

# **Procedura per la raccolta dei dati organizzativi utili per l'analisi delle attività di sollevamento manuale di carichi "compositi" (variazione delle geometrie nel collocamento di carichi dello stesso peso) e "variabili" (variazione sia delle geometrie e del peso dei carichi) e per il calcolo dei corrispettivi indice di sollevamento CLI (Compite Lifting Index) e VLI (Variable Lifting Index).**

D. Colombini\*, E. Occhipinti\*\*, M. Placci\*, M Cerbai\*,

E. Alvarez\*\*\*, A. Hernandez\*\*\*, T.Waters\*\*\*\*

\**Research Unit EPM - Foundation Don Gnocchi onlus - Milano (Italy)*

\*\**CEMOC- EPM - Foundation Policlinico Mangiagalli - Milano (Italy)*

\*\*\**Center for Ergonomics and Prevention (CERPIE) - UPC - Barcelona (Spain)*

\*\*\*\* *NIOSH- Cincinnati (USA)*

## **ABSTRACT**

Questo lavoro presenta, da un pratico e applicativo punto di vista, le procedure per valutare le attività di sollevamento manuale composte da differenti sub-tasks caratteristica presente sia nei compiti "compositi" che "variabili", calcolandone i corrispettivi indici di sollevamento denominati CLI e VLI. La metodologia presentata mantiene interamente i criteri originali della classica formula del NIOSH, limitandosi a introdurre alcune semplificazioni per la raccolta dati e proponendo l'uso di un nuovo software dedicato. Questa procedura di semplificazione va considerata di aiuto e orientamento a tutti gli utenti potenziali per rendere possibile la raccolta e gestione di mole di dati organizzativi e di lay-out (altrimenti ingestibili) onde consentire il calcolo del corretto valore degli indici di sollevamento. In questa procedura aggiornata, è prevista la definizione dei pesi di tutti i carichi maneggiati da un lavoratore in un turno e il loro raggruppamento in 5 "categorie di peso". Per ognuna delle categorie vanno descritte le "geometria di movimentazione" come: origine/destinazione verticale (semplificate in 2 possibilità); distanza orizzontale (semplificata in 3 possibilità); l'asimmetria (semplificata in 1 sola possibilità: presente o no). Per ogni geometria di sollevamento, e per ogni categoria di peso, sarà valutata la corrispondente frequenza di sollevamento. Questa procedura genera fino a (e non oltre) 30 variabili (o sub-tasks) (5 famiglie di pesi x le 2 geometrie verticali x le 3 geometrie orizzontali).

Al termine dell'analisi sarà possibile calcolare i LI individuali (indici di sollevamento per ognuno dei 30 sub-tasks). La presenza contemporanea fino a 30 LI è considerata ancora eccessiva: si procede ad un'ulteriore "aggregazione", raggruppando i 30 possibili LI in 6 possibili categorie, calcolandone la frequenza cumulata per ogni categoria. Dopo questa aggregazione può procedere al calcolo anche del VLI che usa la formula già proposta dal NIOSH per i "composite tasks" per il calcolo del CLI "tradizionale" (indice di sollevamento composito). Le formule di calcolo sono molto complesse e non eseguibili manualmente: il software specificamente messo a punto consente in un brevissimo arco di tempo di ottenere gli indici di sollevamento citati anche nelle situazioni più complesse.

## **INTRODUZIONE**

Durante lo studio di attività con sollevamento manuale di carichi, dal punto di vista operativo, possiamo individuare tre tipologie di compiti, con le seguenti definizioni e caratteristiche:

