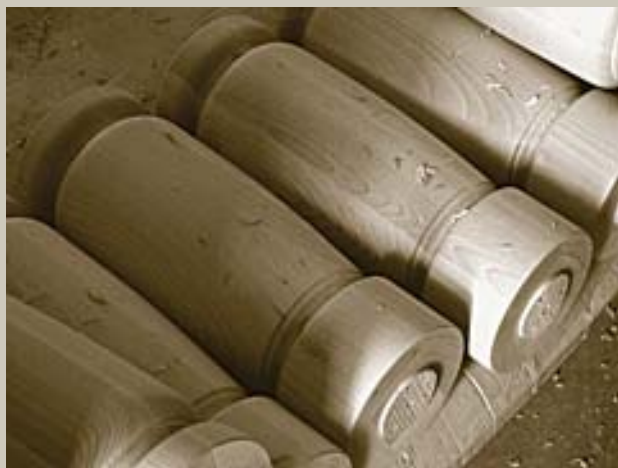
A lato un dettaglio della finitura A CNC di una gamba per tavolo.





## ***Tornitura***

Soprattutto per i tavoli a piedistallo centrale o per i tavoli con le gambe costituite da solidi di rivoluzione la tornitura dei blocchi rappresenta un'altra fase del processo di produzione del tavolo.



Un particolare di piedistalli ricavati per tornitura.



Esempi di piedistalli ricavati con tecniche di tornitura sia a controllo numerico che con tecnica con sagoma a copiare.

Spianature e decorazioni possono essere ricavate con frese sia manuali che a CNC.

### **Preparazione delle sedi per la ferramenta di assemblaggio**

Per favorire la trasportabilità del mobile si tende a far sì che la giunzione degli elementi strutturali che lo compongono non sia permanente. Quindi le giunzioni vengono effettuate prevalentemente con "ferramenta" composta da spine, perni, prigionieri, inserti, viti mordenti, viti ad espansione, ad asola, a gancio, a scatto, viti con giunti ad eccentrico.

A lato un esempio di macchina per la foratura contemporanea a 120° sul piedistallo. Tali fori costituiranno la sede delle spine e dei prigionieri per il fissaggio delle gambe.

A lato si notano le 2 spine in legno ed il prigioniero filettato inseriti nella gamba che verrà poi assemblata al piedistallo dell'immagine precedente.

Esempio di inserimento in fori effettuati precedentemente di viti "mordenti" o autofilettanti sulla parte superiore del piedistallo. Viti che serviranno per la giunzione del piano principale al piedistallo.





**Tipologie di giunzioni realizzabili con "ferramenta" commerciale**

Esempio di elemento a piastra sagomata per la giunzione contemporanea di gambe e fianchi del tavolo.



Esempio di giunzione con elemento a piastra sagomata per la connessione contemporanea di gambe, fianchi e piano principale del tavolo.



Esempio di giunzione rapida con elemento ad eccentrico. In pratica sulla gamba, in apposita sede metallica, viene avvitata una vite speciale. La vite, sulla parte che resta esterna, ha delle scanalature che vengono forzate in cave a spirale ricavate sull'elemento cilindrico.



Esempio di giunzione con prigionieri avvitati sui fianchi del tavolo.

## ***Tipologie di tavoli in legno***

Esempio di tavolo con piedistallo centrale e quattro gambe a sbalzo disposte a 90°.



Esempio di rifinitura di uno spigolo di un tavolo classico a 4 gambe con macchina a controllo numerico.



Tavoli in legno con gambe di supporto di diversa struttura.



Esempio di intarsio realizzato con elementi ricavati tramite macchine a controllo numerico che adottano la tecnica di taglio al laser.





### ***Sistemi di allungamento***

Spesso viene richiesto al mobiliere che il tavolo abbia la caratteristica di essere allungabile. A seconda della forma del tavolo si possono realizzare diversi sistemi di allungamento con guide sia in legno che in metallo.

A lato e nelle figure che seguono un esempio di tavolo rotondo allungabile con guide metalliche.

La funzionalità, la praticità e l'economia del sistema di allungamento possono costituire uno degli elementi di successo del mobile.

## ***Il processo di verniciatura***

La verniciatura costituisce la fase finale di produzione del mobile. Il legno può essere verniciato al naturale oppure può essergli conferita una "tinta" di fondo che lascia comunque visibili le venature.

La "tinta del legno", consiste nell'immersione del legno in una soluzione composta dal 60% di acqua, dal 30% da un legante che nel gergo viene chiamato "veicolo" e dal rimanente 10% da colorante.

Tramite robot antropomorfi ed in "camere aspi-rate" agli elementi viene dapprima applicata una mano di vernice di fondo, che, una volta essiccata, ha la funzionalità di far alzare i "pelucchi" del legno.

Dopo l'essiccazione della vernice di fondo, si passa alla "carteggiatura" manuale che consente di levigare la superficie e di renderla liscia e quindi adeguata per le passate di verniciatura di finitura.

La carteggiatura viene effettuata con carta abrasiva fine o con saponette di materiale apposito, con fogli "scotch brite", con "carta spugna".

A lato vediamo lo stesso componente come si mostra dopo le diverse fasi di verniciatura.

A partire da sinistra lo vediamo dopo la tinta, dopo carteggiatura, dopo anticatura (costituita dalla realizzazione delle sfumature più scure nelle zone delle nervature), dopo verniciatura finale.





### ***Alcuni risultati della verniciatura***

Alcuni risultati.

La tinta e la verniciatura esaltano le venature del legno.



Esempio di tavolo "antico".



Esempio di dettaglio di intarsio eseguito con macchina a controllo numerico e con verniciatura automatizzata.



2

## Parte seconda



## Parte seconda

# Introduzione alla normazione, quadro normativo relativo al mobile “tavolo” e prove da normativa

Questa parte è dedicata all'industria del mobile ed in particolare ai mobiliari. L'intento è quello di contribuire a formare una cultura normativa, con scopi anche molto diversi: sia quello di orientamento nel mondo della normazione, sia quello di indicare alcune linee guida nella progettazione di un tavolo imparando a conoscere a quali requisiti di sicurezza, indicati ad esempio dalla Comunità Europea, il prodotto finale deve assolvere.

Prima di esporre in dettaglio le norme relative al mobile tavolo, si richiamano i concetti generici fondamentali delle normative: quando diventano obbligatorie, gli enti che le redigono e che le emanano.

### Cos'è una Norma Tecnica

Nella sua definizione più generale, L'AFNOR (Association Francaise de NORMalisation) ha definito la norma tecnica come **un documento** prodotto mediante consenso, approvato da un organismo riconosciuto, che fornisce, per usi comuni e ripetuti, regole, linee guida o caratteristiche, relative a determinate attività o ai loro risultati, al fine di ottenere il miglior ordine in un determinato contesto. L'ISO (International Organization for Standardization) ha definito la normazione come “attività svolta per stabilire, relativamente a problemi effettivi e potenziali, disposizioni per gli usi comuni e ripetitivi, miranti ad ottenere l'ordine migliore in un determinato contesto”. Semplificando al massimo, **la norma tecnica fornisce indicazioni sul modo di “operare” in sicurezza.**

**La sua applicazione è sempre volontaria.** L'applicazione della norma diventa cogente (obbligatoria) quando questa è richiamata come riferimento dalla legge. Le norme sono disponibili a chiunque voglia consultarle, ad esempio, nei punti UNI. Tutte le norme, essendo curate prevalentemente da enti privati, sono coperte dal diritto d'autore e, quindi, non si possono distribuire liberamente, ma occorre acquistarle. Si possono acquistare anche tramite la rete telematica internet, ad esempio al sito della UNI: [www.uni.com](http://www.uni.com)

### Chi redige le norme?

Le norme sono redatte in seno agli enti di normazione da appositi **gruppi di lavoro**, formati da esperti delle varie parti (industria, laboratori, consumatori). Questi esperti non sono “assunti”, né “eletti” negli enti di normazione, ma prestano liberamente il loro lavoro a questa attività. **Chiunque voglia collaborare a questi gruppi di lavoro, può farlo, e portare così il suo contributo.**

I gruppi di lavoro elaborano e scrivono le norme, mentre l'ente di normazione offre tutto il supporto necessario all'attività normativa (rapporti e coordinamento con gli altri enti di normazione, organizzazione, segreteria, gestione dei processi



normativi, pubblicazione delle norme, archivi normativi, vendita, ecc.).

## La comunità europea emana le Direttive che sono Legge

### Differenza tra Direttiva e Norma Tecnica

La differenza tra una norma tecnica e una direttiva non sta nei contenuti, ma nell'applicazione. Una norma tecnica è, per definizione, di applicazione volontaria; una direttiva tecnica è di applicazione obbligatoria. Gli enti di normazione pubblicano solo norme. L'autorità, invece, pubblica Direttive (leggi) che possono richiamare norme tecniche. Solo in questo caso la norma diventa cogente (obbligatoria).

### Cosa fanno gli organi di normazione

Il compito di elaborare norme che definiscano le caratteristiche tecniche richieste ai produttori, è affidato sia ad organizzazioni mondiali che europee.

La Comunità Europea sta progressivamente sviluppando la normazione secondo una logica di soddisfacimento dei requisiti minimi essenziali di sicurezza stabiliti dalle direttive. **Le norme tecniche non sono obbligatorie, ma i prodotti devono essere fabbricati garantendo i requisiti essenziali fissati dalle direttive.**

A livello europeo le norme sono elaborate secondo una procedura che coinvolge la Commissione Europea, gli Stati membri e gli Istituti nazionali di normalizzazione.

A livello dei singoli stati, operano poi gli Istituti di normalizzazione nazionali, i quali devono trasmettere le norme approvate a livello mondiale ed europeo e revocare tutte le norme nazionali con esse in contrasto.

Vediamo in dettaglio alcuni degli organismi di normazione ai vari livelli.


### Organismi di normazione Mondiali

- IEC (International Electrotechnical Commission), è una commissione internazionale che emana norme a livello mondiale nel campo elettrotecnico ed elettronico. L'organizzazione operativa in campo normativo è svolta da quasi 90 comitati tecnici, ognuno dei quali si occupa di determinati settori, da 120 sottocomitati e centinaia di gruppi di lavoro. All'IEC collaborano migliaia di esperti provenienti dai circa 50 Paesi aderenti. L'organizzazione dei lavori dei comitati è curata da tre gruppi: il gruppo "A" tratta l'elettrotecnica e problemi di carattere generale; il gruppo "B" si occupa di elettronica e informatica ed il gruppo "C" di sicurezza, misure e beni di consumo.
- ISO (International Organization for Standardization) è indubbiamente l'organismo di standardizzazione più conosciuto che emana standard (norme) in molti settori e raggruppa gli enti di normazione nazionali di quasi tutti i Paesi. È composta da numerosi comitati tecnici (Technical Committee, in sigla TC), ciascuno dei quali si occupa di un particolare settore: per esempio il TC97 è il comitato che è deputato a trattare i sistemi informativi. Ogni TC è composto da sottocomitati (SubCommittee, in sigla SC) che a loro volta sono divisi in gruppi di lavoro (Working Group, in sigla WG).

### Organismi di normazione Europei

- il CENELEC (comitato Europeo di Normazione Elettrotecnica). Nato nel 1960, l'Ente si occupa del settore elettrotecnico.

Sito internet: <http://www.cenorm.be/cenorm/index.htm>

- 
- l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Si occupa del settore delle telecomunicazioni. Sito Internet: <http://www.etsi.org>
  - il CEN (Comitato Europeo di Normazione). Nato nel 1961, l'Ente si occupa di tutti gli altri comparti. Sito internet: <http://www.cenelec.be>

### **Organismi di normazione Nazionali**

Gli istituti di normalizzazione italiani sono:

- il CEI (Comitato elettrotecnico Italiano), ente di normazione tecnica che si occupa dei requisiti di sicurezza e qualità dei materiali, macchinari, apparecchiature ed impianti elettrici ed elettronici. Sito internet: [www.ceiuni.it](http://www.ceiuni.it)
- l'UNI (Ente Italiano di Unificazione). L'UNI è stata fondata nel 1921 con il nome di UNIM. L'attività consiste nell'elaborare, pubblicare e diffondere norme, costituire archivi di norme nazionali ed estere, promuovere iniziative culturali nel settore normativo, mantenere i rapporti con i corrispondenti organismi a livello mondiale ed europeo e concedere il marchio UNI ai prodotti conformi alle proprie norme. L'UNI opera in stretto contatto con il Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato ed ha rapporti di assidua collaborazione con diversi Ministeri, tra cui quelli degli Interni, dei Lavori Pubblici, delle Poste e Telecomunicazioni, della Difesa, del Commercio con l'Estero, dell'Ambiente e, inoltre, con CNEL, CNR, ENEA e ISPESL. Sito Internet: [www.uni.com](http://www.uni.com)

### **Cosa dice la legge che persegue l'immissione di prodotti sicuri sul mercato**

(Estratto dal sito della Camera di Commercio di Torino: [www.to.camcom.it/dallunioneuropea](http://www.to.camcom.it/dallunioneuropea))

Dal 15 gennaio 2004, con l'abrogazione della precedente direttiva europea 92/59/CEE, è entrata pienamente in vigore la nuova direttiva sulla Sicurezza Generale dei Prodotti, detta anche SGP, contenuta ora nella direttiva 2001/95/CE del 3 dicembre 2001 (pubblicata nella Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea, GUCE L 11 del 15 gennaio 2002), recepita nell'ordinamento italiano con decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 172 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 165 del 16 luglio 2004), entrato in vigore il 31 luglio 2004.

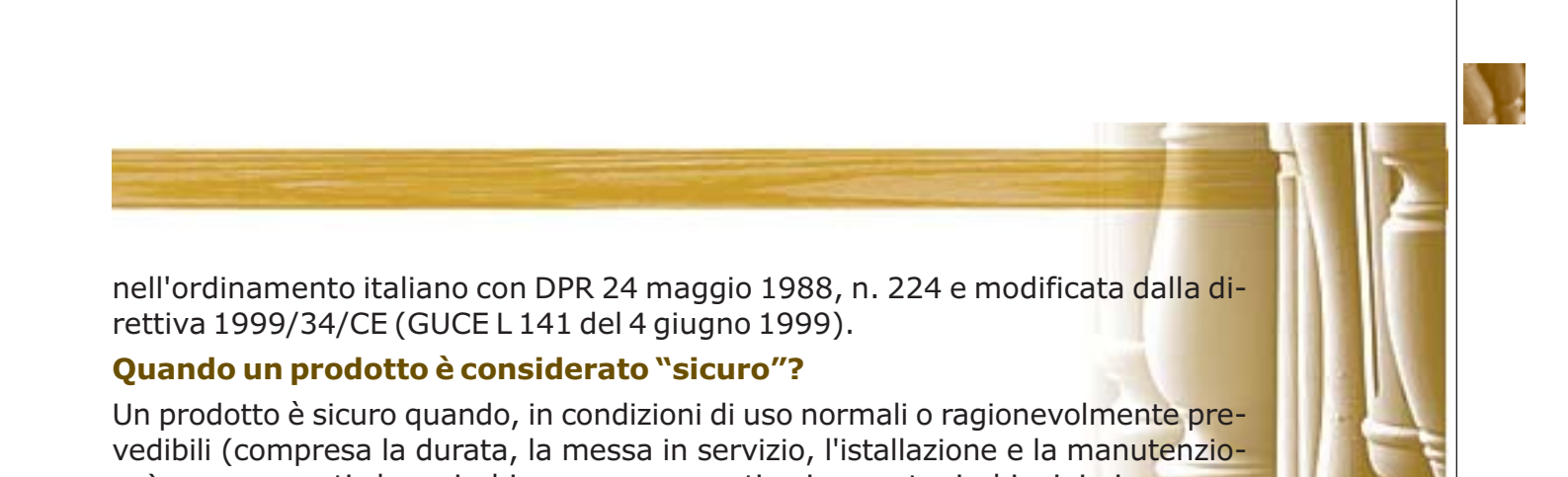
**Semplicemente, dal 31 luglio 2004, i produttori devono immettere sul mercato solo "prodotti sicuri", vedremo dopo cosa vuol dire prodotto sicuro.**

#### **Obiettivo della nuova direttiva: l'obbligo generale di sicurezza**

L'obiettivo perseguito dalla direttiva 2001/95/CE è stabilire a livello comunitario un obbligo generale di sicurezza per tutti i prodotti destinati, a vario titolo, ai consumatori e suscettibili di presentare, per questi ultimi ed in particolare per le così dette categorie vulnerabili (bambini ed anziani), rischi per la sicurezza e la salute. A tal fine la direttiva 2001/95/CE si muove in due direzioni:

- **introduce un requisito generale di sicurezza dei prodotti e**
- **definisce alcuni obblighi generali per fabbricanti e distributori** in materia di controllo dell'applicazione dei requisiti comunitari di sicurezza, in tema di scambio rapido di informazioni e, in alcuni casi, in materia di azioni a livello comunitario.

Si rimarca che la direttiva SGP 2001/95/CE riguarda la Sicurezza Generale dei Prodotti, vi è poi la direttiva 85/374/CEE del 25 luglio 1985 in materia di responsabilità per danno da prodotti difettosi (GUCE L 210 del 7 agosto 1985), recepita



nell'ordinamento italiano con DPR 24 maggio 1988, n. 224 e modificata dalla direttiva 1999/34/CE (GUCE L 141 del 4 giugno 1999).

### **Quando un prodotto è considerato "sicuro"?**

Un prodotto è sicuro quando, in condizioni di uso normali o ragionevolmente prevedibili (compresa la durata, la messa in servizio, l'installazione e la manutenzione), non presenti alcun rischio oppure presenti unicamente rischi minimi, compatibili con l'impiego del prodotto e considerati accettabili nell'osservanza di un livello elevato di tutela della salute e della sicurezza delle persone.

### **Quando un prodotto si dice "conforme"?**

In mancanza di disposizioni comunitarie o nazionali più specifiche, un prodotto, costruito secondo requisiti di sicurezza contenuti in norme tecniche europee volontarie si presume conforme all'obbligo di sicurezza.

### **Ruolo ed importanza delle norme tecniche**

In assenza di regole tecniche nazionali cogenti (obbligatorie), la sicurezza di un prodotto è valutata in base ad una precisa gerarchia di riferimenti:

- Norme tecniche volontarie nazionali che recepiscono norme europee (UNI EN, CEI EN)
- Norme tecniche volontarie nazionali (UNI, CEI)
- Raccomandazioni della Commissione Europea
- Codici di buona condotta
- Stato dell'arte (frontiera tecnologica)
- Livello di sicurezza ragionevolmente atteso dal consumatore

In sostanza, una norma tecnica rappresenta un sicuro elemento di riferimento anche in ambito giuridico.

### **Produttori, importatori e distributori devono fornire prodotti sicuri**

I destinatari dell'obbligo generale di sicurezza sono produttori, distributori ed importatori, nonché chiunque si presenti come produttore apponendo sul prodotto il proprio nome, marchio o altro segno distintivo. È ritenuto produttore anche colui che rimette a nuovo il prodotto. Ricordiamo che, ai fini dell'applicazione della nuova normativa, anche il rappresentante del produttore, qualora quest'ultimo (il produttore) non sia stabilito nella Comunità, e l'importatore del prodotto, nel caso non vi sia un rappresentante stabilito nella Comunità, sono considerati produttori e, pertanto, tenuti al rispetto del requisito generale di sicurezza dei prodotti.


### **Obblighi dei produttori**

I produttori hanno l'obbligo di:

- immettere sul mercato soltanto prodotti sicuri;
- informazione: il produttore deve porre in grado il consumatore di valutare i rischi inerenti ad un prodotto durante l'utilizzo normale o ragionevolmente prevedibile dello stesso, nel caso che tali rischi non siano immediatamente percettibili senza l'ausilio di adeguate avvertenze;
- obbligo di adottare misure opportune per evitare i rischi che il prodotto potrebbe presentare: il produttore, in tal caso, è tenuto a provvedere al ritiro del prodotto dal mercato, a informare efficacemente i consumatori o a procedere al richiamo del prodotto stesso.

