

## Un esempio di applicazione del metodo VLI

### Raccolta dei rifiuti Porta a Porta, risultati e simulazioni di bonifica

Luca Galinotti

## RICICLAGGIO E RECUPERO DEI RIFIUTI OBIETTIVI DELL'UNIONE EUROPEA E DELL'ITALIA

UE

Direttiva 2008/98/CE

ITALIA

D. Lgs. 205/2010

- Entro il 2020, avvio a riciclo di almeno il 50% dei rifiuti provenienti dai nuclei domestici
- Entro il 2012, raccolta differenziata pari ad almeno il 65% dei rifiuti urbani

## LA RACCOLTA DIFFERENZIATA PORTA A PORTA

Sistema di gestione dei rifiuti che prevede il ritiro presso il domicilio delle singole utenze

Raccolta Differenziata a Cassonetto Stradale



Raccolta automatica e/o semi-automatica

Raccolta Differenziata Porta a Porta



Raccolta manuale e/o semi-automatica  
Maggiori % di differenziata  
Maggiori attività di MMC

## RACCOLTA PORTA A PORTA: ALTA VARIABILITÀ

L'attività di raccolta porta a porta prevede il sollevamento di oggetti dal peso molto variabile sia all'interno di un turno di lavoro sia all'interno della settimana/mese/anno

PLASTICA

CARTA

INDIFFERENZIATO

Tipologia di rifiuto raccolto

VETRO

ORGANICO

ALTA DENSITÀ ABITATIVA > 100.000 Ab

ITINERARI DI RACCOLTA

BASSA DENSITÀ ABITATIVA - TS + MMC

SACCHI

CESTE

Tipologia di contenitori

CLIMA

Stagionalità

FESTIVITÀ

## IL CASO IN ESAME

### Applicazione del metodo NIOSH Variable Lifting Index in un Comune Italiano di media grandezza (circa 50.000 ab) che effettua la raccolta differenziata porta a porta

#### Analisi dell'organizzazione del lavoro

- Orari turno
- Tipologia di squadre di raccolta
- Tempi di Movimentazione Manuale dei Carichi
- Frequenza di movimentazione pro/operatore
- Geometrie di movimentazione
- Modalità operative

## ORARI TURNO

La raccolta viene effettuata su due turni con rotazione settimanale

Turno del mattino h 5.00/12.00  
Turno del pomeriggio h 13.00/20.00

L'attività prevede il ritiro di una singola tipologia di rifiuto in ciascun giorno della settimana dedicato alla raccolta (5 giorni su 7).

Tot 40.000

- RACCOLTA ORGANICO: Mastelli da 20 e 35 L
- RACCOLTA INDIFFERENZIATO: Mastelli da 20 e 35 e 50 L

Tot 22.000

- RACCOLTA CARTA: Ceste da 60 L
- RACCOLTA PLASTICA: Sacchi da 110 L
- RACCOLTA VETRO: Campane svuotate automaticamente (No MMC)



**N.B. IN TUTTI GLI ITINERARI SONO ANCHE PRESENTI CASSONETTI A 2 O 4 RUOTE (Attività di traino e spinta)**

### TIPOLOGIA DI SQUADRE DI RACCOLTA

L'organizzazione aziendale prevede 3 tipologie di squadra:

1 autista +  
2 operatori



Compattatore 20-23 m<sup>3</sup>

1 autista +  
1 operatore



Mini - Compattatore 8-10 m<sup>3</sup>

Mono-  
operatore



Autocarro con vasca 4-5 m<sup>3</sup>




Tutti gli autoveicoli sono dotati di dispositivo volta alza contenitori per il ribaltamento semi-automatico dei cassonetti a 2 o 4 ruote.

#### Tempi di MMC e frequenza di movimentazione

Tutti gli autoveicoli adibiti alla raccolta sono dotati di GPS e dispositivo a radio frequenza per la lettura del n° di contenitori svuotati.

L'analisi di questi dati, relativi ad un anno, ed i colloqui effettuati hanno evidenziato scenari di movimentazione sempre di durata lunga (circa 3 ore) e frequenze di movimentazione pro-operatore sempre inferiori a 2 sollevamenti al minuto.

### GEOMETRIE DI MOVIMENTAZIONE

ALTEZZA ALLA DESTINAZIONE	
SR	ALTEZZA
1	171-172
2	161-170
3	151-160
4	141-150
5	131-140
6	121-130
7	111-120
8	101-110
9	91-100
10	81-90
11	71-80
12	61-70
13	51-60
14	41-50
15	31-40
16	21-30
17	11-20
18	1-10

← ALTEZZA CRITICA  
↕ AREA NON OTTIMALE  
↕ AREA OTTIMALE  
↕ AREA NON OTTIMALE

**ALTEZZE ALLA DESTINAZIONE**  
Tutti gli autoveicoli utilizzati hanno altezze di carico superiori a 125 cm e quindi rientranti in area non ottimale del VLI. Inoltre gli operatori sono spesso costretti a svuotare i contenitori ad altezze critiche (>175cm).