- **MONO TASK** (Compito Singolo) è il compito che comporta il sollevamento di una sola tipologia di oggetti, (con lo stesso peso), utilizzando la stessa postura del corpo, (geometria del corpo), durante il sollevamento tra l'origine e la destinazione. In questo caso si potrà utilizzare il metodo di calcolo classico denominato "Lifting Index (LI)" (Waters et al., 1993).
- **COMPOSITE TASK** (Compito Composito) quando si sollevano oggetti generalmente di una tipologia, ma su differenti geometrie (prelevando o posizionando da/su mensole poste a differenti altezze verticali e/o distanze orizzontali). In pratica

ogni singola geometria è denominata “sub-task”. In questo caso l’Indice di Sollevamento Composto “*Composite Lifting Index (CLI)*” può essere calcolato seguendo la specifica procedura (Waters et al., 1994). E’ stato però postulato che in questa procedura non possono essere calcolati più di 10-12 sub-tasks, da cui la necessità di introdurre standardizzandole delle semplificazioni (vedi oltre).

- **VARIABLE TASK** (Compito Variabile) quando si sollevano/depositano molti oggetti con pesi diversi ad altezze e/o profondità diverse. In questo caso potrebbero essere identificate differenti categorie di peso. Ogni categoria di peso diversa ed ogni geometria diversa prendono il nome di sub-task.
- **SEQUENTIAL TASK** (Compito Sequenziale) quando il lavoro, durante il turno giornaliero, è caratterizzato da diversi compiti (ciascuno della durata continuativa di almeno 1 ora) con differenti caratteristiche (MONO, COMPOSITE, VARIABLE). I lavoratori, in questo caso ruotano tra una serie di compiti di sollevamento semplici e/o composti e/o variabili distribuiti nel turno. In questo caso la metodologia di calcolo da adottare è il “Sequential Lifting Index (SLI)” (Waters et al., 2007).

Questo documento presenta, in modo pratico e applicativo, grazie all’introduzione di alcune semplificazioni, le procedure per valutare le attività di sollevamento manuale, composte da differenti sub-tasks, siano esse costituite da “compiti composti”, “compiti variabili”, calcolandone i corrispettivi CLI e VLI, il tutto mantenendo il criterio NIOSH originale. Per la raccolta e la facile analisi dei dati è stato specificamente allestito un nuovo software dedicato.

## **CONSIDERAZIONI GENERALI SULLA PROCEDURA**

Il CLI e VLI saranno calcolati utilizzando i dati “rappresentativi” raccolti sul luogo di lavoro, essi saranno inseriti nelle specifiche equazioni.

Tali dati comprendono il numero dei carichi sollevati e il loro peso, l’altezza della mani, la distanza orizzontale, l’asimmetria ecc. al loro prelievo e al loro deposito (le così dette geometrie al prelievo e al deposito. Maggiori saranno le variabili tra i sollevamenti, più grande saranno i dati da considerare all’atto dell’analisi degli indici.

Gli “elementi chiave” su cui si è basato lo sviluppo della procedura sono i seguenti:

- Qualunque sia il numero dei potenziali singoli sub-tasks, essi vengono ridotti, mediante la procedura fino ad un massimo di 30, definiti dalla presenza di carichi differenti (categorie di peso) e dalle geometrie di movimentazione considerando:
  - Fino a 5 categorie di oggetti (pesi);
  - solo 2 categorie (ideale/non ideale) per la classificazione della Dislocazione Verticale (Vertical Location -VM) in
  - solo 3 categorie (vicina, media, lontana) per la classificazione della Dislocazione Orizzontale (Horizontal Location - HM)
- La presenza di Dislocazione Angolare (Asimmetry) è valutata sinteticamente per ognuna delle 5 categorie di peso (mediante un valore di soglia).
- La durata giornaliera dei sollevamenti è rimasta invariata;
- La Frequenza delle azioni di sollevamento è determinata specificatamente per ognuno (fino a un massimo) dei 30 sub-tasks considerati.
- La Dislocazione verticale e la presa del carico sono considerate come costante.