Si rammenta che, ai fini della direttiva 2001/95/CE (e dell'applicazione del d. lgs. 172/2004), per

- **ritiro** s'intende qualsiasi misura volta ad impedire la distribuzione e l'esposi-



zione di un prodotto pericoloso, nonché la sua offerta al consumatore;

- **richiamo** s'intendono tutte quelle misure volte ad ottenere la restituzione di un prodotto pericoloso che il fabbricante o il distributore ha già fornito o reso disponibile ai consumatori.

### **Obblighi dei distributori**

Per quanto riguarda il distributore, ossia qualsiasi operatore professionale della catena di commercializzazione, l'attività del quale non incide sulle caratteristiche di sicurezza dei prodotti, questi è tenuto a:

- non fornire prodotti che sappia o che avrebbe dovuto sapere, in forza delle informazioni in suo possesso ed in quanto operatore professionale, essere pericolosi;
- partecipare ai controlli sulla sicurezza dei prodotti immessi sul mercato, in particolare trasmettendo le informazioni relative ai rischi dei prodotti, conservando e fornendo la documentazione atta a rintracciarne l'origine;
- collaborare alle azioni intraprese da produttori e da autorità competenti per evitare i rischi per la sicurezza dei consumatori.

### **L'obbligo di informazione per i casi di rischio grave**

Sia per i produttori che per i distributori è previsto all'art. 5.3 della direttiva europea 2001/95/CE (e art. 3.7 del decreto legislativo italiano 172/2004) un obbligo generale di informazione e di collaborazione con le competenti autorità degli Stati membri (nel caso dell'Italia si tratta dei Ministeri delle attività produttive, della salute, del lavoro e delle politiche sociali, dell'interno, dell'economia e delle finanze e delle infrastrutture e dei trasporti) in ordine alle azioni da questi (produttori e fornitori) intraprese per evitare i rischi presentati dai prodotti che essi forniscono o hanno fornito.

### **Quadro normativo del mobile "TAVOLO"**

Allo scopo di fornire una visione quanto più esaustiva dell'attuale panorama normativo in Italia ed Europa relativamente al mobile "tavolo", si sono raccolte ed analizzate le normative vigenti, riportandole nello schema sinottico ad albero di Tabella 1 e nell'elenco dettagliato di Tabella 2, in modo da facilitare il costruttore nella scelta della normativa di riferimento alle diverse categorie di prodotto.

La molteplicità delle norme pubblicate e la numerosità delle prove presenti in ciascuna norma evidenziano lo sforzo di assicurare all'utente generico di disporre di un prodotto sicuro, secondo lo stato dell'arte attuale e durante un utilizzo tipico del tavolo.

Tali norme vanno considerate anche come uno strumento fondamentale di guida ed orientamento anche per lo stesso produttore, che dovrà rendersi consapevole delle molteplicità e gravosità di utilizzo che i propri tavoli potranno incontrare e, quindi, dovrà essere in grado di fare riferimento a prove semplificate ma standardizzate per comprovare la sicurezza dei propri prodotti, a prescindere dai materiali con i quali sono stati realizzati.

A seguito della "familiarizzazione" con le norme, il produttore potrà orientare da subito le fasi di progettazione del tavolo in modo da poter ottenere un prodotto stabile sicuro e funzionale fin dal primo progetto, senza necessità di costosi aggiornamenti o cambiamenti del progetto, soprattutto per chi produce in grande serie. Di quanto appena accennato devono tener conto i costruttori orientati a soluzioni innovative il cui design comporta l'utilizzo di differenti materiali combinati con caratteristiche estetiche, funzionali e di resistenza anche molto diverse.



Pensiamo al vetro, all'acciaio, ai polimeri plastici e naturalmente al legno.

### Tipologie di norme

In ambito puramente tecnico, le tipologie di norme si possono suddividere in:

- **norme che contengono le dimensioni** geometriche dei tavoli a seconda della destinazione d'uso;
- **norme contenenti i metodi di prova** standard onde valutare obiettivamente la capacità dei tavoli di sopportare i carichi applicati, carichi che saranno di diversa entità a seconda della destinazione d'uso;
- **norme contenenti i requisiti minimi di sicurezza**, in altre parole queste norme indicano il numero di volte minimo di applicazione dei carichi perché il tavolo, una volta che abbia superato tutti i test, possa essere considerato sicuro.

La suddivisione appena citata è di carattere generale. Alcune norme, come vedremo, descrivono sia il metodo di prova che i requisiti ai quali devono assolvere i prodotti.

Passiamo ora alla rassegna delle tipologie di prove che possono essere effettuate sul mobile tavolo.

### Tipologie di prove

La sicurezza del prodotto "tavolo" è indagata sottoponendolo a prove che hanno lo scopo di simulare in modo semplificato e ripetibile sia quelle che sono le condizioni tipiche relative ad un utilizzo quotidiano, sia quelle che sono le condizioni massimali di sollecitazione, dovute ad eventi rari ma possibili quali: urti, ribalamenti o sovraccarichi. Le tipologie di prova tipicamente presenti nelle norme si suddividono in:

- **prove di stabilità**, che simulano condizioni limite di appoggio o di carico e per le quali il tavolo deve mantenere la posizione iniziale;
- **prove statiche di resistenza**, che simulano l'applicazione dei carichi massimali possibili sul tavolo. Questi carichi massimali sono applicati per un numero limitato di cicli (in genere 10 cicli);
- **prove di durata (o fatica)**, che simulano l'utilizzo ripetuto nel tempo ai carichi quotidiani tipici applicabili al tavolo. Il numero di cicli di applicazione del carico può arrivare anche a 30.000 per le destinazioni d'uso più severe;
- **prove di impatto**, che simulano i casi limite di urti o cadute accidentali del tavolo.

### Soddisfazione dei requisiti minimi di sicurezza

Dopo l'esecuzione di ciascuna prova, si devono verificare i requisiti, ovvero il mantenimento dei requisiti minimi strutturali e funzionali del tavolo. I requisiti da verificare dopo le prove di stabilità, resistenza, durata ed impatto sono tipicamente:

- **non rovesciamento, ripiegamento** o comunque (per tavoli ripiegabili) mantenimento di configurazioni repute di sicurezza;
- **che non vi siano rotture in alcuna parte**, giunzione o componente del tavolo;
- **che non ci siano allentamenti o diminuzioni di rigidità** delle giunzioni e che quindi il tavolo abbia mantenuto le proprie caratteristiche funzionali e di stabilità.

**Tabella 1: quadro sinottico normativo relativo al mobile "TAVOLO"**

<div style="text-align: center;"> <p><b>MOBILI</b></p> <p><b>TAVOLI</b></p> </div>						
Scopo	USO DOMESTICO	USO NON DOMESTICO	DA UFFICIO	USO SCOLASTICO	DA ESTERNO	USO GENERALE (norme a carattere generale)
<b>DIMENSIONI FUNZIONALI</b>			<b>UNI EN 527-1</b> (Tavoli da lavoro e scrivanie - Dimensioni)	<b>UNI EN 1729-1</b> (Sedie e tavoli per istituzioni scolastiche - Parte 1: Dimensioni funzionali)	<b>UNI EN 581-3</b> (Requisiti meccanici di sicurezza e metodi di prova)	
<b>METODI DI PROVA</b>	<b>UNI EN 1730</b> (Metodi di prova per la determinazione della resistenza, della durabilità e della stabilità) <b>UNI 10976</b> (Tavoli - Guida all'applicazione della EN 1730)	<b>UNI EN 1730</b> (Metodi di prova per la determinazione della resistenza, della durabilità e della stabilità)	<b>UNI EN 14074</b> (Tavoli, scrivanie e mobili contenitori - Metodi di prova per la determinazione della resistenza e della durabilità delle parti mobili) <b>UNI EN 527-3</b> (Tavoli da lavoro e scrivanie - Metodi di prova per la determinazione della stabilità e della resistenza meccanica della struttura) <b>UNI EN 14073-3</b> (Mobili contenitori - Parte 3: Metodi di prova per la determinazione della stabilità e della resistenza della struttura)	<b>UNI EN 1729-2</b> (Requisiti di sicurezza e metodi di prova)	<b>UNI EN 581-1</b> (Requisiti generali di sicurezza)	<b>UNI 8581</b> (Mobili contenitori, tavoli e scrivanie - Generalità per le prove) <b>UNI 8594</b> (Tavoli e scrivanie - Prova di flessione dei piani) <b>UNI 9086</b> (Tavoli e scrivanie. Prova di urto contro le gambe o i fianchi di sostegno) <b>UNI EN 13721</b> (Valutazione della riflettanza della superficie) <b>UNI EN 13722</b> (Valutazione della riflessione speculare della superficie) <b>UNI EN 14072</b> (Vetro nei mobili - Metodi di prova)
<b>REQUISITI</b>	<b>UNI ENV 12521</b> (Requisiti meccanici e strutturali di sicurezza)	<b>UNI EN 15372</b> (Resistenza, durata e sicurezza - Requisiti per tavoli non domestici)	<b>UNI EN 527-2</b> (Requisiti meccanici di sicurezza) <b>UNI 11190</b> (Requisito di riflettanza) <b>UNI 11191</b> (Requisito di riflessione speculare) <b>UNI EN 14073-2</b> (Requisiti di sicurezza per i mobili contenitori)	<b>UNI EN 1729-2</b> (Requisiti di sicurezza e metodi di prova)	<b>UNI EN 581-3</b> (Requisiti meccanici di sicurezza e metodi di prova)	

NOTA: per una descrizione più dettagliata delle norme si veda la tabella seguente.

**Tabella 2: elenco delle norme relative al mobile "TAVOLO" ordinato per anno di emissione**

NORMA	TITOLO	DESCRIZIONE	ANNO	LINGUA
UNI EN 15372	Mobili Resistenza, durata e sicurezza Requisiti per tavoli non domestici	La presente norma è la versione ufficiale in lingua inglese della norma europea EN 15372 (edizione marzo 2008). La norma specifica i requisiti per la sicurezza, la resistenza e la durata per tutti i tipi di tavoli non domestici inclusi i tavoli con vetro.	2008	ING
UNI EN 581-3	Mobili per esterno Sedute e tavoli per campeggio, uso domestico e collettività Parte 3: Requisiti meccanici di sicurezza e metodi di prova per tavoli	La presente norma è la versione ufficiale in lingua inglese della norma europea EN 581-3 (edizione aprile 2007). La norma specifica i requisiti meccanici di sicurezza e i metodi di prova per tavoli da esterno per campeggio, uso domestico e collettività per adulti senza tener conto di materiali, di progettazione/costruzione o di processi di produzione.	2007	ING
UNI EN 581-1	Mobili per esterno Sedute e tavoli per campeggio, uso domestico e collettività Parte 1: Requisiti generali di sicurezza	La presente norma è la versione ufficiale della norma europea EN 581-1 (edizione febbraio 2006). La norma definisce i requisiti di sicurezza per sedute e tavoli per esterno, per utilizzo domestico, collettività e campeggio.	2006	ING - ITA
UNI EN 1729-1	Mobili. Sedie e tavoli per istituzioni scolastiche. Parte 1: Dimensioni funzionali.	La presente norma è la versione ufficiale in lingua inglese e italiana della norma europea EN 1729-1 (edizione luglio 2006). La norma specifica le dimensioni funzionali e le grandezze di sedie e tavoli di utilizzo generico all'interno delle istituzioni scolastiche.	2006	ING - ITA
UNI EN 1729-2	Mobili. Sedie e tavoli per istituzioni scolastiche. Parte 2: Requisiti di sicurezza e metodi di prova.	La presente norma è la versione ufficiale in lingua inglese e italiana della norma europea EN 1729-2 (edizione luglio 2006). La norma specifica i requisiti di sicurezza e i metodi di prova per sedie e tavoli per un utilizzo generico negli istituti scolastici. La norma non si applica alle stazioni di lavoro con computer e per funzioni specifiche (per esempio uffici, laboratori, sedute su barra, officine e spazi per la progettazione).	2006	ING - ITA
UNI 11190	Mobili per ufficio Tavoli e scrivanie per videoterminali Requisito di riflettanza	La norma definisce il requisito di riflettanza dei piani di lavoro di tavoli e scrivanie per videoterminali.	2006	ITA
UNI 11191	Mobili per ufficio Tavoli e scrivanie per videoterminali Requisito di riflessione speculare	La norma definisce il requisito di riflessione speculare dei piani di lavoro di tavoli e scrivanie per videoterminali.	2006	ITA
UNI EN ISO 11199-3	Ausili alla deambulazione maneggiati da due braccia - Requisiti e metodi di prova - Parte 3: Tavoli da marcia	La presente norma è la versione ufficiale in lingua inglese della norma europea EN ISO 11199-3 (edizione aprile 2005). La norma specifica i requisiti e i metodi di prova alla stabilità statica, alle capacità dei freni, alla capacità di carico statico e alla resistenza alla fatica dei tavoli da marcia senza accessori, se non specificato in particolari procedure di prova. La norma fornisce inoltre i requisiti relativi alla sicurezza, l'ergonomia, le prestazioni e le informazioni fornite dal fabbricante incluse la marcatura e l'etichettatura.	2005	ING
UNI 8581	Mobili contenitori Tavoli e scrivanie Generalità per le prove	La norma indica le modalità di prova per mobili contenitori, tavoli e scrivanie completamente montati e pronti per l'uso. La norma non si applica ai mobili domestici e ai mobili per ufficio.	2005	ITA
UNI EN 14074	Mobili per ufficio Tavoli, scrivanie e mobili contenitori Metodi di prova per la determinazione della resistenza e della durabilità delle parti mobili	La presente norma è la versione ufficiale della norma europea EN 14074 (edizione agosto 2004). La norma specifica i metodi di prova per la determinazione della resistenza e della durabilità delle parti mobili delle scrivanie, dei tavoli e dei mobili contenitori.	2005	ING - ITA
UNI EN 14073-2	Mobili per ufficio Mobili contenitori Parte 2: Requisiti di sicurezza	La presente norma è la versione ufficiale della norma europea EN 14073-2 (edizione agosto 2004). La norma specifica i requisiti di sicurezza per i mobili contenitori per ufficio.	2005	ING-ITA

segue dalla pagina precedente

NORMA	TITOLO	DESCRIZIONE	ANNO	LINGUA
UNI EN 14073 - 3	Mobili per ufficio Mobili contenitori Parte 2: Requisiti di sicurezza	La presente norma è la versione ufficiale della norma europea EN 14073-2 (edizione agosto 2004). La norma specifica i requisiti di sicurezza per i mobili contenitori per ufficio.	2005	ING - ITA
UNI 8594	Tavoli e scrivanie Prova di flessione dei piani	La norma stabilisce un metodo per la verifica della resistenza a flessione con carico distribuito dei piani dei tavoli e delle scrivanie. Essa si applica a tutti i tipi di tavoli e scrivanie.	2004	ITA
UNI EN 13721	Mobili Valutazione della riflettanza della superficie	La presente norma è la versione ufficiale della norma europea EN 13721 (edizione luglio 2004). La norma specifica un metodo per la valutazione della riflettanza delle superfici dei mobili.	2004	ING - ITA
UNI EN 13722	Mobili Valutazione della riflessione speculare della superficie	La presente norma è la versione ufficiale della norma europea EN 13722 (edizione luglio 2004). La norma specifica un metodo per la valutazione della riflessione speculare delle superfici dei mobili.	2004	ING - ITA
UNI EN 14072	Vetro nei mobili Metodi di prova	La presente norma è la versione ufficiale in lingua italiana della norma europea EN 14072 (edizione novembre 2003). La norma specifica i metodi di prova per vetri orizzontali e verticali utilizzati nei mobili. Si applica sia al vetro piano che al vetro curvato. I metodi di prova possono essere applicati ai mobili in tutti i campi di applicazione, da quelli domestici a quelli per collettività. I metodi di prova intendono riprodurre le forze causate dall'impatto con le parti del corpo umano.	2004	ITA
UNI EN 527-2	Mobili per ufficio Tavoli da lavoro e scrivanie Requisiti meccanici di sicurezza	La presente norma è la versione ufficiale in lingua italiana della norma europea EN 527-2 (edizione ottobre 2002). La norma specifica i requisiti meccanici di sicurezza dei tavoli e delle scrivanie per ufficio.	2003	ITA
UNI EN 527-3	Mobili per ufficio Tavoli da lavoro e scrivanie Metodi di prova per la determinazione della stabilità e della resistenza meccanica della struttura	La presente norma è la versione ufficiale in lingua italiana della norma europea EN 527-3 (edizione febbraio 2003). La norma specifica metodi di prova per la determinazione della stabilità e della resistenza meccanica della struttura di tavoli da lavoro e scrivanie.	2003	ITA
UNI EN 1730	Mobili domestici - Tavoli - Metodi di prova per la determinazione della resistenza, della durabilità e della stabilità	La presente norma è la versione ufficiale in lingua italiana della norma europea EN 1730 (edizione maggio 2000). La norma specifica i metodi di prova per determinare la resistenza, la durabilità e la stabilità per tutti i tipi di tavoli domestici senza considerare materiali, progettazione/costruzione e processo produttivo. Le prove si applicano ad un mobile assemblato e pronto per l'uso. Non tutte le prove sono necessariamente applicabili a tutti i tipi di tavoli.	2002	ITA
UNI 10976	Mobili domestici e per collettività Tavoli Guida all'applicazione della EN 1730	La norma stabilisce una guida all'applicazione della EN 1730 in termini di carichi e di cicli da applicare ai tavoli per uso domestico e per collettività.	2002	ITA
UNI ENV 12521	Mobili domestici Tavoli Requisiti meccanici e strutturali di sicurezza	La presente norma sperimentale è la versione ufficiale in lingua italiana della norma europea sperimentale ENV 12521 (edizione marzo 2000). La norma, sperimentale, specifica i requisiti meccanici e strutturali di sicurezza per i tavoli domestici, escludendo però i meccanismi di regolazione dell'altezza e le rotelle orientabili. Essa non si applica ai tavoli utilizzati specificatamente dai bambini o occasionalmente, ai tavoli per esterno e ai tavoli trasformabili.	2001	ITA
UNI EN 527-1	Mobili per ufficio Tavoli da lavoro e scrivanie Dimensioni	La presente norma è la versione ufficiale in lingua italiana della norma europea EN 527-1 (edizione gennaio 2000) e tiene conto dell'errata corrige del dicembre 2002 (AC:2002). La norma specifica le dimensioni di tavoli da lavoro e scrivanie nell'uso generale.	2000	ITA
UNI 9086	Tavoli e scrivanie Prova di urto contro le gambe o i fianchi di sostegno.	Stabilisce un metodo per la verifica della resistenza della struttura dei tavoli e delle scrivanie agli urti contro le gambe o i fianchi di sostegno. Si applica a tutti i tipi di tavoli e scrivanie ad esclusione di quelli con basamento centrale. Procedimento (vedere UNI 8581); livelli di prova; valutazione dei risultati.	1987	ITA

## **Tavoli: norme generali e loro interpretazione**

Vengono riassunte di seguito le norme ritenute a carattere più ampio, vale a dire che riguardano la qualità e sicurezza della grande maggioranza dei tavoli sul mercato.

Si dà un'interpretazione della norma e si precisa che lo scopo è quello di illustrare le tipologie di test da eseguire onde facilitare la definizione delle richieste di test ai laboratori prova preposti oppure indicare il metodo per costruirsi un apparato di prova "fatto in casa". Infatti, la norma richiede solo che vengano applicati correttamente i carichi come descritto, mentre è lasciata libera scelta nella progettazione dei banchi prova che devono esercitare detti carichi.

La procedura per la determinazione esatta dei punti di applicazione delle forze sui tavoli e la forma delle sagome per l'applicazione delle forze sono descritte dalle norme a cui si fa riferimento. Si sottolinea che la completezza e garanzia di esattezza dei contenuti qui riportati sono date solo dalle norme originali edite dalla UNI.

### **Termini e definizioni generali**

Introduciamo il vocabolario tecnico necessario per la comprensione delle norme.

#### **Parti accessibili**

Parti facilmente accessibili si hanno quando il tavolo si trova nella posizione prevista dalla destinazione d'uso ed esiste una probabilità elevata di contatto non intenzionale da parte dell'utilizzatore. Per distinguere le parti accessibili dalle altre, si immaginano i mobili avvolti da una pellicola retraibile che ne segue completamente i contorni esterni. Tutte le parti raggiungibili dalla superficie della pellicola retraibile mediante una sonda lunga 60mm sono considerate accessibili dall'esterno. Tale sonda è costituita da un cilindro di plastica o di altro materiale liscio e rigido con un segno di 60mm sulla lunghezza. Sono previste due sonde con diametri di 8mm e 25mm. In generale possono essere considerate accessibili tutte quelle parti raggiungibili dal dito di una mano.