**ALTEZZE ALL'ORIGINE**  
Le altezze di presa dei contenitori sono invece in area ottimale per tutte le tipologie di rifiuto (ad eccezione dei sacchi di plastica).

### MODALITÀ OPERATIVE

Indagine sulle modalità operative di sollevamento dei contenitori tramite somministrazione di **questionari anonimi** agli operatori addetti alla raccolta.

Criticità emerse:

- Sollevamento con 1 arto
- Sollevamento di 2 contenitori alla volta
  - Peso elevato
  - Sollevamenti aggiuntivi

### CAMPIONAMENTO PESI

Indagine sulla variabilità dei pesi movimentati, svolta in maniera condivisa con i Rappresentanti dei Lavoratori per la Sicurezza (RLS) ed il Servizio di Prevenzione e Protezione (SPP) dell'azienda, che ha tenuto conto di:

- Itinerari di raccolta considerati più gravosi dai lavoratori
- Andamento stagionale della quantità di rifiuto raccolto → scelta di un mese rappresentativo

**ESEMPIO STAGIONALITÀ PLASTICA**

Mese	Peso (Kg)
1	84160
2	83700
3	84080
4	105620
5	80020
6	79600
7	93600
8	58160
9	76540
10	101370
11	82540
12	97300

### CALCOLO NUMEROSITÀ CAMPIONARIA

Campionamento preliminare di 30 contenitori per ciascuna volumetria di contenitore e per ciascuna tipologia di rifiuto → media e deviazione standard.

Calcolo statistico per stabilire la numerosità campionaria → intervallo di confidenza pari al 95% e ipotesi di scostamento dalla media non superiore al 10%

$$D = \frac{z_{1-\alpha/2}\sigma}{\sqrt{n}}$$

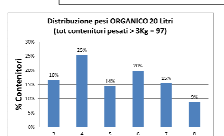
$$n = \left(\frac{1.96\sigma}{D}\right)^2$$

**N° totale contenitori pesati = 1597**

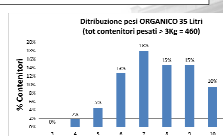
### RISULTATI CAMPIONAMENTO PESI

**ESEMPIO DISTRIBUZIONE PESI RIFIUTO ORGANICO**  
Tot contenitori pesati > 3Kg = 557

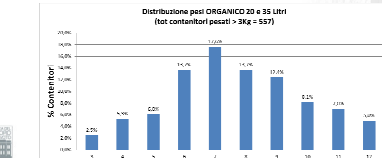
Distribuzione pesi ORGANICO 20 litri (tot contenitori pesati > 3Kg = 97)



Distribuzione pesi ORGANICO 25 litri (tot contenitori pesati > 3Kg = 400)



Distribuzione pesi ORGANICO 30 e 35 litri (tot contenitori pesati > 3Kg = 557)



% Cont 20 Lt	17%
% Cont 35 Lt	83%

Contenitori < 3 Kg = 13 % (tutti da 20 Lt)

### INDICI DI RISCHIO E MASSE CUMULATE

Gli Indici di Rischio sono stati calcolati per ciascuna tipologia di squadra e per singolo rifiuto raccolto.  
Per i casi di movimentazioni ad altezze critiche, il calcolo degli Indici è stato effettuato utilizzando il moltiplicatore peggiore.

Rifiuto	VLI			MASSA CUMULATA
	M 18-45	F 18-45 e M <18 >45	F <18 >45	
<b>ORGANICO</b>	3,2	4	5,3	4000 Kg
<b>INDIFFERENZIATO</b>	3,3	4,1	5,5	1600 Kg
<b>CARTA</b>	1,7	2,1	2,9	750 Kg
<b>PLASTICA</b>	0,8	0,9	1,3	190 Kg

Principali criticità della raccolta Porta a Porta:

- Peso elevato dei contenitori
- Geometrie di movimentazione
- Massa cumulata
- Posture incongrue del tronco e della spalla

**Anzianità di mansione elevata!!**  
Circa il 50% degli operatori ecologici > 45 anni (tutti maschi)

### INTERVENTI DI BONIFICA DEL RISCHIO

**VINCOLI ALLA BONIFICA DEL RISCHIO:**

- Tempi di raccolta
- Autoveicoli multifunzionali

- Geometrie di movimentazione ottimali**
  - Applicazione tasca posteriore o laterale (Intervento a breve termine)
  - Sostituzione automezzi (Intervento a medio-lungo termine)
- Riduzione volumetria contenitori sollevati**
  - Sostituzione degli attuali contenitori (Intervento a medio-lungo termine)
- Utilizzo contenitori con ruote**
  - Applicazione ruote o sostituzione contenitori (Intervento a medio-lungo termine)