- Al termine di queste semplificazioni sarà possibile calcolare il LI di specifico per tutti i sub-tasks individuati (massimo 30);
  - Proseguire il calcolo dell'indice di sollevamento con 30 LI (un per ogni sub-task corrispondente) è ancora da considerarsi inadeguato (la ripartizione della frequenza totale di sollevamento nelle frequenze individuali per ogni sub-task risulterebbe ancora eccessiva andando a pregiudicare un corretto risultato finale) per cui si procederà ad un'altra aggregazione raggruppando i possibili 30 LI in 6 possibili differenti "Categorie LI" (LI Categories) non fisse ma secondo la loro variabilità e calcolando la frequenza cumulativa per ognuna delle 6 categorie di LI presenti.
  - Al termine di questa aggregazione sarà possibile calcolare anche *l'Indice di Sollevamento del compito Variabile (VLI)* utilizzando la modalità tradizionale del "*Composite Lifting Index*" (CLI) (Waters et al, 1994).
- Per seguire l'intera procedura di calcolo, è risultato necessario sviluppare un software dedicato.

## **APPROFONDIMENTO DELLA PROCEDURA**

### **Raccolta dati di organizzazione e di produzione.**

Lo studio dei dati organizzativi è preliminare per tutti i tipi di compiti: mono, composito, variabile o sequenziale.

Il primo passo dell'analisi è quello dell'identificazione dei lavoratori e del loro numero (1 o più) occupati in attività omogenee di sollevamento dei carichi .

In secondo luogo, occorre determinare le differenti fasi di movimentazione (task/s) e la loro rispettiva durata nel turno, anche in considerazione della vera sequenza di sollevamento o di avvicendamento con altri compiti "senza movimentazione manuale" e/o di interruzione delle attività (pause).

Nella raccolta dati deve quindi essere indicato il peso (da 3 Kg fino al peso massimo sollevato, suddivisi in intervalli incrementali di 1 Kg) e il numero relativo di oggetti sollevati in un turno dal lavoratore (se uno) o dall'intero gruppo omogeneo di lavoratori individuato.

Questi dati di produzione sono generalmente noti alle figure responsabili dell'organizzazione aziendale. In alcuni stati la conoscenza del peso dell'oggetto sollevato è obbligatoria e dovrebbe essere apposta sull'imballo. Occorre notare che se qualche oggetto è sollevato svariate volte tra l'origine e la destinazione, dovrà essere indicato il numero delle volte per cui esso è effettivamente spostato: questo dato cambierà il numero di oggetti effettivamente sollevati e conseguentemente la frequenza di sollevamento.

I pesi indicati saranno quindi aggregati (dal software dedicato) in un massimo di 5 categorie di peso, su una base statistica, definite dalle rispettive tipologie e quantità.

Dai dati precedenti e cioè "*il numero di lavoratori coinvolti nel task/s*", "*la durata netta di sollevamento manuale nel turno*", "*il numero totale di oggetti sollevati durante un turno*", "*il numero di oggetti all'interno di ogni categoria di peso sollevati durante un turno*", si otterrà sia la frequenza di sollevamento complessiva (per lavoratore) sia la frequenza totale di sollevamento (per lavoratore) per ognuna delle 5 categorie di peso. Dalle tavole tradizionali possono vengono utilizzati i Moltiplicatori di Frequenza (FM) corrispondenti (Waters et al.,

1993) in considerazione dello scenario di durata di sollevamento appropriato (breve; media; lunga).

### **Semplificazione delle variabili.**

Per calcolare gli LI per i sub-task individuati e arrivare a non superare le 30 unità, devono essere adottate alcune semplificazioni nelle diverse variabili (e relativi moltiplicatori) presenti nell'Equazione Sollevamento originale (Waters et al., 1993).

A seguire, sono definiti gli orientamenti adottati per le semplificazioni:

#### *a) dislocazione verticale (altezza delle mani all'origine del sollevamento).*

La variabile "altezza delle mani all'origine/destinazione del sollevamento è stata ridotta in due differenti aree:

- AREA IDEALE: le mani sono poste tra 50 e 125 cm; il conseguente Moltiplicatore Verticale (VM) è definito uguale a 1.
- AREA NON IDEALE. Le mani sono al disotto di 50 cm o sono superiori a 125 cm: il conseguente Moltiplicatore Verticale (VM) è definito uguale a 0,78.  
In funzione di queste scelte potranno essere calcolati 2 sub-tasks per ogni categoria di peso (definendo quindi un numero massimo di 10 subtasks)  
L'AREA ESTREMA superiore a 175 cm (>175 cm) è da considerarsi come ulteriore opzione, completamente inadeguata (il calcolo risulta infatti possibile) e deve essere evitata.