#### **Prove statiche**

Prove che consistono nell'applicare al tavolo alcuni carichi elevati, in modo da stabilire se, quando viene sottoposto ai massimi livelli di carico che possano ragionevolmente verificarsi, il tavolo ha una resistenza sufficiente.

#### **Prove d'urto**

Prove che servono a valutare la resistenza del tavolo agli urti improvvisi che si verificano occasionalmente.

#### **Prove di fatica**

Prove che simulano l'applicazione ripetuta di carichi o il movimento di componenti che si verificano nel corso del normale uso a lungo termine.

#### **Punti di cesoiamento e schiacciamento**

Esistono punti di cesoiamento e schiacciamento se la distanza tra due parti accessibili, vicine l'una all'altra, possa risultare minore di 25mm e maggiore di 8mm sotto il peso del corpo. (Per chiarire questa definizione: si ritiene che per due parti accessibili, già in partenza ad una distanza inferiore ad 8mm, vi siano poche probabilità che dita o altre parti del corpo umano possano infilarvicisi e rimanerne schiacciate. Diverso è il caso in cui le stesse parti abbiano in partenza una distanza superiore ad 8mm e, per effetto del movimento del meccanismo della struttura e del peso della persona, possano avvicinarsi fino ad arrivare a completa chiusura determinando pericolo per l'utilizzatore).



### **Struttura**

Le parti del mobile che sostengono il carico quali telaio, piano e gambe.

### **Stabilità**

Capacità del mobile di resistere alle forze che tendono a rovesciarlo.

### **Superficie accessoria**

Superficie aggiunta alla superficie principale, destinata ad un utilizzo occasionale come parte del piano del tavolo, per esempio ribalte o prolunghe.

### **Tavolo occasionale**

Tavolo la cui progettazione è tale per cui vi si possono poggiare esclusivamente carichi leggeri, per esempio telefoni, vasi da fiori, giornali, ecc., e su cui non è previsto che le persone si siedano.

### **Tavolo basso**

Tavolo con altezza inferiore a 60cm (compresi i tavoli da pranzo e i tavoli da lavoro) e dove è un prevedibile uso scorretto che le persone possano occasionalmente sedersi sul piano.

### **Tavolo di altezza normale**

Tavolo con altezza uguale o superiore a 60cm (compresi i tavoli da pranzo e i tavoli da lavoro) e dove è un prevedibile uso scorretto che le persone possano occasionalmente sedersi sul piano.

### **Tavolo a mensola**

Tavolo la cui struttura verticale è vicina a un lato (per esempio una struttura a "C").

## **Descrizione dei metodi di prova principali per i tavoli**

Si vuole tentare di riassumere le principali prove che possono essere effettuate sui tavoli per comprovare la loro sicurezza. Data la varietà delle prove si riportano solo quelle descritte dalle norme UNI EN 1730, per tavoli ad uso domestico e non domestico.

### **Generalità sulle condizioni e sulle procedure di prova**

#### ***Invecchiamento del mobile***

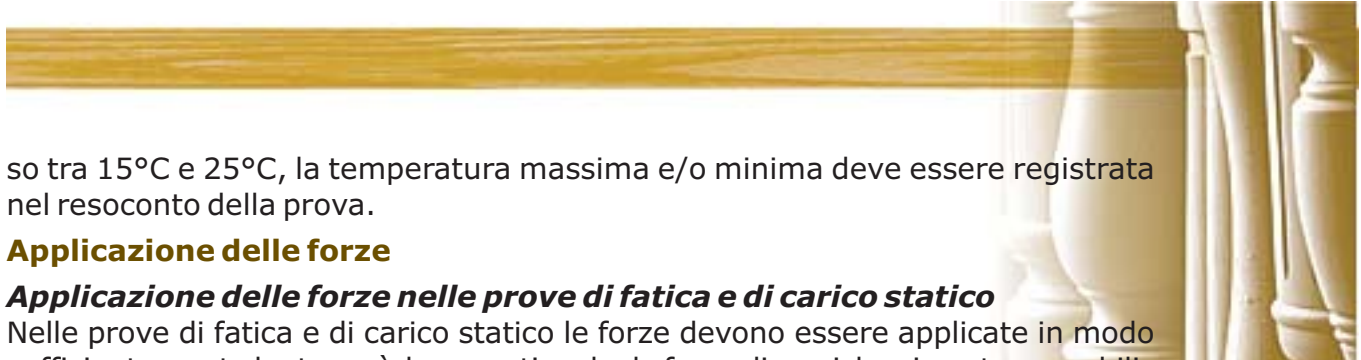
Prima di iniziare qualsiasi prova, il mobile deve aver raggiunto uno stato di invecchiamento tale da assicurare che abbia sviluppato la sua piena resistenza. Nei mobili contenenti parti in vetro, devono essere trascorse almeno quattro settimane in condizioni normali al chiuso fra la fabbricazione (o il montaggio) e la prova in caso di giunti incollati in legname e simili (rif. UNI EN 14072). Se non altrimenti specificato, il tavolo di prova deve rimanere in ambiente chiuso per almeno una settimana prima delle prove. Ogni deviazione dal presente procedimento deve essere registrata nel resoconto della prova.

#### ***Prova nelle condizioni più sfavorevoli***

Il mobile deve essere sottoposto a prova nelle condizioni in cui è consegnato. I mobili smontati devono essere assemblati secondo le istruzioni che accompagnano il prodotto. Se il mobile può essere assemblato o combinato in vari modi, si deve utilizzare la combinazione più sfavorevole per ogni prova. Ciò è applicabile anche ai mobili che possono essere combinati con altri mobili o componenti.

#### ***Prove alla temperatura ambiente tra 15°C e 25°C***

Le prove devono essere eseguite in condizioni di ambiente al chiuso, ma se durante una prova la temperatura dell'ambiente non rientra nell'intervallo compre-



so tra 15°C e 25°C, la temperatura massima e/o minima deve essere registrata nel resoconto della prova.

### **Applicazione delle forze**

#### ***Applicazione delle forze nelle prove di fatica e di carico statico***

Nelle prove di fatica e di carico statico le forze devono essere applicate in modo sufficientemente lento così da garantire che le forze dinamiche siano trascurabili. Nelle prove di fatica le forze devono essere applicate in modo sufficientemente lento per evitare un eventuale riscaldamento dell'oggetto in prova che potrebbe alterarne le capacità di resistenza.

#### ***Tempo di permanenza delle forze***

Se non diversamente specificato, i carichi statici devono essere mantenuti per (10s ± 2s) e i carichi della prova di fatica per (2s ± 1s). Per le prove di fatica quindi il carico deve essere mantenuto al livello massimo per almeno 1 secondo o, al massimo, 3 secondi.

### **Tolleranze**

Se non diversamente specificato per le tolleranze queste devono essere comprese nei seguenti limiti:

#### ***Tolleranze sulle Forze***

Le forze devono avere un'accuratezza di ±5% rispetto alla forza nominale, vale a dire che se la prova richiede che venga applicato un carico nominale di 100kg, il carico effettivo di prova non può essere inferiore a 95kg e non può essere superiore a 105kg.

#### ***Tolleranze sulle Masse***

Le masse devono avere un'accuratezza di ±0,5% rispetto alla massa nominale. Esempio: se per un dispositivo generico di prova è richiesto che questo abbia una massa di 10kg, questo dovrà avere un peso non inferiore a 9,95kg e non superiore a 10,05kg (infatti il 5% di 10kg si ottiene come  $10:100 \times 0.5 = 0,05$ ).

#### ***Tolleranze sulle Dimensioni***

Le dimensioni devono avere un'accuratezza di ±1mm rispetto alla dimensione nominale. (Si interpreta che tale tolleranza sia riferita alla posizione nominale dei carichi di prova e alle dimensioni nominali dei dispositivi di prova).

### **Generalità sulle attrezzature e procedure di prova**

#### ***Si può utilizzare qualsiasi dispositivo purché idoneo***

Se non diversamente specificato da norme particolari, le prove possono essere effettuate con qualsiasi dispositivo adatto in quanto i risultati dipendono solo dalla corretta applicazione dei carichi o non dall'apparecchiatura.

#### ***Sequenza di prova consigliata secondo normativa***

La norma italiana UNI 10976 (guida all'applicazione della norma UNI EN 1730), relativa ai mobili domestici e per collettività, raccomanda di seguire la seguente sequenza di prova:

- 1) prova di carico statico orizzontale (UNI EN 1730; 6.2)
- 2) prova di carico statico verticale (UNI EN 1730; 6.3)
- 3) prova di fatica orizzontale (UNI EN 1730; 6.4)
- 4) prova di fatica verticale (UNI EN 1730; 6.5)
- 5) prova d'urto verticale (UNI EN 1730; 6.6)
- 6) prova di stabilità (UNI EN 1730; 6.7)
- 7) prova di caduta (UNI EN 1730; 6.8)

In altre parole lo stesso tavolo deve essere sottoposto alle diverse prove secon-

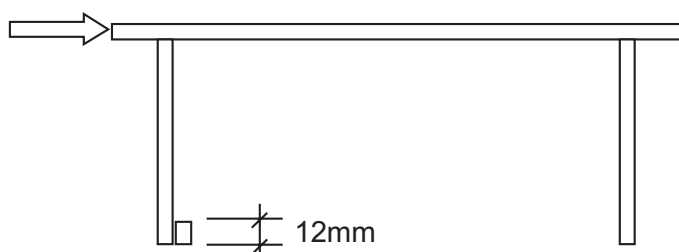
do la sequenza riportata. Qualora, prima delle prove, è manifesto che un tavolo possa non soddisfare i requisiti di stabilità, la prova di stabilità può essere eseguita per prima. A seguito di eventuale esito positivo si procederà con le altre prove.

### **Preparazione del pavimento**

Il pavimento deve essere orizzontale, piano e rigido con una superficie liscia. Per le prove di caduta il pavimento di calcestruzzo deve essere ricoperto da un tappeto di gomma dura di 2mm di spessore (il tappetino di gomma dovrebbe essere conforme alla norma ISO 48 che tralasciamo in questo contesto).

### **Fermi per le gambe dei tavoli**

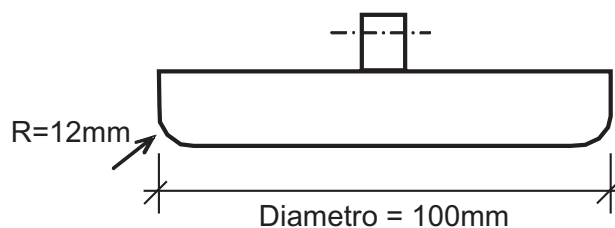
I fermi sono destinati ad impedire al tavolo di scivolare ma non di rovesciarsi. I fermi non devono avere un'altezza maggiore di 12mm, tranne quando la struttura del tavolo comporta l'uso di fermi più alti. In questo caso deve essere scelto il fermo di altezza appena sufficiente a impedire che il tavolo scivoli.



**Figura 1: dimensione dei fermi per le gambe del tavolo**

### **Tampone di carico da utilizzarsi nelle prove di durata**

Il tampone di carico è costituito da un oggetto cilindrico rigido con diametro di 100mm avente una superficie di contatto piana e un bordo arrotondato con raggio di 12mm.



**Figura 2: geometria del tampone di carico per le prove di durata**

### **Carico nei cassetti**

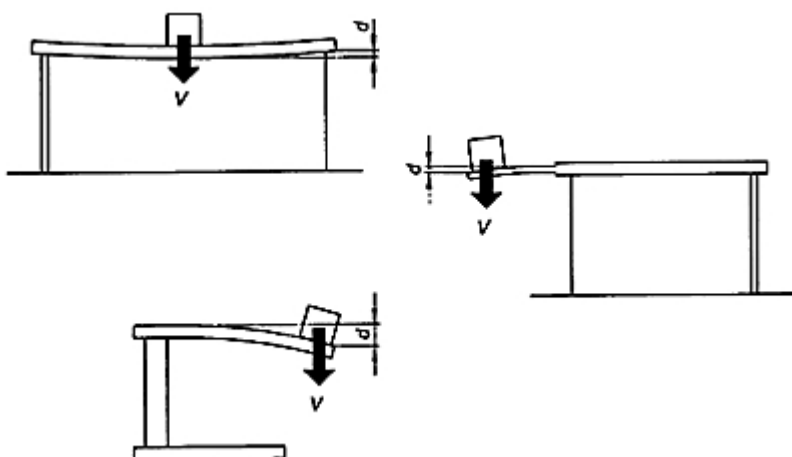
Quando non altrimenti specificato le prove sui tavoli devono essere eseguite con i cassetti carichi con un peso proporzionale al volume dei cassetti.

Il volume dei cassetti deve essere considerato come l'area del fondo del cassetto moltiplicata per l'altezza libera. L'altezza libera è la distanza tra la superficie del fondo del cassetto e il bordo inferiore della parte frontale del cassetto superiore o la struttura del mobile.

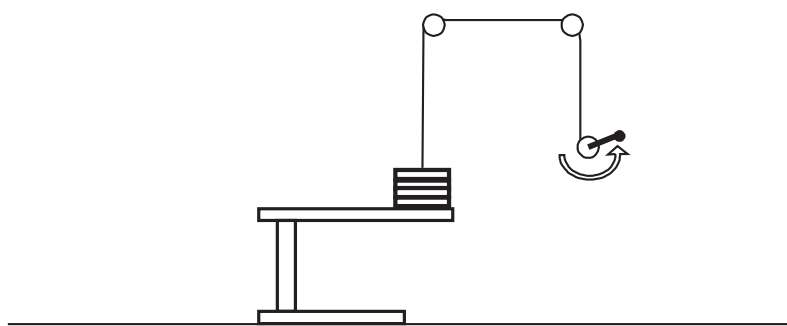
I cassetti con una altezza libera minore o uguale a 110mm devono essere carichi con  $0,35\text{kg/dm}^3$ , tutti gli altri cassetti devono essere carichi con  $0,20\text{kg/dm}^3$ .

### **Generalità sulla prova verticale statica**

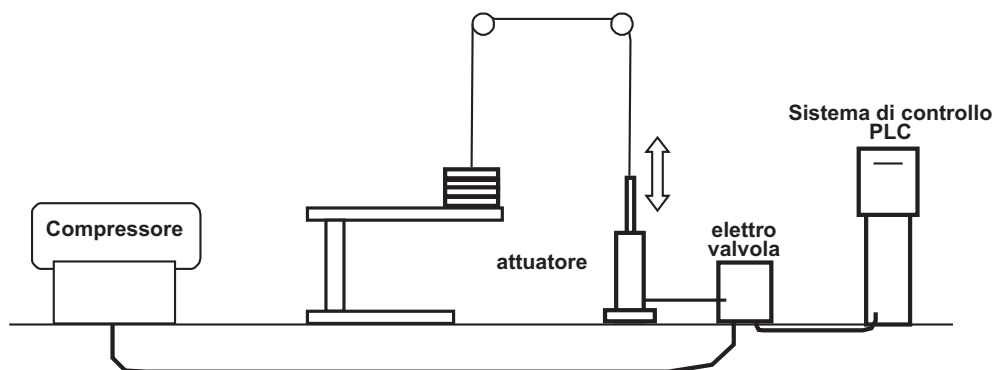
Il dispositivo che applica la forza verticale non deve impedire il libero movimento del campione di prova, ad esempio non deve essere impedita la flessione del pianale del tavolo (vedi Figura 3)



**Figura 3: modalità di applicazione del carico verticale**



**Figura 4: esempio di applicazione del carico verticale per prove statiche a basso numero di cicli**



**Figura 5: esempio di applicazione del carico verticale per prove di durata ad alto numero di cicli**

### **Generalità sulla prova verticale di durata**

La prova verticale di durata è anche chiamata prova di fatica verticale e consiste nell'applicare la forza verticale (indicata nella norma contenente i requisiti) scegliendo la posizione più sfavorevole, a 100mm dal bordo del piano.

La forza verticale deve essere applicata mediante un apposito tampone di carico costituito da un oggetto cilindrico rigido con diametro di 100mm avente una superficie di contatto piana e un bordo arrotondato con raggio di 12mm.

Se il tavolo tende a ribaltarsi, bisogna caricare il piano principale del tavolo a sufficienza perché non si ribalti. La forza deve essere applicata per il numero di cicli indicato nel documento dei requisiti.

### **Generalità sulla prova di carico statico orizzontale**

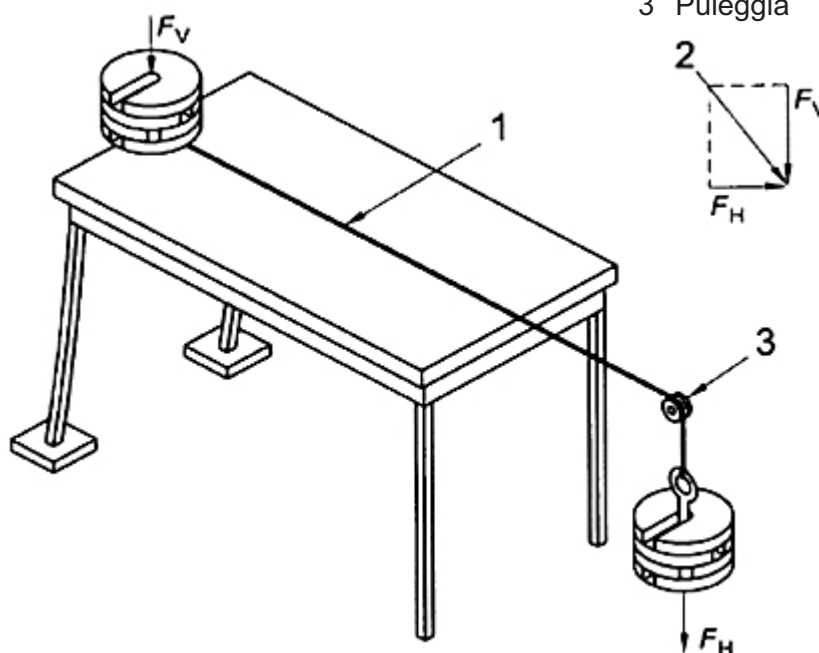
Tale prova viene eseguita con un dispositivo in grado di applicare al tavolo, all'altezza del piano, una forza orizzontale in graduale aumento. Il dispositivo deve essere in grado di applicare la forza con l'angolo di inclinazione richiesto rispetto al piano orizzontale e non deve impedire il libero movimento del campione di prova.

Il principio della prova di carico orizzontale è che se il tavolo non tende a ribaltarsi, il carico specificato deve essere applicato orizzontalmente all'altezza del piano del tavolo. Se il tavolo si ribalta, il carico deve essere applicato verso il basso fino a raggiungere il punto in cui si impedisce al tavolo di ribaltarsi. Anche qui, il dispositivo che applica la forza non deve impedire il libero movimento del campione di prova. Un metodo semplice per raggiungere questo scopo consiste nel suddividere la forza di prova in una componente orizzontale ed una verticale.

Osservando la Figura 6, il procedimento da seguire è il seguente: attaccare con un piccolo gancio una corda al bordo del tavolo sul punto di carico e far passare la corda sopra il piano del tavolo e attraverso una puleggia posizionata in modo che questa parte della corda sia orizzontale. Il resto della corda deve pendere verticalmente e sostenere un piatto caricabile con pesi. Ora vediamo l'entità dei pesi da applicare. Posizionare una pila di masse con un peso totale equivalente alla forza orizzontale (forza specificata nel documento dei requisiti a seconda della severità della prova) in modo che il centro di gravità della pila sia proprio sopra il bordo del tavolo. Le masse devono essere progressivamente tolte dal bordo del tavolo e posizionate nel piatto caricabile fino a quando non si vede che il tavolo è sul punto di ribaltarsi. In questo momento la massa rimanente nella pila sul bordo del piano del tavolo è la componente verticale della forza di prova e la massa nel piatto caricabile è la componente orizzontale della forza di prova. L'inclinazione del carico è così raggiunta come somma del carico verticale sul piano e del carico orizzontale ottenuto per mezzo della carrucola di rinvio.