### INTERVENTI DI BONIFICA DEL RISCHIO #1

Simulazioni con geometrie di movimentazione ottimali:

- Eliminazione h critiche (> 175 cm)
- Altezza delle mani sempre in area ottimale

SITUAZIONE ATTUALE → SCARICO AD h < 125 CM

Rifiuto	VLI			VLI		
	M 18-45	F 18-45 e M <18 >45	F <18 >45	M 18-45	F 18-45 e M <18 >45	F <18 >45
<b>ORGANICO</b>	3,2	4	5,3	2,1	2,6	3,4
<b>INDIFFERENZIATO</b>	3,3	4,1	5,5	2,1	2,7	3,6
<b>CARTA</b>	1,7	2,1	2,9	1,1	1,4	1,8
<b>PLASTICA</b>	0,8	0,9	1,3	0,8	0,9	1,3

### INTERVENTI DI BONIFICA DEL RISCHIO #2

Riduzione volumetria contenitori sollevati:

- Riduzione pesi sollevati

SITUAZIONE ATTUALE → SCARICO AD h < 125 CM + CONTENITORI 20 Litri

Rifiuto	VLI			VLI		
	M 18-45	F 18-45 e M <18 >45	F <18 >45	M 18-45	F 18-45 e M <18 >45	F <18 >45
<b>ORGANICO</b>	3,2	4	5,3	1,5	1,9	2,6
<b>INDIFFERENZIATO</b>	3,3	4,1	5,5	1,5	1,9	2,6

### INTERVENTI DI BONIFICA DEL RISCHIO #3

Utilizzo contenitori con ruote:

- Eliminazione sollevamento di due contenitori alla volta
- Riduzione masse cumulate (NO sollevamenti aggiuntivi)

SITUAZIONE ATTUALE → SCARICO AD h < 125 CM + CONTENITORI 20 Litri + CONTENITORI CON RUOTE

Rifiuto	VLI			VLI		
	M 18-45	F 18-45 e M <18 >45	F <18 >45	M 18-45	F 18-45 e M <18 >45	F <18 >45
<b>ORGANICO</b>	3,2	4	5,3	1,3	1,6	2,2
<b>INDIFFERENZIATO</b>	3,3	4,1	5,5	1,4	1,7	2,3

### CASO STUDIO POLITECNICO

SOLUZIONE PROPOSTA DAGLI STUDENTI DEL POLITECNICO DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI MECCANICA – SEZIONE VIRTUAL PROTOTYPING

Nastro trasportatore dotato di pale e copertura per svuotamento in continuo dei contenitori, da applicare sugli autoveicoli già presenti.

- Abbassamento dell'altezza di scarico dei contenitori
- Rispetto dei tempi di raccolta
- Rispetto multifunzionalità degli automezzi

MINISTERO DELLE POLITICHE REGIONALI  
REGIONE ABRUZZO  
DIREZIONE REGIONALE REGIONALE  
DIREZIONE REGIONALE REGIONALE

### STANDARDIZZAZIONE

**NECESSITÀ DI FORNIRE CRITERI / LINEE GUIDA, A LIVELLO EUROPEO, PER UNIFORMARE ALCUNI ASPETTI DELLA RACCOLTA MANUALE DEI RIFIUTI.**

- Misure standard per gli automezzi utilizzati nella raccolta manuale (evitare altezze critiche di scarico)
- Criteri per la scelta dei contenitori da utilizzare in relazione alla realtà gestita (densità abitativa, conformazione territoriale etc...)

1000  
1000  
1000  
1000

MINISTERO DELLE POLITICHE REGIONALI  
REGIONE ABRUZZO  
DIREZIONE REGIONALE REGIONALE  
DIREZIONE REGIONALE REGIONALE

### PROSPETTIVE FUTURE

Gli operatori addetti alla raccolta Porta a Porta risultano esposti ad una serie di rischi (sollevamento, traino-spinta, microclima), ciascuno calcolato con differenti metodologie.

Una ricerca applicata, basata sulla rilevazione del consumo di ossigeno che stima, con metodo fisiologico, lo sforzo complessivo di tutti questi tipi di attività, potrebbe fornire un valido risultato da affiancare agli attuali livelli di rischio.

1000  
1000  
1000  
1000

MINISTERO DELLE POLITICHE REGIONALI  
REGIONE ABRUZZO  
DIREZIONE REGIONALE REGIONALE  
DIREZIONE REGIONALE REGIONALE

## Grazie per l'attenzione



1000  
1000  
1000  
1000