#### *b) dislocazione orizzontale (Massimo punto di presa delle mani lontano dal corpo durante il sollevamento).*

La distanza orizzontale è stata semplificata in tre differenti aree:

- AREA IDEALE (vicina). La Distanza Orizzontale è all'interno dell'intervallo di 25-40 cm.; il conseguente Moltiplicatore Orizzontale (HM) è definito uguale a 0,71 (preso per un valore rappresentativo di 35 cm).
- AREA NON IDEALE (media). La Distanza Orizzontale è all'interno dell'intervallo di 40-50 cm.; il conseguente Moltiplicatore Orizzontale (HM) è definito uguale a 0,56 (per un valore rappresentativo di 45 cm.)
- AREA NON IDEALE (lontana). La Distanza Orizzontale è all'interno dell'intervallo di 50-63 cm.; il conseguente Moltiplicatore Orizzontale (HM) è definito uguale a 0,40 (per un valore rappresentativo di 63 cm.)  
In funzione di queste scelte potranno essere calcolati 3 sub-tasks per ogni categoria di peso
- L'AREA ESTREMA superiore a 63 cm (>63 cm) è da considerarsi come ulteriore opzione, completamente inadeguata (il calcolo risulta infatti possibile) e deve essere evitata.

#### *c) asimmetria (dislocamento angolare del carico).*

Le rotazioni del tronco sono considerate più sinteticamente. Il Moltiplicatore Asimmetrico (AM) di valore 0,81, è assegnato a tutti i sub-tasks solo se le rotazioni del tronco eccedono i 45° e sono presenti (in quella categoria) per il 50% delle azioni di sollevamento. In alternativa alle condizioni sopra riportate il moltiplicatore asimmetrico è uguale a 1.

#### *d) distanza verticale di sollevamento (distanza verticale delle mani tra l'altezza d'origine e la destinazione).*

L'apporto di questo fattore è stato ignorato. Il moltiplicatore corrispondente (DM) è stato quindi considerato come una costante uguale a 1. Occorre sottolineare che quando si analizza la Dislocazione Verticale (VM), deve essere considerata sia l'altezza delle mani all'origine che quella alla destinazione del sollevamento.

#### *e) Tipo di presa*

Anche l'apporto di questo fattore è stato definito in maniera particolare. Poiché, dall'esperienza acquisita nel tempo, si è notato che trovare "prese adeguate" è piuttosto raro: il moltiplicatore corrispondente (CM) è definito costante e imposto uguale a 0,90.

### **Raggruppamento dei risultanti LI (Lifting index) e calcolo del Composite Lifting Index e Variable Lifting Index (VLI) finale.**

Adottando la procedura semplificativa delle variabili di lay-out prima illustrata si arriva a contenere il numero dei sub-task entro 30 (5 categorie di peso x 2 Dislocazioni Verticali x 3 Aree Orizzontali x 1 condizione di Asimmetria).

Come già rimarcato, per calcolo del LI di ciascuno sub task individuati (procedimento preliminare alla stima dell'indice finale) è necessaria la valutazione della specifica frequenza di sollevamento di ciascun sub-task: utilizzando anche 30 sub-task la frequenza totale verrebbe eccessivamente frazionata nel calcolo delle frequenze individuali di sub-task e non consentirebbe l'applicazione corretta applicare correttamente l'Indice di Sollevamento Composito "tradizionale" (CLI) (Waters et al, 1994). Quindi, eccetto nel caso della presenza di non più di 10 "subtasks", si procede ad un'altra "aggregazione", raggruppando i possibili 30 LI in 6 "categorie di LI".