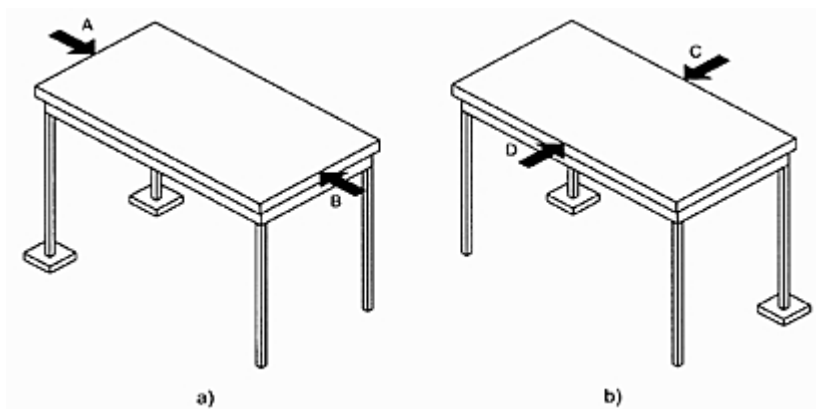
#### **Inclinazione del carico statico orizzontale**

**Legenda:** 1 Corda  
2 Carico inclinato risultante  
3 Puleggia



**Figura 6: modalità di applicazione del carico orizzontale**

La prova deve essere ripetuta nelle direzioni A, B, C, D come evidenziato in Figura 7. Si interpreta che, per tavoli in cui non sia evidente una simmetria nella struttura, deve sempre essere individuata la direzione di applicazione del carico per cui il tavolo è maggiormente soggetto a rottura.

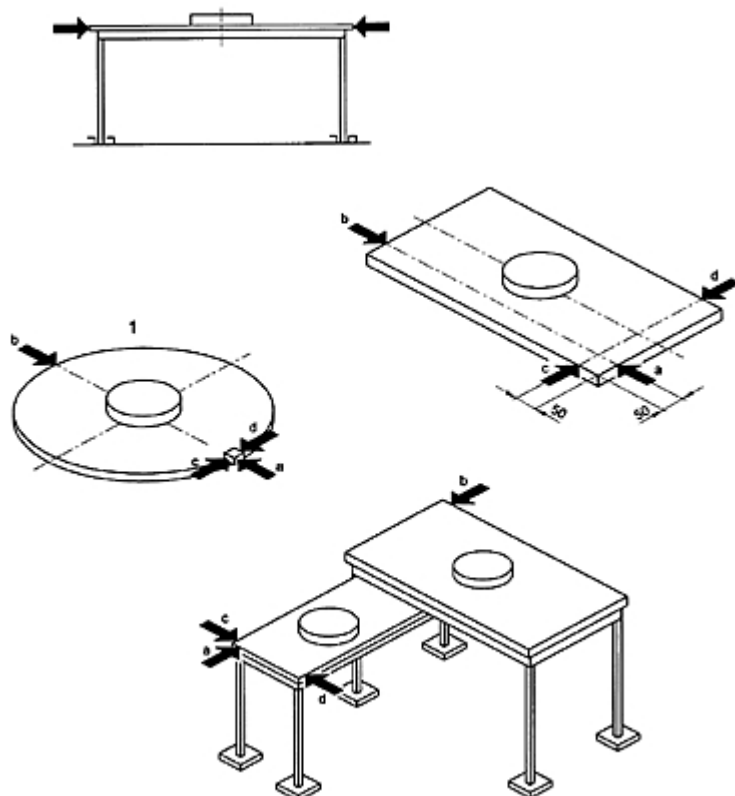


**Figura 7: direzioni di applicazione del carico orizzontale**

### **Generalità sulla prova di durata con carico orizzontale**

Per i dettagli della prova di fatica si rimanda al paragrafo 6.4 della UNI EN 1730. Concettualmente la prova serve per verificare la durata del tavolo quando soggetto a carichi ripetuti nel tempo secondo il numero di cicli indicato nel documento delle specifiche.

Deve essere impedito lo spostamento in ogni direzione di tutte le gambe del tavolo. Un peso di 50kg va posto al centro geometrico del piano del tavolo. La forza ciclica va applicata secondo le direzioni indicate nella figura seguente.



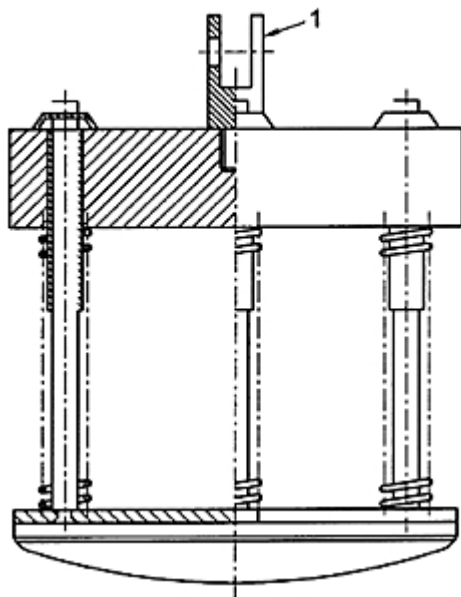
**Figura 8: modalità di esecuzione della prova di fatica orizzontale**

### Generalità sul dispositivo per prove d'urto verticali

Il dispositivo per le prove d'urto verticali è un corpo cilindrico con diametro approssimativo di 200mm, separato dalla superficie di battuta da molle a compressione e libero di muoversi rispetto ad essa su una linea perpendicolare al piano dell'area centrale della superficie di battuta. Il corpo e le parti ad esso collegate, meno le molle, devono avere una massa di 17kg e l'intero apparato, corpo molle e superficie di battuta compresi, devono avere una massa di 25kg.

Legenda

1 Giunto del dispositivo di sollevamento che non impedisce la libera caduta



Una vista d'insieme del dispositivo per le prove d'urto è riportata nella Figura 9. Per i dettagli costruttivi relativi a tale dispositivo si rimanda alla norma UNI EN 1730.

Una vista d'insieme del dispositivo per le prove d'urto è riportata nella Figura 9. Per i dettagli costruttivi relativi a tale dispositivo si rimanda alla norma UNI EN 1730.

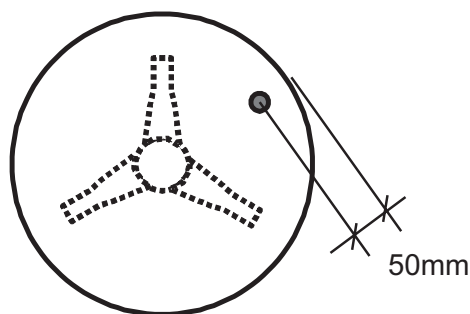
**Figura 9: dispositivo per prove d'urto verticali**

Si usano 2 strati di polistirolo espanso di 25mm da interporre tra il tampone di carico ed il campione di prova in modo da ammortizzare l'urto e ripartirlo omogeneamente sulla superficie d'impatto. Per i dettagli sulle caratteristiche di durezza che deve avere il materiale espanso si rimanda al paragrafo 5.7 della norma UNI EN 1730 e alla ISO 2439.

### Prova di stabilità con carico verticale

Se il tavolo è munito di cassetti, essi non devono essere caricati durante questa prova.

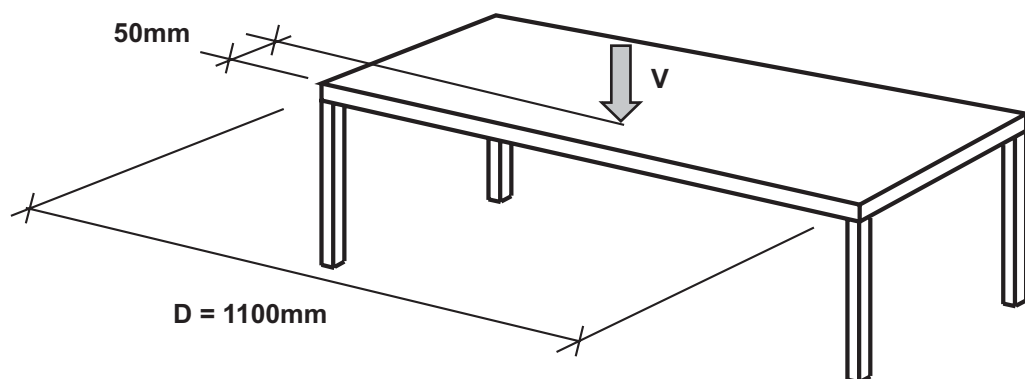
Guardando in pianta un tavolo, il pericolo di rovesciamento da carichi verticali (es: carico di libri appoggiati, una persona che si appoggia al tavolo) diviene importante quando i punti di appoggio del tavolo sono interni al piano di appoggio.



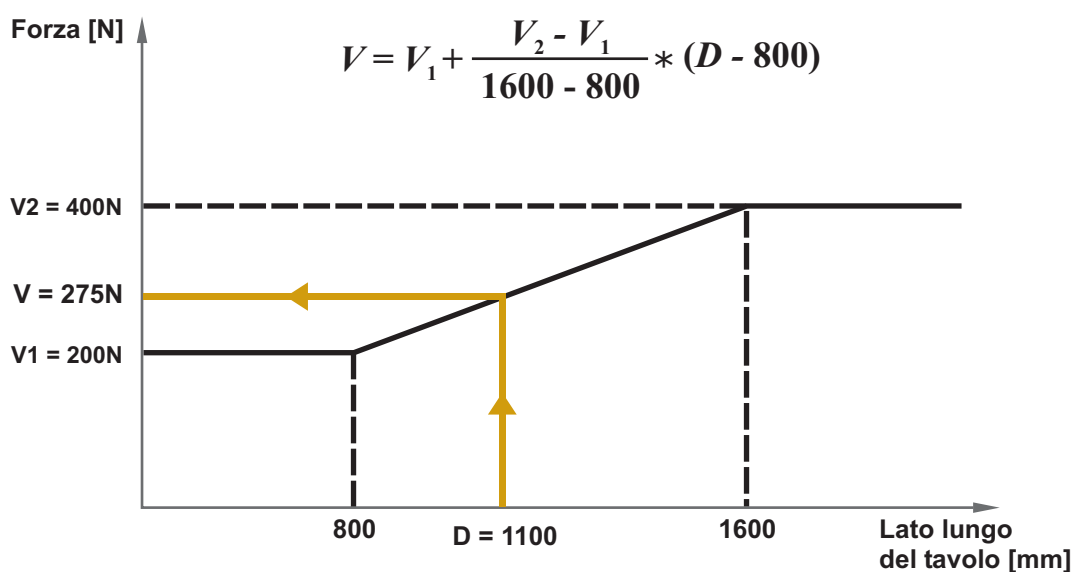
La normativa UNI EN 1730 è poco chiara rispetto alla modalità di applicazione del carico soprattutto per tavoli di forma tonda o ellittica. In questa sede si interpreta che il carico verticale, al massimo di 40kg per il piano principale e 20kg per gli eventuali piani ausiliari, debba essere applicato a 50mm dal bordo dal lato in cui è più probabile che avvenga il rovesciamento. Sotto questi carichi il tavolo non deve rovesciarsi.

**Figura 10: esempio di punto di applicazione della forza verticale per un tavolino con 3 gambe**

Per fare un esempio, quando il tavolo è di forma rettangolare (Figura 11) dove il lato più lungo ha una lunghezza pari a 1100mm, il carico verticale V da applicare si può ricavare come indicato in Figura 12, dove i valori di V1 e V2 sono presi dal prospetto n°1 della norma UNI 10976 e qui riportati nella Tabella 3 per tavoli ad uso domestico, in Tabella 5 per tavoli ad uso non domestico.



**Figura 11: esempio di punto di applicazione della forza verticale per un tavolo rettangolare**



**Figura 12: grafico per il calcolo della forza verticale nella prova di stabilità**

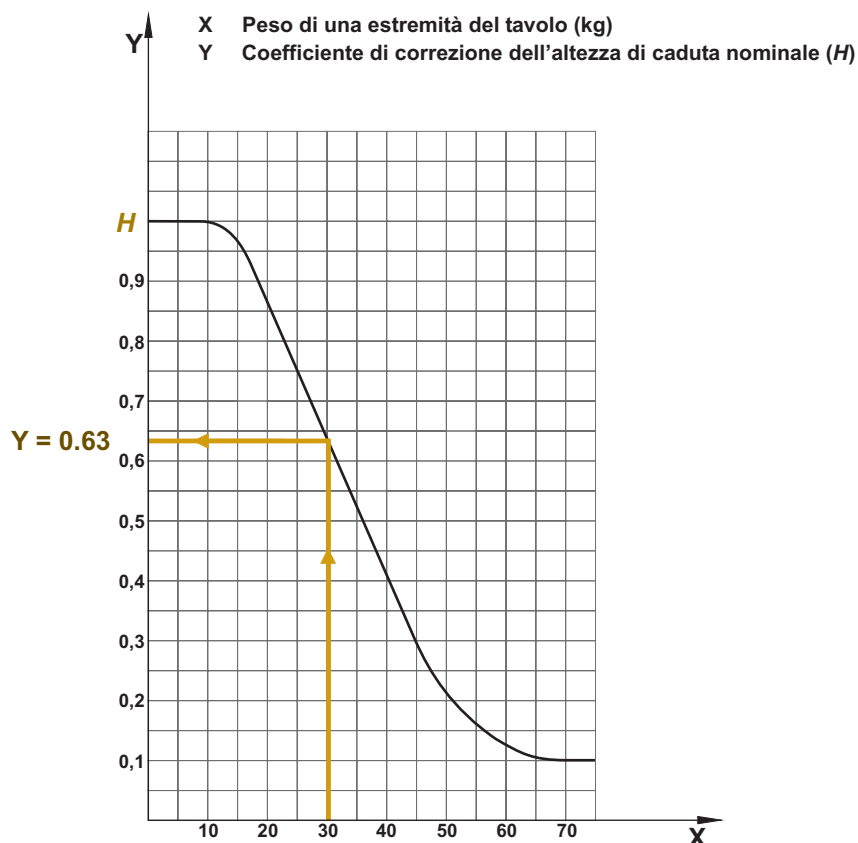
In modo equivalente il valore della forza verticale V può essere calcolato secondo le note seguenti:

NOTA 1) Per tavoli con dimensione maggiore (D) del piano principale compresa tra 800 e 1600mm, la forza verticale (V) da applicare è data dalla seguente formula  $V=0.25D$

NOTA 2) Per tavoli con piano ausiliario e aventi dimensione maggiore totale (D) compresa tra 800 e 1600mm, la forza verticale (V) da applicare è data dalla seguente formula  $V=0.125D$

### Generalità sulla prova di caduta

Misurare la forza in chili necessaria per sollevare un'estremità del tavolo mentre l'altra è appoggiata a terra. Con un dinamometro, oppure con una bilancia posta sotto entrambe le gambe di un estremo del tavolo supponiamo di aver misurato 30kg, con questo valore entriamo nel grafico della figura seguente e ricaviamo il coefficiente  $Y = 0,63$  di correzione dell'altezza di caduta nominale  $H$ .

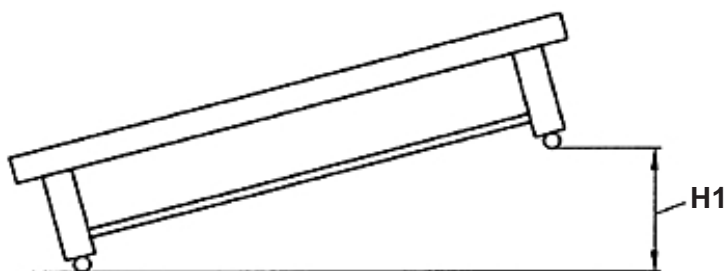


**Figura 13: grafico per ricavare il coefficiente di correzione dell'altezza di caduta nominale**

Si va sul documento dei requisiti, ad esempio la norma UNI 10976 se stiamo provando un tavolo ad uso domestico, e si vede che per il livello 5 di carico l'altezza di caduta nominale  $H$  è pari a 300mm (si vedrà in seguito la descrizione dei livelli di carico). Si calcola l'altezza effettiva di caduta alla quale deve essere sottoposto il tavolo in prova moltiplicando  $Y$  per  $H$ . Otteniamo:

$$H1 = Y \times H = 0,63 \times 300\text{mm} = 189\text{mm}$$

La prova va ripetuta per 5 volte.



**Figura 14: modalità di sollevamento dell'estremità del tavolo fino all'altezza effettiva di caduta**

## Requisiti di sicurezza

### **Requisiti generali**

I requisiti di sicurezza sono soddisfatti durante e dopo i test quando:

1. non ci sono rotture in alcuna parte, giunzione o componente;
2. non ci sono allentamenti o diminuzioni di rigidità delle giunzioni;
3. il tavolo assolve alle proprie funzioni dopo la rimozione dei carichi;
4. il tavolo assolve ai requisiti di stabilità.

### **Requisiti per bordi e angoli**

I componenti o le parti del tavolo con cui l'utilizzatore può entrare in contatto durante l'uso normale non devono avere sbavature, bordi taglienti o punti taglienti e non è ammessa la presenza di tubi le cui estremità siano aperte.

### **Requisiti per i punti di cesoiamento e schiacciamento**

I punti di cesoiamento e schiacciamento devono essere per quanto possibile evitati. Nel caso in cui ciò non sia possibile i punti di cesoiamento sono ammessi solo in fase di apertura e chiusura perché si suppone che l'utilizzatore stia ponendo attenzione all'azione di apertura o chiusura del tavolo e sia in grado di interrompere tale azione nel momento in cui dovesse esperire dolore. Non è ammessa la presenza di punti di cesoiamento e schiacciamento

- quando creati da parti del tavolo che entrano in funzione tramite un meccanismo di azionamento, comprese le molle;
- se può determinarsi un movimento accidentale delle parti del tavolo tale per cui il peso dell'utilizzatore crei un pericolo, a seguito di normali movimenti e azioni, per esempio il tentativo di spostare il tavolo sollevandolo oppure regolando.

### **Requisito di stabilità**

Il tavolo non deve ribaltarsi quando viene sottoposto a prova di stabilità secondo le modalità specificate.

### **Requisiti per le prove strutturali di resistenza statica e di durata**

Dopo aver effettuato le prove di resistenza statica e di durata non si devono evidenziare danni o mutamenti funzionali che possano pregiudicare la sicurezza del tavolo.

### **Carichi e cicli per tavoli ad uso domestico**

I livelli di carico ed il numero di cicli che i tavoli ad uso domestico devono sopportare sono riportati dalla norma UNI 10976.

Per i tavoli ad uso domestico sono previsti 5 livelli di severità dei test. Il livello 5 è il più gravoso. La scelta dei carichi e cicli per ogni singola prova va fatta in base alla destinazione d'uso del tavolo.

Si consiglia, se il costruttore ritiene di aver costruito un tavolo "robusto", di eseguire le prove al livello di severità maggiore, così facendo la tipologia di tavolo testata sarà assicurata per ogni destinazione d'uso.

**Tabella 3: prove per il mobile tavolo ad uso domestico**

Prova (UNI EN 1730)	Carichi e cicli	1	2	3	4	5
Carico statico orizzontale (par. 6.2) per tavoli altezza normale	A-B forza in [N] , 10 cicli C-D forza in [N] , 10 cicli	400 200	500 250	600 300	700 350	900 450
Carico statico orizzontale (par. 6.2) per tavoli altezza bassa	A-B forza in [N] , 10 cicli C-D forza in [N] , 10 cicli	300 150	300 200	400 200	500 250	600 300
Carico statico verticale (6.3) Piano principale	forza in [N] , 10 cicli	1000	1250	1400	1600	1800
Carico statico verticale (6.3) Piano ausiliario	forza in [N] , 10 cicli	200	250	300	350	400
Fatica orizzontale (6.4)	cicli di forza a 300 [N]	10000	15000	20000	25000	30000
Fatica verticale (6.5)	cicli di forza a 300 [N]	10000	15000	20000	25000	30000
Urto verticale (6.6)	Altezza di caduta in [mm] 10 cicli	-	50	100	200	300
Stabilità (6.7) Piano principale	V1 [N] V2 [N]	V1=200 V2=400	V1=200 V2=400	V1=200 V2=400	V1=200 V2=400	V1=200 V2=400
Stabilità (6.7) Piano ausiliario	V1 [N] V2 [N]	V1=100 V2=200	V1=100 V2=200	V1=100 V2=200	V1=100 V2=200	V1=100 V2=200
Caduta (6.8)	Altezza di caduta nominale H in [mm], 5 cicli	-	100	150	200	300

NOTA 1) Per tavoli con dimensione maggiore (D) del piano principale compresa tra 800 e 1600mm, la forza verticale (V) da applicare è data dalla seguente formula  $V=0.25D$

NOTA 2) Per tavoli con piano ausiliario e aventi dimensione maggiore totale (D) compresa tra 800 e 1600mm, la forza verticale (V) da applicare è data dalla seguente formula  $V=0.125D$

NOTA 3) Si ricorda che  $10 [N] \approx 1 [kg]$

### Carichi e cicli per tavoli ad uso non domestico

La norma di riferimento per tavoli ad uso non domestico è la norma europea in lingua inglese UNI EN 15372 che contempla 3 livelli di severità dei test a seconda delle destinazioni d'uso descritte in tabella 4.