In particolare per generare queste 6 categorie di LI, è calcolato il FILI (l'Indice Sollevamento Indipendente dalla Frequenza), per ognuno dei possibili 30 "subtasks" preventivamente determinati.

Fra tutti i valori di FILI, sono determinati i valori del 10°, 25°, 50°, 75° e 90° percentile; questa "chiave di determinazione", utilizzando i percentili, tiene in considerazione la variabilità dei risultati ottenuti e determina i limiti di aggregazione dei "subtasks" nelle 6 categorie di "LI". Conseguentemente è determinata anche la frequenza cumulata di sollevamento per ognuna di queste 6 categorie di LI.

Il software esegue automaticamente anche questo complesso processo aggregativo.

Usando questi dati, il Variable Lifting Index (VLI) è calcolabile usando le modalità tradizionali del "Composite Lifting Index" (CLI) (Waters et al, 1994).

### **CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI**

Il metodo "Lifting Index NIOSH" (comprensivo di alcune "varianti") è adottato estesamente in molte Linee Guida nazionali ed internazionali, così come in Norme Standard Internazionali (i.e. EN 1005-2 ed ISO 11228-1).

Gli autori, nel tempo, hanno incontrato molti problemi applicativi nei contesti reali ove i compiti di sollevamento di tipo mono-task sono rari e più generalmente sono presenti compiti di sollevamento multipli e/o variabili.

In alcuni casi analizzati, l'approccio iniziale ai compiti di sollevamento composito (lo stesso carico, poche geometrie diverse) è stato esteso fino a oltre 50-100 sub-compiti determinando problemi rilevanti riguardo la raccolta dati e per l'elaborazione dei conseguenti calcoli (in particolare per la determinazione delle frequenze).

La proposta qui riportata è frutto di queste esperienze e definisce una procedura relativamente semplice (quando assistita da un software dedicato) per il calcolo del livello di rischio anche in compiti di sollevamento manuale complessi (magazzini, supermercati, etc). Il modello segue, e per alcuni aspetti migliora l'applicabilità degli standard internazionali (i.e ISO 11228-1 ed EN 1005-2) che trattano questa tipologia di Rischio.

Il metodo proposto, con le sue semplificazioni è usato ed è stato esaminato dagli autori approssimativamente in 50 contesti reali di lavoro. Negli stessi contesti è stato inoltre applicato il modello integrale (basato sull'approccio del CLI). In tutti e due i casi l'uso di un software dedicato ha facilitato l'applicazione delle procedure di calcolo. Il confronto dei risultati preliminari hanno dimostrato un buon "accordo" tra i dati ricavati dai calcoli effettuati con i due metodi.

Un software dedicato sarà offerto dagli autori (presto disponibile nei siti web dei loro rispettivi Enti di Appartenenza) a tutti coloro che vorranno applicare i contenuti di questa la procedura. Ogni considerazione, proposte di miglioramento e suggerimenti, determinati dall'uso pratico del software saranno notevolmente graditi.

## **BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI**

-Waters TR, Putz-Anderson V, Garg A, and Fine LJ, 1993. Revised NIOSH Equation for the Design and Evaluation of Manual Lifting Tasks. *Ergonomics*. 36(7):749-776.

-Waters TR, Putz-Anderson V, and Garg A, 1994. Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation. DHHS(NIOSH) Publication No. 94-110. National Institute for Occupational Safety and Health, Centers for Disease Control and Prevention. Cincinnati, Ohio, 45226.

-Waters TR, Lu ML, and Occhipinti E., 2007. New procedure for assessing sequential manual lifting jobs using the revised NIOSH lifting equation. *Ergonomics*. 50(11): 1761-1770.

-Waters TR, Occhipinti E, Colombini D, Alvarez E and Hernandez A, 2009. The Variable Lifting Index: A Tool for Assessing Manual Lifting Tasks with Highly Variable Task Characteristics. Proceedings 17<sup>th</sup> IEA World Conference, Beijing- August 2009 (acceptd, in press)