**Tabella 4: severità del test in relazione alla destinazione d'uso per tavoli di uso non domestico**

Severità del test	Tipo di utilizzo	Destinazione d'uso
1	leggero	Camere d'albergo, chiese, librerie
2	generale	Alberghi in generale, caffè, ristoranti, sale pubbliche, banche, bar, sale di riunione
3	severo	Night-club, stazioni di polizia, terminal di trasporti, aree pubbliche negli ospedali, casinò, case per gli anziani, spogliatoi di impianti sportivi, prigioni, caserme

**Tabella 5: prove per il mobile tavolo ad uso non domestico**

Prova	Norma di riferimento	Carichi e cicli	Livelli		
			1	2	3
Stabilità sotto carico verticale	UNI EN 1730 (6.7)	Forze in [N]			
		Piano principale V1	200	200	200
		V2	400	400	400
		Piano ausiliario V1	100	100	100
		V2	200	200	200
Stabilità per tavoli con elementi estensibili	UNI EN 15372 (5.3.2)	Forza in [N]	200	200	200
Carico statico orizzontale	UNI EN 1730 (6.2)	Forza in [N]			
		Alto (> 600mm)	400	400	600
		Basso (<= 600mm)	200	200	300
		10 cicli			
Carico statico verticale	UNI EN 1730 (6.3)	Forza in [N]			
		a) piano principale	1000	1250	1250
		b) piano ausiliario	200	300	300
		10 cicli			
Fatica orizzontale	UNI EN 1730 (6.4)	Numero di cicli Forza di prova 300 [N]	10000	15000	20000
Fatica verticale per tavoli a sbalzo o su piedistallo	UNI EN 1730 (6.5)	Numero di cicli Forza di prova 300 [N]	10000	15000	20000
Impatto verticale per tavoli senza vetro nella loro costruzione	UNI EN 1730 (6.6)	Altezza di caduta in [mm] 10 cicli	180	180	240
Impatto verticale per tavoli con vetro nella loro costruzione	UNI EN 1730 (6.6)	Altezza di caduta in [mm] 10 cicli			
		Vetri di sicurezza temprati	180	180	240
		Altri vetri	240	240	300
Prova di caduta per tavoli che pesano più di 20 [kg]	UNI EN 15372 Allegato A	Altezza di caduta nominale in [mm] per tavoli senza vetro	100	100	100
		Altezza di caduta nominale in [mm] per tavoli con vetro	50	50	50

NOTA 1) I vetri sono considerati essere in sicurezza se soddisfano i requisiti contenuti nella norma EN 12150

### **Modalità di redazione del rapporto di prova**


Il rapporto tecnico del test di prova della sedia dovrà contenere almeno le seguenti informazioni:

- Riferimento alla norma che regola il test;
- Parti del tavolo sottoposte a prova;
- Dettagli dei difetti rilevati prima dei test;
- La temperatura alla quale sono stati effettuati i test;
- Risultati dei test;
- Dettagli su qualsiasi tipo di modifica della prova si sia resa necessaria rispetto alle prescrizioni dalla norma;
- Nome ed indirizzo del laboratorio prova che ha effettuato i test con l'indicazione del tipo di macchina di prova;
- Data dei test.

### **Informazioni sul modo di utilizzo**

Informazioni sul corretto modo di utilizzo dovranno essere predisposte nella lingua del paese in cui il prodotto sarà commercializzato. Le indicazioni dovranno contenere almeno i seguenti dettagli:

- Informazioni riguardanti la destinazione d'uso;
- Le informazioni di assemblaggio, quando necessarie;
- Istruzioni per la cura e manutenzione del tavolo;

- 
- d) Il tavolo è dotato di rotelle: informazioni sulla scelta delle rotelle in relazione alla superficie del pavimento;
  - e) Se il tavolo è dotato di regolazione dell'altezza tramite accumulatori di energia, vale a dire tramite molle, stantuffi a gas o idraulici: sulle istruzioni è richiesta una nota aggiuntiva che specifichi che solo il personale qualificato può sostituire o riparare i componenti del sistema di regolazione dell'altezza.



3

## Parte terza

# Parte terza

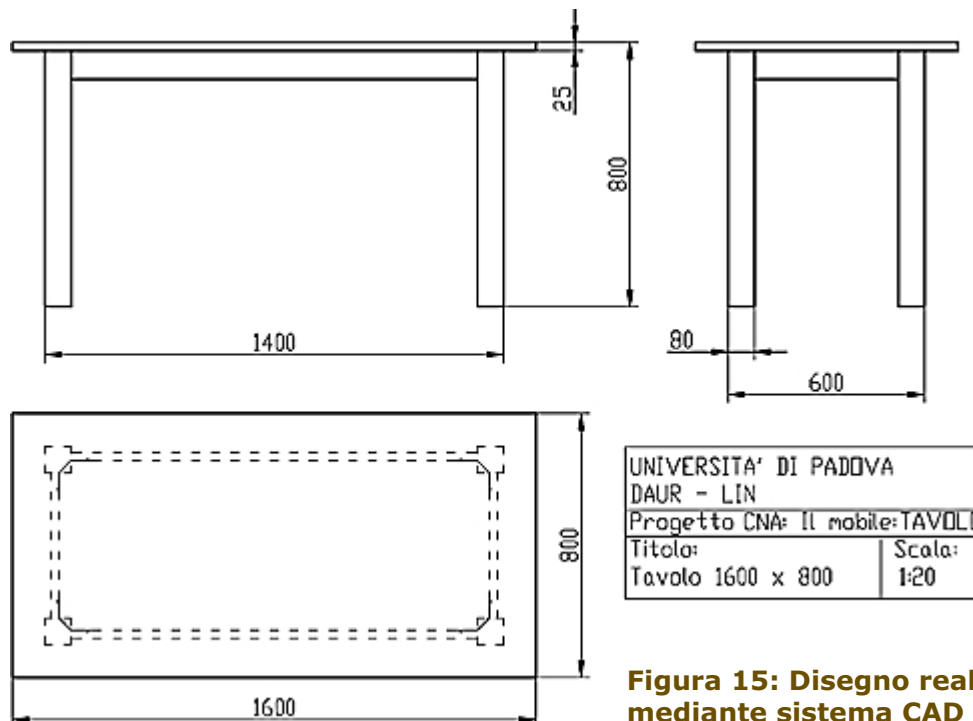
## Progettazione assistita dal calcolatore

### I sistemi CAD di supporto alla progettazione

Le metodologie e gli strumenti di progettazione assistita dal calcolatore (CAD - Computer Aided Design) sono stati sviluppati originariamente in ambito industriale per supportare la progettazione e la fabbricazione di prodotti caratterizzati da forme complesse o con requisiti funzionali e di sicurezza particolarmente critici, come nel settore aerospaziale e automobilistico. Le potenzialità di tali strumenti, tuttavia, e la loro evoluzione in termini di semplificazione d'uso e di riduzione dei costi, ne hanno rapidamente favorito la diffusione in tutti i settori, rivoluzionando metodologie operative e qualità dei prodotti.

Una classificazione molto generale dei sistemi CAD attualmente disponibili distingue tra:

- **CAD bidimensionali (2D)**, come ad esempio AutoCAD di Autodesk. Tali sistemi permettono di realizzare disegni tecnici accurati, facilitano la gestione degli archivi disegni, permettono di ottenere automaticamente la distinta base dei componenti normalizzati inseriti nei disegni, ecc.



**Figura 15: Disegno realizzato mediante sistema CAD 2D**

La principale limitazione consiste nel fatto che, analogamente a quanto avviene nel caso dei disegni tecnici tradizionali, l'interpretazione tridimensionale dell'oggetto rappresentato è totalmente demandata all'operatore. Il sistema CAD, non essendo in grado di riconoscere lo spazio occupato dall'oggetto, non è in grado di calcolare le proprietà di massa (volume, baricentro, assi principali di inerzia, ecc.), né soprattutto è in grado di supportare un ambiente di simulazione in-

tegrato per la "prototipazione virtuale", ovvero per lo studio della funzionalità dell'oggetto (ad es. stabilità, deformazioni sotto carico, stato di sollecitazione, ecc.) come descritto nella parte 4°, partendo direttamente dal modello CAD.

- **CAD tridimensionali (3D) per la modellazione di superfici.** All'interno di questo gruppo si trovano sia sistemi per la modellazione esplicita di superfici complesse, come ad es. Rhinoceros di McNeel, che sistemi per la ricostruzione di modelli geometrici di oggetti fisici da nuvole di punti acquisite mediante scanner 3D, come ad es. Rapidform di Inus Technology oppure Leios di EGS. Premesso che è difficile separare nettamente queste due tipologie di sistemi, dato che spesso presentano funzioni simili e possono gestire entrambe sia superfici descritte mediante forme matematiche complesse (es. B-Spline o NURBS) sia superfici composte da un numero elevato di piccole facce piane (mesh poliedriche), è tuttavia possibile individuare applicazioni specifiche. In particolare, la modellazione esplicita per superfici è ampiamente utilizzata per la modellazione di stile in applicazioni di Design Industriale e per la programmazione delle lavorazioni meccaniche di forme complesse su macchine utensili. Le mesh poliedriche sono invece ampiamente utilizzate nel processo di ricostruzione di modelli geometrici da oggetti fisici, processo comunemente denominato "Reverse Engineering", che utilizza sistemi di acquisizione (ad es. scanner 3D laser o a proiezione di frange). Una mesh poliedrica può essere costituita da decine di migliaia o addirittura milioni di punti e può riprodurre con estrema accuratezza la superficie dell'oggetto reale.




**Figura 16: Modelli 3D per superfici - acquisizione di un particolare di fregio mediante scanner 3D: a) scanner 3D Konica Minolta VIVID 910; b) mesh poliedrica del fregio**

Indipendentemente dal percorso seguito, il risultato è la descrizione accurata di alcune superfici, o anche tutte, di un oggetto. I modelli geometrici sono poi utilizzati per realizzare rappresentazioni fotorealistiche (rendering) o come punto di partenza per l'integrazione con sistemi di produzione assistita dal calcolatore (CAM Computer Aided Manufacturing).



**Figura 17: Modelli 3D per superfici: rendering fotorealistico di modello CAD 3D (tratto dal sito gallery.rhino3d.com, realizzato con Rhinoceros da Marek Cich)**

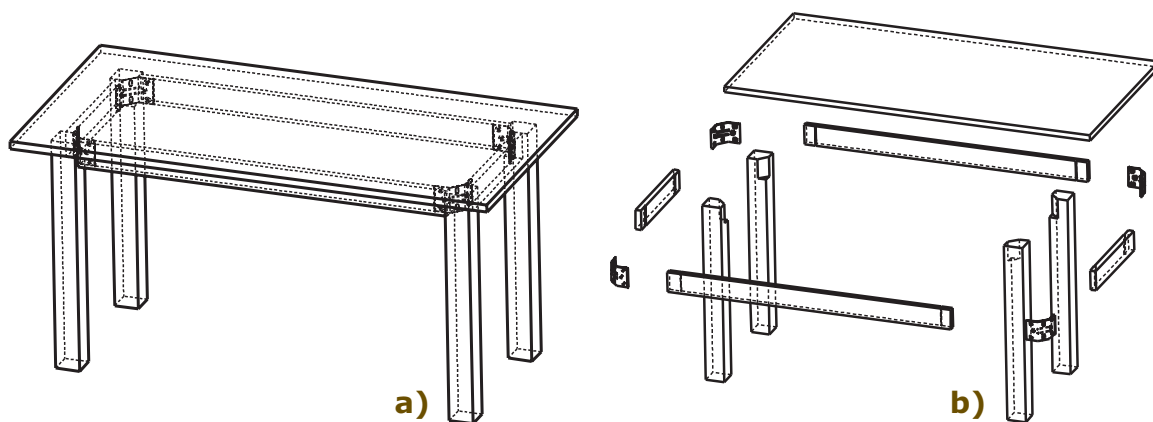


Il limite di questi sistemi consiste nel fatto che ogni operazione di modellazione è sostanzialmente irreversibile: se si desidera modificare un modello complesso cambiando qualche assunzione iniziale, molto spesso risulta più semplice e veloce iniziare tutto da capo, un po' come se il modello geometrico fosse realmente di "legno".

- **CAD 3D per la modellazione solida**, come ad es. Pro/ENGINEER di PTC, CATIA e SolidWorks di Dassault Systèmes. Tali sistemi permettono di realizzare modelli geometrici accurati dell'intero oggetto, inteso come solido identificato dal volume racchiuso da una superficie esterna chiusa. I modelli così generati possono essere utilizzati per calcolare le proprietà di massa, ma le potenzialità più interessanti ed utili, che di fatto possono giustificare l'adozione di questo tipo di sistemi CAD sono le seguenti:
  - o i moderni strumenti CAD 3D sono intrinsecamente "parametrici" e possono essere utilizzati per implementare procedure di progettazione automatica;
  - o costituiscono il punto di partenza del processo integrato di "prototipazione virtuale" (Virtual Prototyping e Digital Mock-Up), ovvero permettono ad esempio di simulare preliminarmente le prove di qualificazione del prodotto sul modello CAD senza la necessità di fabbricare un prototipo fisico e di ottenere un progetto "ottimale" con minimo dispendio di risorse;
  - o costituiscono anche il punto di partenza per la simulazione dei processi tecnologici di fabbricazione e di controllo qualità e l'integrazione CAD-CAM con macchine a controllo numerico, di prototipazione rapida (RP Rapid Prototyping) e macchine di misura a coordinate (CMM).

Rimandando l'approfondimento di questi punti ai successivi paragrafi, si vuole ora esemplificare le possibili applicazioni di base degli strumenti CAD 3D di modellazione solida nel settore della progettazione di mobili in legno.

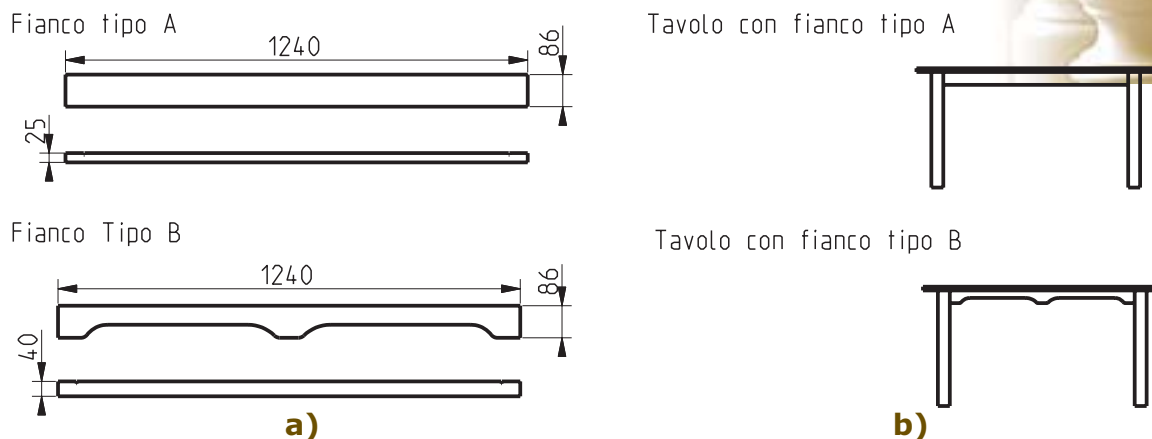
Si è realizzato il modello di un semplice tavolo utilizzando il software Pro/ENGINEER Wildfire 3.0 di PTC. Si è proceduto alla modellazione delle singole parti (piano, gamba, fianco frontale, fianco laterale, piastra di fissaggio), successivamente utilizzate per costruire l'assieme. L'assieme semplicemente collega le varie parti, mantenendone comunque l'identità, come avviene nel reale processo di assemblaggio del mobile. Nella figura seguente è rappresentato il modello del tavolo e la sua scomposizione in parti.



**Figura 18: Modello solido di tavolo: a) modello dell'assieme; b) vista esplosa dell'assieme**

Le varie tipologie delle parti che costituiscono l'assieme possono essere modellate di volta in volta, oppure disegnate e memorizzate in librerie, possibilmente utilizzando le funzionalità parametriche illustrate nel seguito. Da queste librerie

possono essere estratte ed adattate allo specifico assieme, con evidenti vantaggi in termini di tempo e di standardizzazione delle soluzioni adottate. Nella figura seguente è esemplificata la sostituzione dei fianchi del tavolo.



**Figura 19: Esempio di gestione delle diverse parti di un tavolo mediante libreria: a) esempi di differenti tipologie di fianchi; b) modelli ottenuti sostituendo il fianco**

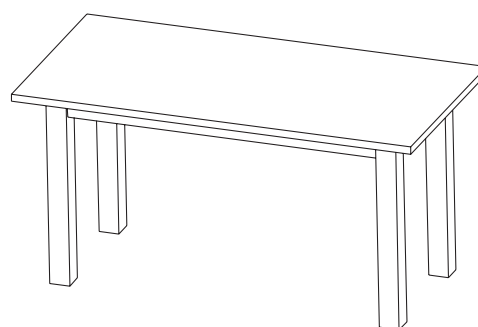
## Modellazione CAD parametrica

I moderni strumenti di modellazione solida, durante la costruzione del modello, mantengono contemporaneamente sia la rappresentazione esplicita della geometria, ovvero punti, curve e superfici che delimitano il volume del solido (modello B-Rep), sia la sequenza delle operazioni di modellazione elementari attivate dall'operatore e la corrispondente lista di parametri geometrici e non geometrici utilizzati dall'operatore in tali operazioni (modello feature-based). In altre parole, il sistema CAD tiene traccia non solo della geometria finale del tavolo con tutti i dettagli richiesti, ma anche della procedura con cui tale geometria è stata realizzata, nonché i valori numerici dei parametri inseriti nelle varie fasi di tale procedura. Tali sistemi CAD, detti per questo motivo "parametrico-procedurali", permettono di generare versioni diverse dell'oggetto modellato semplicemente cambiando i valori dei parametri utilizzati e riapplicando automaticamente la procedura memorizzata. Sfruttando tali funzionalità è possibile implementare procedure di progettazione di assiemi complessi che integrino anche informazioni non geometriche, come ad esempio computo di costi, dimensionamenti e verifiche strutturali preliminari, ecc.

Per esemplificare una possibile applicazione della modellazione CAD parametrica, è stata implementata la parametrizzazione del modello 3D del tavolo sopra descritto. I parametri guida utilizzati sono riportati nelle tabelle seguenti. Gli altri parametri dimensionali sono stati derivati da quelli guida mediante relazioni e implementati direttamente nel modello geometrico.

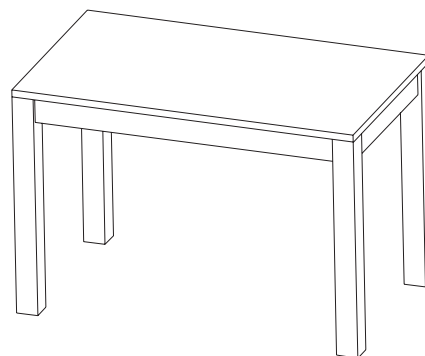
Pertanto, modificando i valori dei parametri guida è possibile generare automaticamente "istanze" diverse della stessa configurazione di tavolo. Utilizzando un modello parametrizzato risulta inoltre estremamente semplice eseguire computi e analisi predefiniti su oggetti generati con insiemi di parametri differenti. A titolo di esempio, nel seguito sono rappresentate tre istanze del medesimo modello: due con dimensioni standard e una con dimensioni fuori standard. Per ciascuna si è inoltre provveduto a calcolare la massa complessiva del tavolo (ipotizzando di utilizzare come materiale legno di faggio stagionato con densità  $730 \text{ kg/m}^3$ ).

<i>Parametro</i>	<i>Valore [mm]</i>
Larghezza piano	1600
Profondità piano	800
Larghezza base di appoggio	1400
Profondità base di appoggio	600
Altezza piano	800
Spessore piano e fianchi	30
Spessore gamba	80



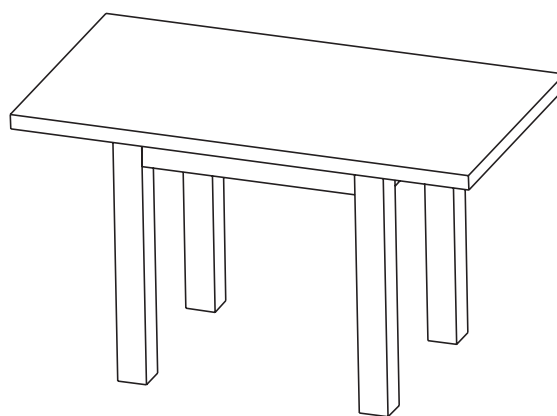
Tavolo 1600 x 800 h 800 mm  
 massa: 49,4 kg  
 a)

<i>Parametro</i>	<i>Valore [mm]</i>
Larghezza piano	1200
Profondità piano	700
Larghezza base di appoggio	1200
Profondità base di appoggio	700
Altezza piano	800
Spessore piano e fianchi	25
Spessore gamba	75



Tavolo 1200 x 700 h 800 mm  
 massa: 39,4 kg  
 b)

<i>Parametro</i>	<i>Valore [mm]</i>
Larghezza piano	1270
Profondità piano	700
Larghezza base di appoggio	750
Profondità base di appoggio	580
Altezza piano	740
Spessore piano e fianchi	40
Spessore gamba	80



Tavolo 1270 x 700 h 740 mm  
 massa: 44,8 kg  
 c)

**Figura 20: Esempio di parametrizzazione del modello di tavolo:  
 a), b), c) istanze del medesimo modello**

## Messa in tavola aggiornabile

Dal modello 3D è semplice ricavare la messa in tavola sia dell'assieme che delle singole parti con le indicazioni delle quote e dei particolari costruttivi. Di seguito è riportato il disegno relativo al tavolo da 1600 x 800 mm.

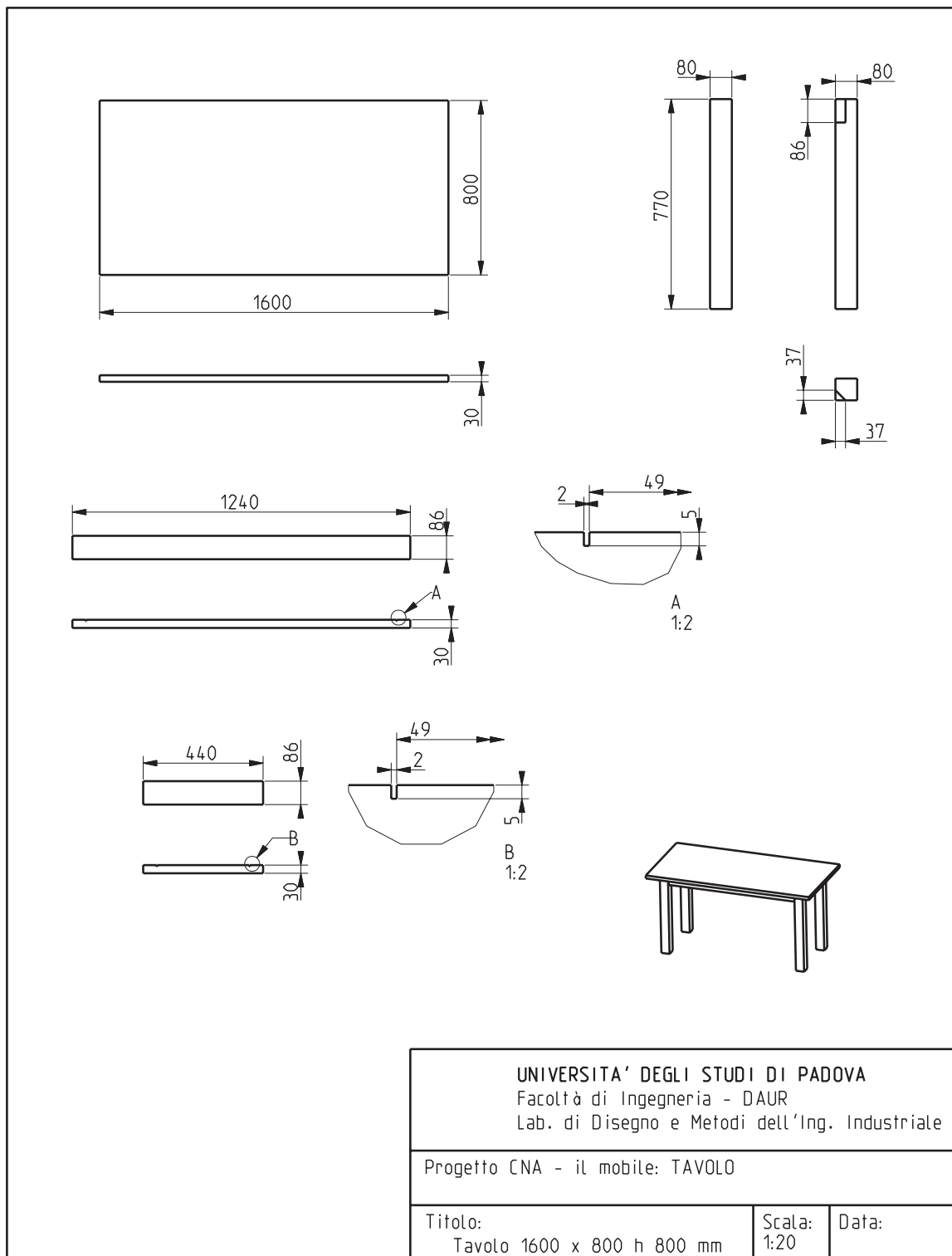
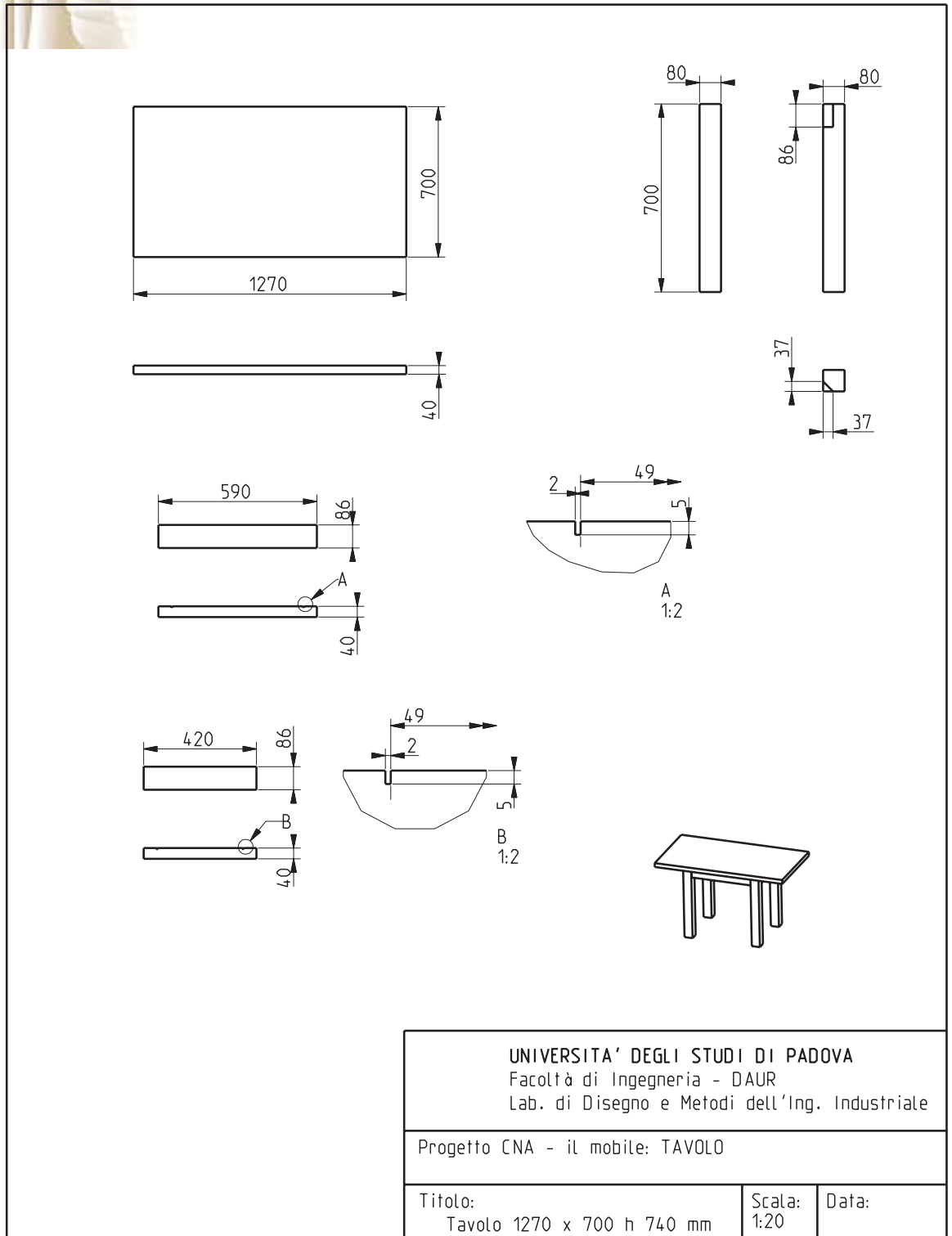


Figura 21: Disegno 2D da modello 3D Tavolo 1600 x 800 h 800

Modificando il modello parametrico, automaticamente si ottiene il corrispondente disegno 2D, come esemplificato nella figura seguente relativa al tavolo con dimensioni fuori standard descritto in precedenza.



**Figura 22: Disegno 2D da modello 3D Tavolo 1270 x 700 h 740**

## Prototipazione virtuale in ambiente integrato

L'ambiente integrato di progettazione permette di eseguire modellazione e analisi all'interno del medesimo strumento CAD-CAE (CAE - Computer Aided Engineering). Ad esempio, è possibile impostare l'analisi che simula il comportamento del tavolo quando viene sottoposto alla prova di carico statico verticale (UNI EN 1730 - par. 6.3) di livello 5, ovvero applicando al centro un carico di 1800 N. Considerando di utilizzare come materiale legno di faggio stagionato con modulo di elasticità: circa 14500 N/mm<sup>2</sup>, di seguito sono riportati i principali risultati per diverse scelte dei parametri costruttivi.



**Figura 23: Esempio di prototipazione virtuale Tavolo sottoposto a carico verticale statico**

È importante tuttavia osservare che l'analisi qui proposta è di tipo preliminare, in quanto non considera correttamente gli effetti locali, quali la zona di applicazione del carico, il comportamento degli incastri, il collegamento tra piano, gambe e fianchi, né è in grado di simulare correttamente eventuali grandi deformazioni. L'analisi dettagliata di tali elementi richiede una accurata definizione delle condizioni di vincolo e di carico ed è oggetto di approfondimento nella successiva parte 4. Resta tuttavia interessante osservare come l'esecuzione di analisi preliminari in ambiente integrato risulta essere estremamente rapida. A titolo di esempio, una volta definito il modello di calcolo, la creazione di una nuova istanza richiede solo alcuni secondi, mentre la riesecuzione dell'analisi per l'esempio in esame richiede tra i 25 e i 40 secondi. È pertanto possibile giungere rapidamente all'individuazione di una configurazione ottimale su cui eseguire successivamente indagini più accurate sia numeriche che sperimentali.

### Integrazione CAD-CAM e prototipazione rapida

I modelli geometrici 3D sono la base per l'integrazione con gli ambienti CAM - Computer Aided Manufacturing. Tali applicazioni sono note ed ampiamente diffuse, per cui non ci si dilunga nella loro spiegazione.

Esistono tuttavia altri strumenti che possono trovare applicazione nella fase iniziale di sviluppo di soluzioni di design o di progettazione innovative. Si fa riferimento in particolare ai sistemi di prototipazione rapida che permettono, partendo da un modello geometrico anche molto complesso, di realizzare concretamente il corrispondente oggetto fisico in breve tempo e con elevata accuratezza. In figura 22 è presentato un esempio di tale applicazione nel settore dell'arredamento.



**Figura 24: Esempio di prototipazione rapida nel settore dell'arredamento**

Tra le principali tecnologie di prototipazione rapida attualmente disponibili si citano:

- Stereolitografia (StereoLitographic Apparatus - SLA). È il primo e più importante sistema di RP commercialmente diffuso. Utilizza un laser per polimerizzare in successione strati di polimero in fase liquida.
- Polyjet. Il principio di funzionamento è basato sulla stampa a getto di un fotopolimero.
- Laser Sintering. Utilizza la tecnica di sinterizzazione laser a partire da un materiale che ha consistenza di polvere.
- Fused Deposition Modelling (FDM). Impiega fili e barrette di materiali differenti per costruire il prototipo. Il materiale viene fuso

e depositato in sottili strati tramite un ugello calibrato.

- Laminazione di fogli di carta (LOM). Realizza il prototipo tramite il progressivo incollaggio di fogli di carta su cui è ricavata la sezione del pezzo mediante taglio meccanico o laser.



4

# Parte quarta



# Parte quarta

## Analisi strutturale mediante Metodo ad Elementi finiti (FEM)

### Valutazione degli stati di sforzo tramite F.E.M.

Vengono presentati in questa parte alcune esperienze di studio degli stati di sforzo a cui sono soggetti i vari componenti di un tavolo durante un normale utilizzo del mobile mediante analisi numerica ad elementi finiti, tipicamente indicata con Metodo FEM (Finite Element Method).

L'approccio è quello di realizzare un modello a elementi finiti che ben possa prevedere lo stato e la distribuzione delle tensioni nei punti meccanicamente più sensibili a problematiche di fatica e rottura, in maniera tale da riuscire a ottimizzare, secondo regole di resistenza e durata, la resistenza del tavolo ancora in fase di progettazione.

### Introduzione

La resistenza e la rigidità del mobile dipendono, in primo luogo, dalle tecniche di costruzione, dai materiali, dalle tecnologie utilizzate. Ognuno di questi fattori influenza la durata e la possibilità di un utilizzo in sicurezza del prodotto, determina i costi di produzione e il valore di mercato del fabbricato. Pertanto, lo sviluppo di un'adeguata e corretta progettazione del mobile richiede un'analisi appropriata delle grandezze che vanno a influire sul sistema. Sulla base di questo tipo di analisi sarà possibile realizzare un mobile costituito da elementi in grado di sostenere le tipiche sollecitazioni e, al tempo stesso, apprezzabile dal punto di vista estetico.

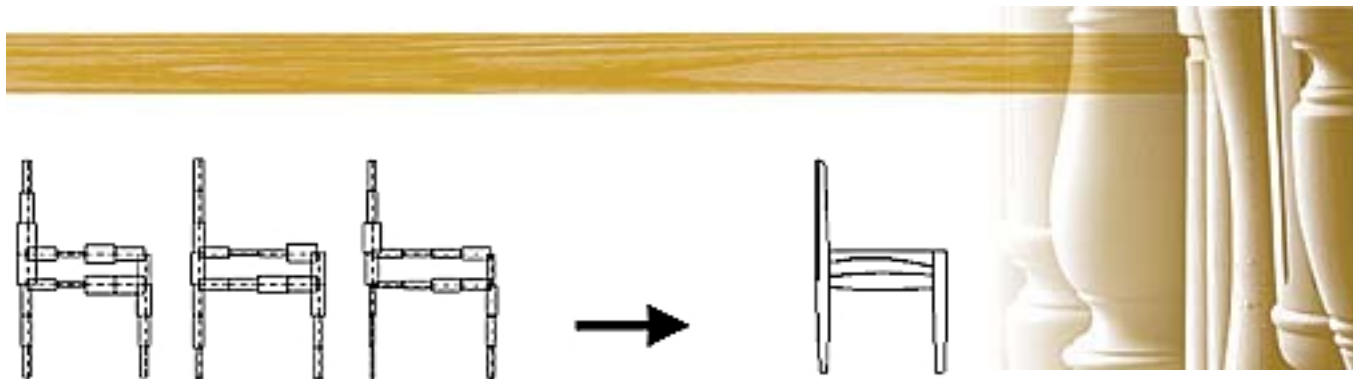
### Precedenti lavori

Nel corso degli ultimi anni numerosi sono stati i lavori di ricerca applicata che hanno avuto per oggetto d'indagine i mobili in legno. A questo proposito, prima di iniziare l'analisi del tavolo, si ritiene opportuno riportare alcuni risultati notevoli ottenuti nel campo della costruzione di arredi in legno da parte di un gruppo di studiosi polacchi: è bene porre l'attenzione sui metodi utilizzati, che risulteranno validi anche per i tavoli.

Nel 2001 J. Smardzewsky e T. Gawroński hanno pubblicato un articolo dal titolo "F.E.M. algorithm for chair optimisation" nel quale hanno cercato di illustrare l'efficienza di alcuni metodi di ottimizzazione statica, con la possibilità di integrare tali metodologie con l'ambiente F.E.M. (Finite Element Method), fornendo a progettisti e costruttori uno strumento di elaborazione tecnica e di verifica importantissimo.

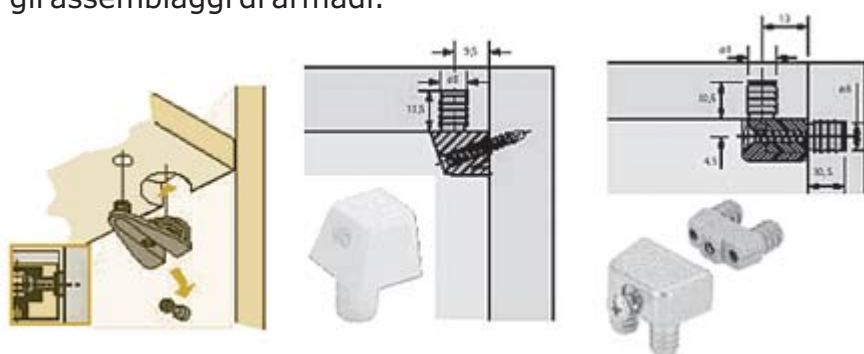
I due metodi utilizzati sono stati quello dei *cammini casuali* (meccanica statistica) e il metodo *Monte Carlo* (statistica non parametrica): l'obiettivo dichiarato è stato quello di implementare un algoritmo che, a parità di sollecitazioni, fornisse il modello di sedia col minor volume possibile di legno utilizzato.

Passando attraverso vari livelli di ottimizzazione si è giunti, come ben illustrano le immagini seguenti, al prodotto definitivo. Il volume di materiale maggiore è associato ai nodi della struttura in corrispondenza dei quali si concentrano le sollecitazioni flessionali derivanti dalle modalità di prova con carichi verticali e orizzontali previste dalla normativa.



**Figura 25: Soluzioni ottimizzate della struttura sedia e corrispondente disegno del prodotto**

Del 2002 è l'analisi effettuata da J. Smardzewsky e S. Prekrad sulla distribuzione delle tensioni negli elementi di giunzione in metallo, legno e plastica utilizzati negli assemblaggi di armadi.



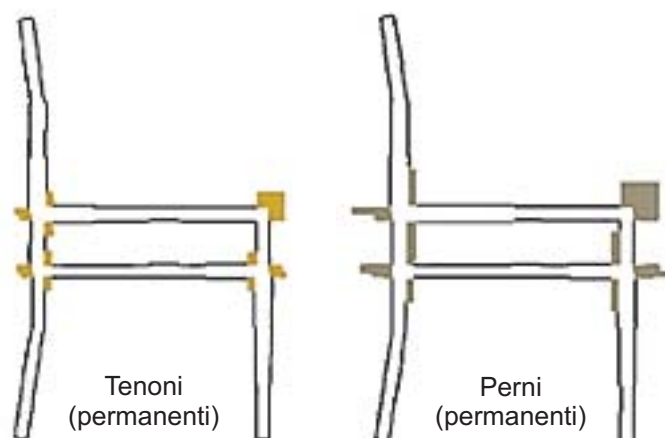
**Figura 26: Elementi di giunzione in legno, plastica e metallo analizzati con metodo FEM**

Le analisi sperimentali realizzate in laboratorio e i calcoli numerici hanno messo in luce eccezionali proprietà di resistenza e rigidità dei giunti trapezoidali metallici (base maggiore e lato perpendicolare alle basi a contatto con gli elementi dell'armadio, come illustrato al centro della precedente figura), mentre le spine di legno rappresentano un valido sostegno nelle giunzioni realizzate da tali elementi metallici ma sono insufficienti se utilizzate da sole.

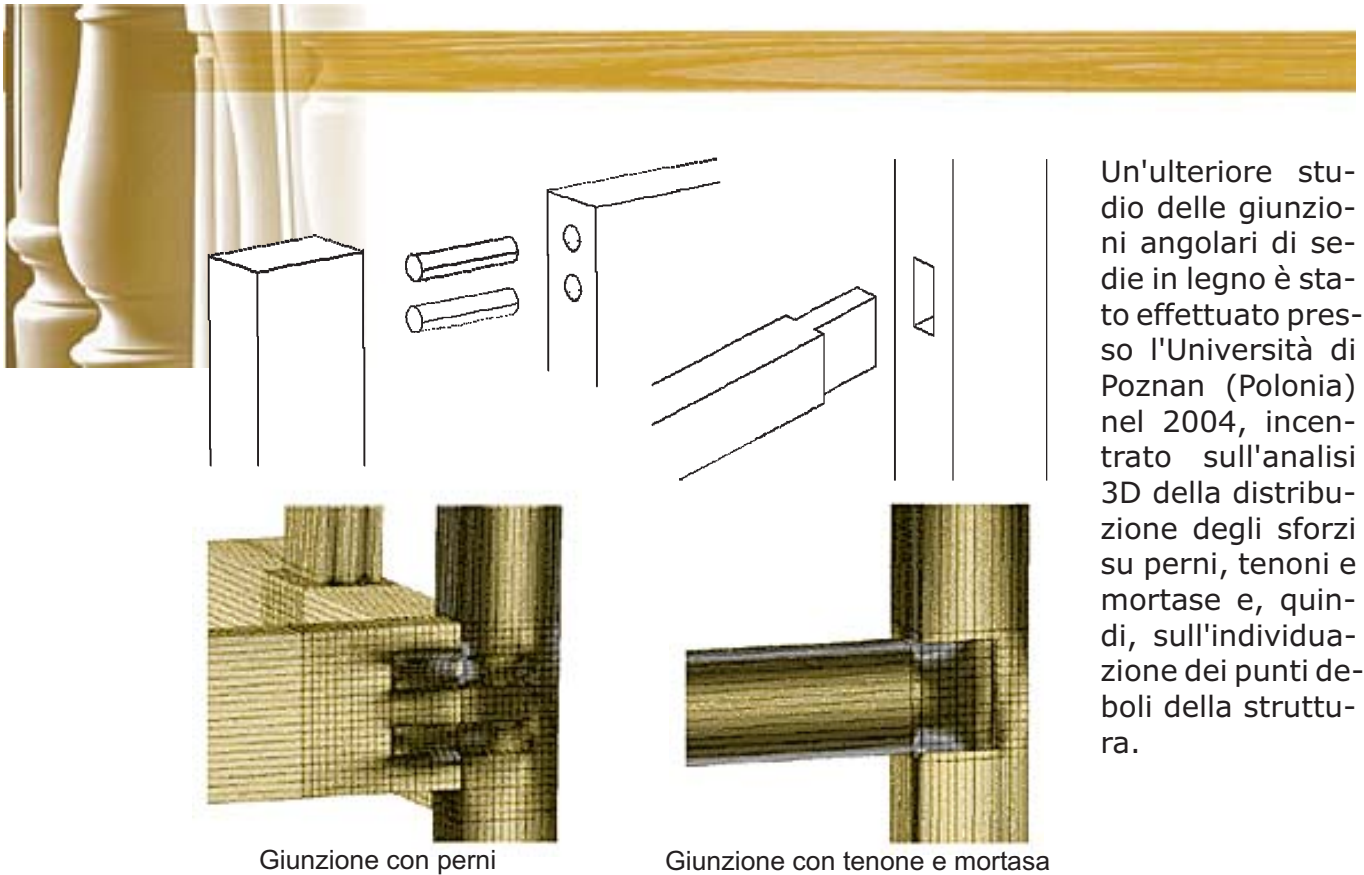
Nel 2003 J. Smardzewsky e T. Gawroński hanno continuato il lavoro con il software per l'ottimizzazione della struttura di una sedia secondo il criterio del minor volume possibile di legno, andando a migliorare, sempre con metodo F.E.M. combinato ad un criterio di ottimizzazione, le caratteristiche delle giunzioni.

Tra i risultati ottenuti mediante applicazione della metodologia integrata proposta dagli autori:

- viene inclusa l'influenza della rigidità dei collegamenti tra i vari elementi della sedia sulla possibilità di ottimizzazione della struttura complessiva;
- si rileva che sedie con giunzioni smontabili hanno il 12% in più in volume rispetto a quelle con giunzioni permanenti;
- il programma riesce a ridurre in poco più di un'ora oltre il 70% del volume di una comune sedia in commercio che sia stata costruita senza particolari metodi di ottimizzazione.



**Figura 27. Confronto dei risultati di ottimizzazione di sedie in legno realizzate con giunti diversi (le dimensioni dei giunti sono state ingrandite 5 volte)**

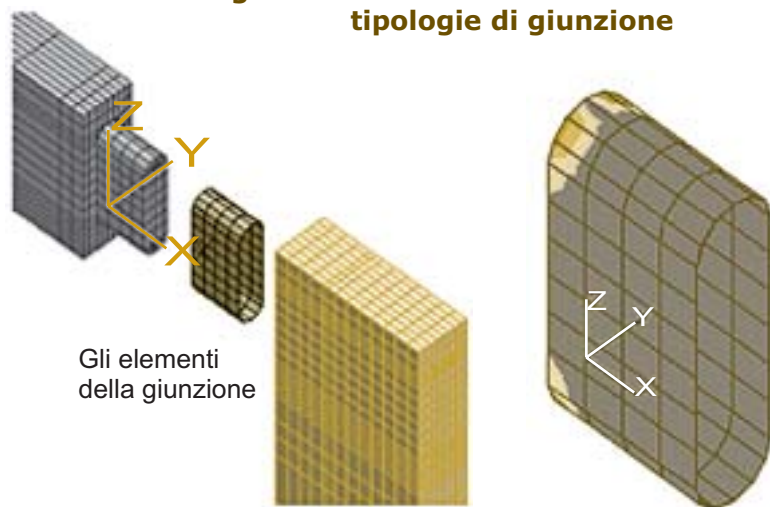


Un'ulteriore studio delle giunzioni angolari di sedie in legno è stato effettuato presso l'Università di Poznan (Polonia) nel 2004, incentrato sull'analisi 3D della distribuzione degli sforzi su perni, tenoni e mortase e, quindi, sull'individuazione dei punti deboli della struttura.

Giunzione con perni

Giunzione con tenone e mortasa

**Figura 28. Confronto dei risultati di analisi tensionale locale di diverse tipologie di giunzione**



La novità di questo lavoro sta nel fatto che si è tenuto conto, nel modello F.E.M., della presenza di uno strato di colla nelle giunzioni, trattata come sottile anello di materiale isotropo, con uguali proprietà elastiche nelle diverse direzioni.

**Figura 29. Esempio di analisi FEM della giunzione tenone-mortasa in presenza di colla**

Gli esempi riportati tratti da letteratura testimoniano la possibilità di applicazione con successo dei metodi tipici della progettazione meccanica di strutture metalliche a prodotti in legno ottenuti per incollaggio o giunzione quali i tavoli.

Si possono individuare diverse tipologie di analisi strutturale:

- analisi del componente completo: si modella tutta la struttura, ai fini della localizzazione delle zone critiche, per la successiva particolarizzazione delle analisi;
- analisi della giunzione: si esegue un modello dettagliato della giunzione, a partire dalle sollecitazioni macroscopiche derivanti dal comportamento complessivo della struttura.

Sulla base di tali esperienze, si sono svolte anche presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica delle analisi numeriche con particolare riferimento alla giunzione tra gamba e colonna centrale di un tavolo con piedistallo centrale.

## Analisi svolte presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica Università di Padova

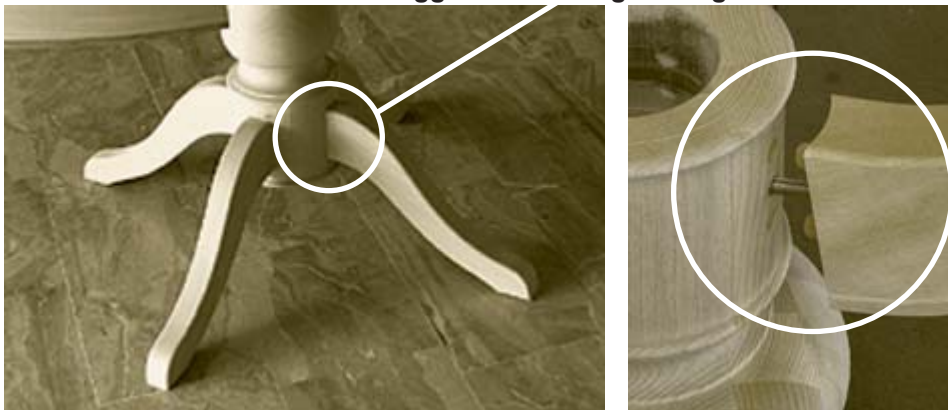
In quanto segue saranno presentate le attività svolte per lo sviluppo di metodi di analisi numerica di giunzioni significative del prodotto tavolo. Tali analisi sono state successivamente confrontate con i risultati di prove sperimentali eseguite sulle stesse giunzioni modellate.

### Il modello

In primo luogo è bene procedere con la riduzione dell'oggetto di studio in un modello semplificato, costituito da pochi elementi, in maniera tale da poter facilmente visualizzare il sistema di sollecitazioni, al quale affiancare in seguito un modello più complesso, compatibile con la realtà.

In questo studio è stata posta l'attenzione su una giunzione significativa del tavolo, l'incastro gamba-colonna, ma è importante definire nel suo complesso il metodo di analisi.

Oggetto dell'indagine: la giunzione



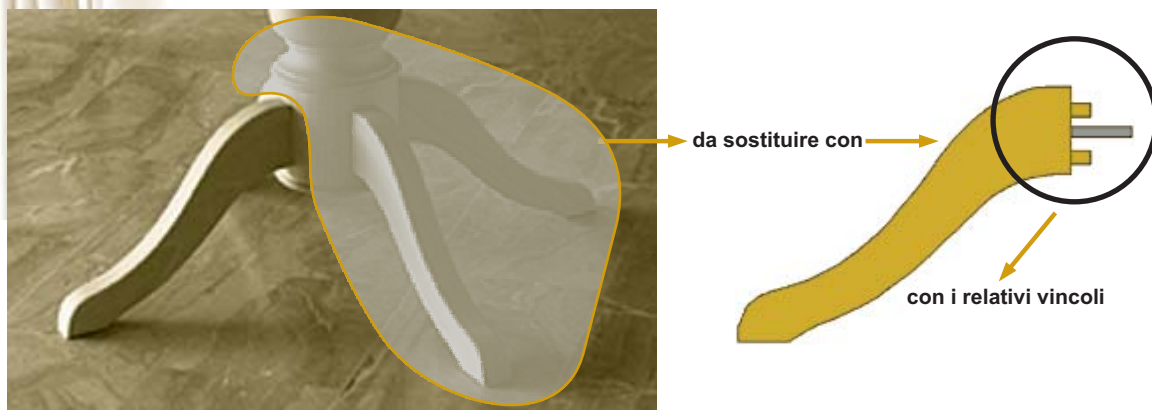
**Figura 30. Descrizione della giunzione analizzata in un tavolo a piedistallo centrale**

L'elemento posto sotto osservazione, cioè la giunzione, è stato suddiviso nelle sue parti costitutive:

- gamba d'appoggio;
- spine per l'incastro;
- barra filettata e dado con rondella per il serraggio;
- colonna centrale del tavolo.

Molto significativa sarà la presenza o meno di colla vinilica all'interno della giunzione, poiché tale sostanza adesiva determina il tipo di vincolo da applicare nell'analisi numerica; risulterà utile, comunque, considerare entrambi i casi.

È fondamentale, ai fini di una rapida elaborazione della soluzione per il modello numerico adottato, escludere dallo stesso modello le componenti non necessarie: determinate le condizioni di giunzione tra piede e corpo, sarà sufficiente sostituire in prima analisi la colonna centrale con un sistema di vincoli che esso stesso determina; in questo modo il tavolo (di schematizzazione complessa) verrà rimpiazzato dalla corrispondente condizione di vincolo (di più semplice elaborazione), e ciò dovrà essere fatto sia nel caso 2D che, a maggior ragione, in quello 3D.



**Figura 31. Descrizione della modellazione della giunzione analizzata**

Una volta definito il modello è necessario caratterizzarlo dal punto di vista delle caratteristiche strutturali del materiale, il faggio nel nostro caso: in una modellazione bidimensionale, con una dimensione preponderante, risulterà più conveniente adottare un modello di materiale isotropo (le grandezze meccaniche definite nello spazio indipendenti dalla direzione), mentre per quello tridimensionale, per ragioni di completezza e realismo, occorrerà considerare il modello più compatibile con tale legno, cioè quello di un materiale ortotropo (caratteristiche meccaniche legate a piani reciprocamente normali).

In letteratura è possibile recuperare i valori numerici delle grandezze che definiscono tali modelli. Va osservato però che, essendo il legno un materiale naturale, le proprietà meccaniche del legno possono presentare variabilità molto elevate, sia al variare del luogo di provenienza, sia, a parità di luogo di provenienza, al variare del processo di essiccazione ed invecchiamento. Si deve prevedere perciò una caratterizzazione specifica per il lotto di materiale utilizzato nella produzione di tavoli.

In questo studio si sono adottati i seguenti valori tratti dalla letteratura:

	<b>Materiale isotropo (2D) Faggio</b>	<b>Materiale ortotropo (3D) Faggio</b>
<i>Modulo di elasticità longitudinale (o di Young)</i>	$E = 14.500 \text{ MPa}$	$E_x = 15.400 \text{ MPa}$ $E_y = 1.120 \text{ MPa}$ $E_z = 2.060 \text{ MPa}$
<i>Modulo di elasticità tangenziale</i>	$G = 5.580 \text{ MPa}$	$G_{xy} = 1.170 \text{ MPa}$ $G_{yz} = 450 \text{ MPa}$ $G_{xz} = 1.530 \text{ MPa}$
<i>Rapporto di Poisson</i>	$\nu = 0,3$	$\nu_{xy} = 0,54$ $\nu_{yz} = 0,35$ $\nu_{xz} = 0,41$

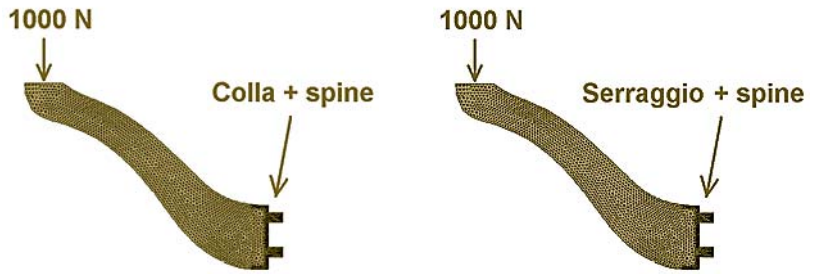
Dopo aver definito il modello geometrico e quello della struttura interna del materiale è possibile compiere il passo successivo, quello evidentemente della valutazione e dell'applicazione delle condizioni al contorno, cioè le forze applicate ed i vincoli in corrispondenza della giunzione.

Per ciò che compete le forze è possibile affidarsi, per definire una qualche forma di sollecitazione "realistica", alla normativa vigente circa la determinazione della resistenza, durabilità e stabilità di tavoli (ad esempio, UNI EN 1730 e UNI ENV 12521, che riguardano i metodi di prova e i requisiti meccanici e strutturali per i tavoli domestici): non si tratta di certificare il mobile, ma di verificarne la bontà

costruttiva, per cui tendere alle caratteristiche richieste dalla legge può essere una procedura auspicabile.  
 L'esempio qui riportato sarà quello di una prova statica a 1000 N.  
 Riguardo ai vincoli sarà utile considerare più condizioni: piede incollato oppure piede serrato, contemporaneamente alla presenza delle due spine inserite nei fori del corpo del tavolo.

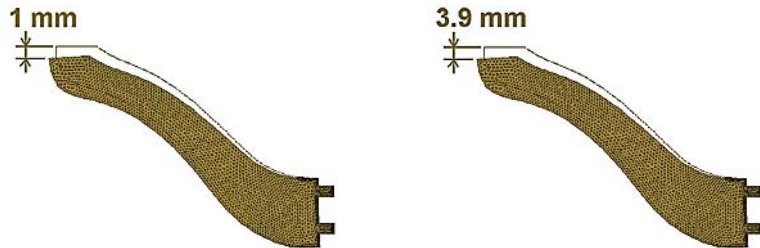
### Risultati delle Analisi 2D

Si tratta di schematizzare il piede in una struttura bidimensionale (possiamo pensare a una lamina) con le sollecitazioni e le condizioni di vincolo sin qui prospettate.



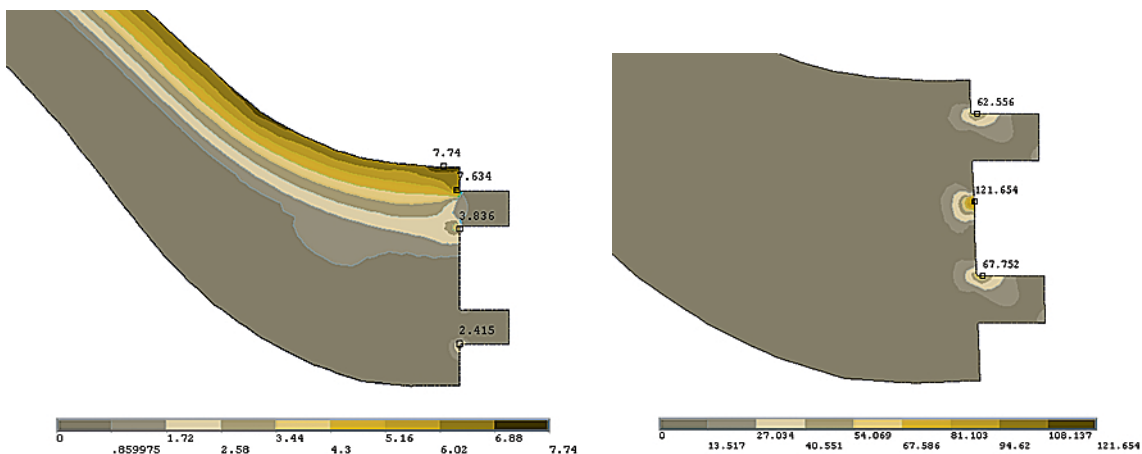
**Figura 32. Modelli FEM 2D realizzati e carichi applicati**

Ecco, a lato, riportati i risultati delle due elaborazioni riguardanti la grandezza spostamento:



**Figura 33. Risultati ottenuti con modelli 2D: andamento spostamenti**

La grandezza più interessante è la tensione: è opportuno visualizzare l'andamento della 1<sup>a</sup> principale:



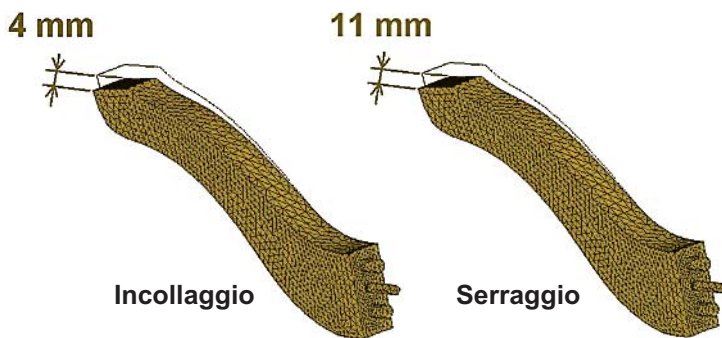
**Figura 34. Risultati ottenuti con modelli 2D: andamento tensione principale massima**

È bene notare la differenza tra le due situazioni. Nel caso di una giunzione con incollaggio la tensione massima rilevata è di 7.74 MPa in corrispondenza della gamba; nel caso di assenza di incollaggio, l'interfaccia gamba-colonna si apre e viene chiamato a lavorare molto il prigioniero filettato, con tensioni di picco di 121 MPa.

## Risultati delle Analisi 3D

Lo schema tridimensionale è più complesso da elaborare ma può fornire risultati più compatibili con la realtà. Il modello è costituito dalla gamba e dalle spine in faggio, le cui caratteristiche ortotrope sono state in precedenza riportate, e da un prigioniero in acciaio (elastico lineare isotropo, con modulo di Young pari a 206 GPa e rapporto di Poisson uguale a 0.3) conficcato nel legno.

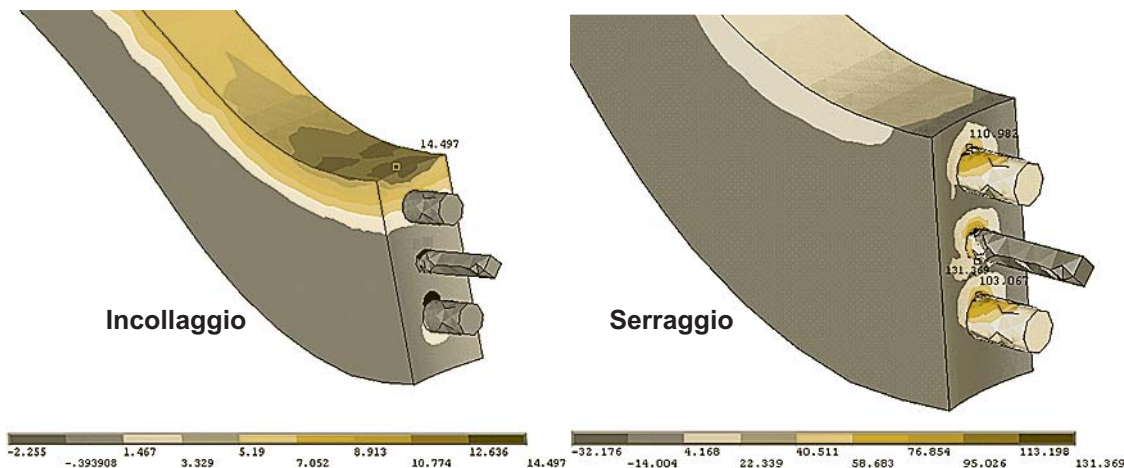
Mantenendo le due possibilità già viste (incollaggio e serraggio), si possono confrontare i risultati.



**Figura 35.**  
Risultati ottenuti con modelli 3D:  
andamento spostamenti

Per quanto riguarda le tensioni viene riportato, nella figura seguente, l'andamento della 1<sup>a</sup> tensione principale nei casi di incollaggio e di serraggio.

Come si può facilmente osservare le tensioni sono leggermente aumentate rispetto ai valori ottenuti con il modello 2D. Il caso meno gravoso per la struttura è quello in cui è previsto, oltre al serraggio, anche l'incollaggio della gamba alla colonna del tavolo; infatti, mentre in assenza di collante il carico è massimo sul bullone in corrispondenza del foro entro il quale è alloggiato nella gamba, in presenza di sostanze adesive la tensione meglio si distribuisce sulla gamba ed il punto di massimo è in corrispondenza della curvatura.



**Figura 36.**  
Risultati ottenuti con modelli 3D:  
andamento tensione principale massima

## Commento ai risultati

Le analisi effettuate vanno considerate come esempi di applicabilità del metodo FEM a giunzioni e strutture complete di tavoli sia industriali che artigianali. La estendibilità di tale approccio è legata da un lato al suo inserimento nel processo di progettazione, dall'altro allo svolgimento di una campagna di prove di caratterizzazione di materiali e giunzioni che consenta di quantificare le proprietà meccaniche tipiche di fornitori e produttori e, in parallelo, di selezionare i collegamenti, le ferramenta, i collanti, le tecniche di giunzione migliori per il raggiungimento e superamento dei requisiti di normativa.



5

# Parte quinta



# Parte quinta

## Prove sperimentali

Le prove sperimentali di qualifica e certificazione dei prodotti sono generalmente condotte presso laboratori di prova adeguati e certificati. È comunque possibile che si opti per la costruzione di banchi prova all'interno dell'azienda, soprattutto in caso di elevati volumi di produzione e con l'obiettivo di consentire la prova in fase di sviluppo di prodotti innovativi di cui si ritenga di voler proteggere la confidenzialità. I banchi possono essere anche comprati da ditte specializzate: non è banale infatti la progettazione di un banco soprattutto per l'esecuzione delle prove di durata.

Preme sempre ricordare che le norme, così come le prove sperimentali da esse richiamate non sono obbligatorie. In caso di contenzioso per danni provocati dalla rottura di un tavolo, però, il poter dimostrare di aver eseguito con esito favorevole le prove più gravose sulla tipologia di tavolo oggetto della rottura, può liberare il costruttore dalle responsabilità che gli vengono attribuite.

Pertanto si consiglia di provare i propri prodotti secondo normativa, almeno quando un nuovo prodotto viene immesso nel mercato.

### Tipologie di banchi prova

I banchi prova possono avere soluzioni progettuali diverse a seconda del costruttore. Generalmente i più economici sono quelli per le prove statiche, dove il carico deve essere applicato per pochi cicli, generalmente 10. Sono costruiti con pesi calibrati e manovelle per il richiamo del peso. Svolgendo manualmente la manovella il peso esercita la propria azione sul tavolo.

Banchi più complessi sono dotati di attuatori di forza pneumatici che sostituiscono l'azione espletata dalle manovelle di prima. In questo caso gli attuatori generalmente sono comandati manualmente in caso di banchi prova statici. In banchi per l'esecuzione di test di durata, i cilindri pneumatici sono comandati tramite PLC, acronimo di Programming Logic Control. In pratica il PLC è una centralina elettronica di comando tramite la quale si possono comandare le elettrovalvole degli attuatori ed impostarne la trazione ed il rilascio oltre alla loro temporizzazione. Sono previsti opportuni fine corsa o sensori che rilevano la posizione dei pesi, nel caso il tavolo ceda, i pesi azionano i fine corsa ed interrompono l'azione degli attuatori. Un contatore di cicli consentirà di registrare in automatico la durata.

Vi sono poi i banchi prova idraulici, i più costosi in assoluto e di non banale controllo. Sono costituiti da cilindri azionati da olio in alta pressione. Per cui sono dotati anche della centralina per l'ottenimento dell'alta pressione. Il cuore è costituito dal sistema di controllo dei cilindri via computer. Sono generalmente controllabili in forza e spostamento.

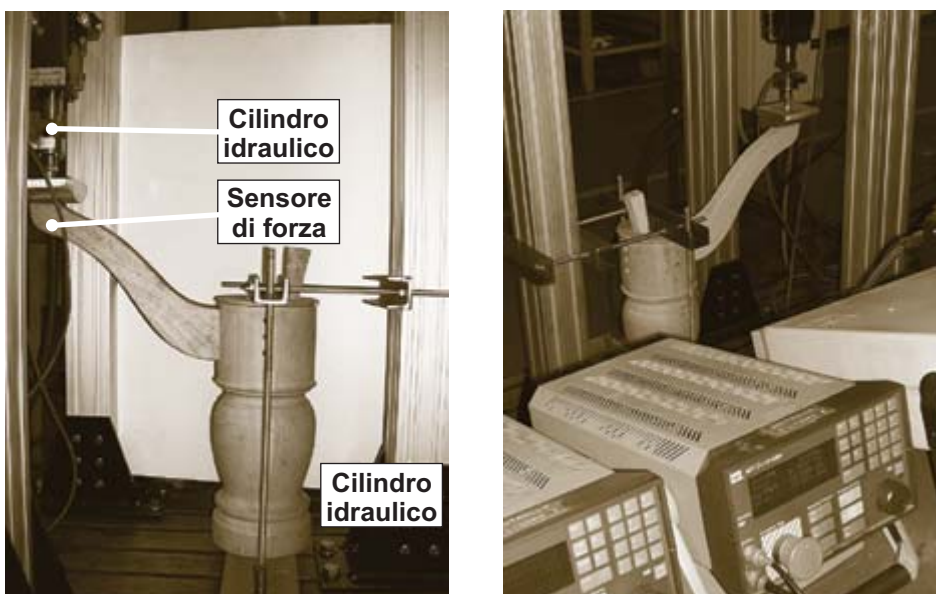
### Esempio di rapporto prova

In ogni caso, il rapporto tecnico del test di prova dovrà contenere almeno le seguenti informazioni:

1. Riferimento alla normativa di riferimento per l'esecuzione del test;
2. Identificativo della tipologia di tavolo;
3. Dettagli dei difetti rilevati prima dei test;
4. La temperatura alla quale è stato effettuato il test, se differente dalla temperatura ambiente (15°C-25°C);
5. Risultati dei test;
6. Dettagli su qualsiasi tipo di modifica della prova si sia resa necessaria rispetto alle prescrizioni dalla norma;
7. Nome ed indirizzo del laboratorio prova che ha effettuato i test con l'indicazione del tipo di macchina di prova;

### Prove sperimentali presso il DIM

Il Dipartimento di Ingegneria Meccanica di Padova è dotato di banchi prova sia pneumatici che idraulici. In questi laboratori vengono realizzati i test sperimentali programmati all'interno del progetto "Innovazione di Prodotto per la Competitività". Nella Figura 37 si può vedere il banco prova idraulico utilizzato per eseguire il test di resistenza della giunzione tra gambe e colonna centrale di un tavolo.



**Figura 37. Vista del banco prova servoidraulico allestito presso il DIM**

Il banco idraulico è gestito tramite sistema elettronico: si impostano le soglie di forza alle quali il cilindro deve arrivare, il numero di cicli e la frequenza di attuazione del carico, vale a dire quante volte al secondo deve essere ripetuto il ciclo di carico. L'andamento delle forze e dello spostamento del cilindro è registrabile nel tempo, così da poter tracciare successivamente un diagramma Sforzo-Deformazioni o un diagramma di rigidezza del componente nel tempo.

Come precedentemente descritto, sono programmabili sia test sul prodotto completo secondo normativa, sia prove su componenti e giunzioni da utilizzare in sede di progettazione.

L'importanza delle prove sperimentali sul prodotto completo o sulle giunzioni particolari è duplice:

- Fornire una certificazione sulle proprietà di resistenza del tavolo
- Fornire una conferma sperimentale alle previsioni di modelli virtuali.

## Prove eseguite

Grazie alla collaborazione di alcuni produttori, si sono potute eseguire alcune prove pilota sperimentali su giunzioni tipiche.

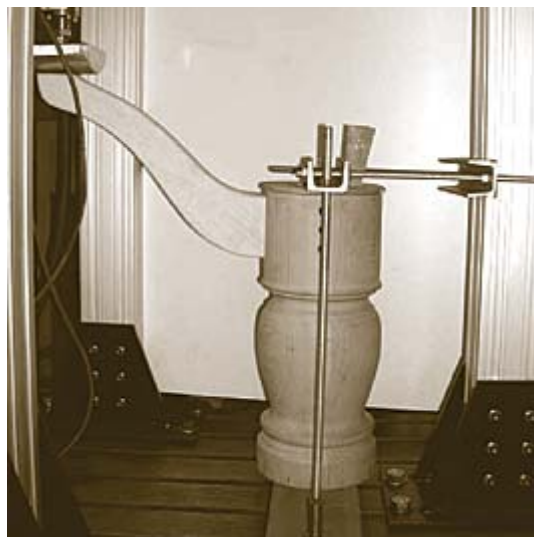
Test N°	PRODUTTORE	GIUNZIONE	PROVA	NOTE
1	A	Gamba-tavolo	STATICA	Incollata
2	A	Gamba-tavolo	STATICA	Non incollata
3	A	Gamba-tavolo	FATICA	Incollata
4	A	Listelli incollati	STATICA	Incollata
5	A	Listelli incollati	FATICA	Incollata

Per la tipologia di test programmati nell'ambito del progetto sperimentale, si riporta un esempio di rapporto prova secondo normativa. Tale esempio può essere ripreso dai costruttori come modello di registrazione della prova nel caso volessero implementare un proprio laboratorio prove.

## Risultati

L'analisi dei dati ottenuti con prove statiche sulla giunzione gamba tavolo ha consentito di confrontare i valori di spostamento ottenuti sperimentalmente con quelli previsti dalle simulazioni numeriche.

4 mm




**Figura 38. Confronto dei risultati delle simulazioni numeriche e delle prove statiche sperimentali su giunzione incollata**

Sotto un carico di 1000 N si è ottenuto dalla prova sperimentale su giunzione incollata una freccia massima di 3.278 mm. Il valore previsto dal modello numerico di tipo 3D era di 4 mm.

L'errore di previsione del modello numerico rispetto a quello sperimentale è del 22%, senza applicazione di nessuna procedura correttiva sulla simulazione del comportamento dei vincoli e con le caratteristiche meccaniche del faggio tratte da letteratura.

Tale corrispondenza dei risultati è da considerarsi significativa delle potenzialità di un approccio numerico alla previsione del comportamento strutturale di componenti e giunzioni di tavoli in legno.

<b>Prova di carico statico verticale (UNI EN 1730; 6.3)</b>		<b>Doc. 6 Rev. 0</b>
<b>NOTA: Prova statica della giunzione Gamba-Tavolo</b>		
<b>Laboratorio Costruzione di Macchine</b> <b>Dipartimento di Ingegneria Meccanica</b> Università di Padova Via Venezia 1, 35131, Padova		<b>Operatore:</b> PETRONE N. <b>Verificato da:</b>  <b>Data</b> 10 Dicembre 2008
<b>Tipologia di giunzione:</b> Gamba-tavolo, incollata	<b>Provino n° A1</b>	
<b>Difetti presenti prima del test :</b> Nessuno .....		
<b>Temperatura di esecuzione del test:</b>		20°C
<b>Descrizione test:</b>  Banco di prova utilizzato: idraulico BT1 Carico Verticale : 1000 N = 100 kg N° di cicli di applicazione del carico = 10		
<b>Eventuali cedimenti riscontrati dopo il test:</b> Nessuno .....		
<b>Esito del test:</b>	<b>Idoneo</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>Non idoneo</b> <input type="checkbox"/>
<b>NOTE: riportare, in questo spazio, i dettagli su qualsiasi tipo di modifica della prova si sia resa necessaria rispetto alle prescrizioni dalla norma;</b>  Il carico di prova è stato assunto pari al carico applicato al piano ..... .....		



Prova di carico statico verticale (UNI EN 1730; 6.5)

Doc. 6 Rev. 0

NOTA: Prova a fatica della giunzione Gamba-Tavolo

Laboratorio Costruzione di Macchine  
Dipartimento di Ingegneria Meccanica  
Università di Padova  
Via Venezia 1, 35131, Padova



Operatore:  
PETRONE N.  
Verificato da:

Data  
10 Dicembre 2008

Tipologia di giunzione: Gamba-tavolo, incollata

Provino n° A1

Difetti presenti prima del test: Nessuno

Temperatura di esecuzione del test:

20°C



Descrizione test:

Banco di prova utilizzato: idraulico BT1  
Carico Verticale :  
1000 N = 100 kg  
N° di cicli di applicazione del carico = 20000

Eventuali cedimenti riscontrati dopo il test: Nessuno

Esito del test:

Idoneo



Non idoneo



NOTE: riportare, in questo spazio, i dettagli su qualsiasi tipo di modifica della prova si sia resa necessaria rispetto alle prescrizioni dalla norma;

Il carico di prova è stato maggiorato rispetto al 300 N sul piano per la giunzione a partire da una geometria assegnata del tavolo, per caratterizzare la giunzione



## OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

La presente pubblicazione è rivolta sia ai produttori che agli utilizzatori di tavoli allo scopo di introdurre e sensibilizzare le persone del settore al mondo della normazione e di diffondere la cultura della progettazione, della realizzazione e dell'utilizzo di prodotti con caratteristiche di qualità e sicurezza.

Si è prima di tutto voluto caratterizzare il processo produttivo di un prodotto tipico del territorio locale come è il tavolo in stile: l'esperienza, le attrezzature, la filiera produttiva e la rete distributiva attualmente presenti costituiscono un patrimonio economico e culturale che deve essere considerato base di partenza per uno sviluppo innovativo che ne riconosca e valorizzi le peculiarità e potenzialità. L'individuazione delle diverse fasi tipiche della produzione di un tavolo corrisponde anche alla evidenziazione di possibili criticità sulla qualità del prodotto finito.

A partire dalla sintetica descrizione della direttiva sulla Sicurezza Generale dei Prodotti, si sono successivamente evidenziate le implicazioni per i produttori di tavoli nell'ottica di poter documentare una produzione di qualità di cui la sicurezza sia certificata.

Si è riepilogato il quadro normativo sul prodotto "Tavolo" aggiornato al Dicembre 2008, ovvero l'insieme delle norme tecniche che costituiscono lo strumento di progettazione e controllo della produzione dei tavoli per una presunzione di conformità ai requisiti di sicurezza. Si è fatto riferimento alle norme pubblicate da UNI, ente Nazionale Italiano di Unificazione, presso il quale si possono acquisire le normative, anche per via telematica al sito internet: [www.uni.com](http://www.uni.com).

Si sono presentate infine le esperienze di progettazione, calcolo strutturale e prova sperimentale svolte presso l'Università di Padova, in collaborazione con alcuni produttori: tali esperienze vanno viste come esperienze pilota rappresentative di un possibile approccio innovativo al prodotto in esame ma estendibili ad altri prodotti e tipologie di prova.

Riteniamo che la condivisione delle informazioni, la razionalizzazione delle metodologie di produzione e l'introduzione graduale di metodi consolidati di prototipazione virtuale sia la strada da percorrere per ottenere standard qualitativi elevati valorizzando il patrimonio insito nelle imprese locali.

Allo sviluppo del progetto sul mobile tavolo ha contribuito un significativo gruppo di lavoro formato da imprenditori del settore, tecnici e ricercatori, che ringraziamo. In particolare si segnalano, per il tempo dedicato ed il materiale fornito, le ditte Veneta Sedie ed Arte Mobili F.lli Rosa di Casale di Scodosia.



#### **Bibliografia della Parte 4**

- J. Smardzewski, T. Gawroński (2001) *F.E.M. algorithm of chair optimisation*, EJPAU, Wood Technology [Polonia].
- T. Gawroński (2002) *Optimisation of skeleton furniture with a gradient method*, August Cieszkowski Agricultural University of Poznan [Polonia]
- J. Smardzewski, S. Prekrad (2002) *Stress distribution in disconnected furniture joints*, EJPAU, Wood Technology [Polonia].
- J. Smardzewski, T. Gawroński (2003) *Gradient optimisation of skeleton furniture with different connections*, EJPAU, Wood Technology [Polonia].
- J. Smardzewski, T. Papula (2004) *Stress distribution in angle joints of skeleton furniture*, EJPAU, Wood Technology [Polonia].
- T. Gawroński (2006) *Rigidity-strength models and stress distribution in housed tenon joints subjected to torsion*, August Cieszkowski Agricultural University of Poznan [Polonia]





Confederazione Nazionale  
dei Artigianato e della Piccola  
e Media Impresa

Via Croce Rossa, 56 - 35129 Padova  
Tel. 049.8062236 fax 049.8062200  
e-mail: [innovazione@pd.cna.it](mailto:innovazione@pd.cna.it)