

La misura del lavoro

C. Noè

La misura del lavoro

Definizioni:

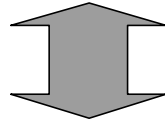
La misura del lavoro è la procedura con cui si misura o si prevede la resa produttiva (*rate of output*) di un'operazione esistente o progettata, oppure si determina quanto tempo si spende nelle varie attività produttive e non produttive di un processo, di un'operazione o di un lavoro

(G.B. Carson, Production Handbook)

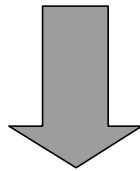
La misura del lavoro consiste nell'applicazione di tecniche studiate per stabilire il contenuto di lavoro relativo al compito specifico, determinando il tempo richiesto per svolgerlo secondo un definito standard di prestazione da parte di un operaio qualificato (*International Labour Office di Ginevra*)

Che cosa si determina con la misura del lavoro?

Tempo teorico (standard): tempo teoricamente necessario per eseguire il lavoro rispettando un determinato metodo.



Tempo impiegato: tempo effettivamente speso nell'esecuzione del lavoro



**EFFICIENZA, RENDIMENTO, RESA
LAVORATIVA:**

(Tempo Teorico / Tempo Impiegato)

CAMPI DI APPLICAZIONE

- Studio dei metodi
- Calcolo della produzione (oraria, giornaliera, settimanale, ecc.)
- Calcolo delle risorse
- Programmazione della produzione
- Previsione delle date di consegna ai clienti
- Valutazione dei rendimenti
- Equilibratura dei carichi di lavoro
- *Budget*

Metodi di determinazione degli standard lavorativi

- 1 Stima basata sull'esperienza
- 2 *Time study* (cronometraggio)
- 3 Tempi standard predeterminati (*MTM*)
- 4 Campionatura (*work sampling*)

1 - STIMA BASATA SULL'ESPERIENZA

Tecnica piuttosto approssimativa e soggettiva basata sulla conoscenza dei dati storici relativi a lavori analoghi e sull'esperienza dei valutatori; è valida quando non è necessaria una grande precisione.

2 - *TIME STUDY* (CRONOMETRAGGIO)

Tecnica per determinare il più accuratamente possibile, mediante un numero limitato di osservazioni, il tempo necessario ad eseguire una determinata attività ad un determinato standard di efficienza.

2 - TIME STUDY (CRONOMETRAGGIO)

Scelto il processo da analizzare, i passaggi del metodo sono:

1 Suddivisione del processo in fasi identificate da precisi istanti di inizio e fine; ogni fase deve richiedere almeno qualche secondo per l'esecuzione ma non più di qualche minuto

2 Definizione del tempo di riferimento (\bar{t})

3 Definizione del numero di cicli di cronometraggio

4 Cronometraggio e registrazione delle misure

5 Calcolo del **tempo standard** (ST)

5.1 Calcolo del **tempo medio di ciclo** (\bar{t}')

5.2 Calcolo del **tempo normale** (NT) tenendo conto del fattore di resa (RF)

5.3 Eseguire la somma dei **tempi normali** dei singoli elementi per ottenere quello del processo considerato (NTC)

5.4 Tolleranza nel tempo normale (A)

2 - TIME STUDY (CRONOMETRAGGIO)

3 - Determinazione del numero di cronometraggi

$$n = \left[\left(\frac{z}{h} \right) * \left(\frac{\mathbf{S}}{\bar{t}} \right) \right]^2$$

$z^{(1)}$ = fattore legato al livello di confidenza desiderato

σ = deviazione standard

h = margine percentuale di errore ammissibile sulle valutazioni

\bar{t} = tempo di riferimento

(1) livello di confidenza	z
90%	1.65
95%	1.96
99%	2.58

2 - *TIME STUDY* (CRONOMETRAGGIO)

5 - Calcolo del tempo standard

5.1 - Calcolo del tempo medio di ciclo

$$\text{Tempo medio di ciclo } (\bar{t}') = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$$

t_i = tempo impiegato da un lavoratore per l'esecuzione di una operazione elementare in uno degli n cicli osservati.

n = numero di cronometraggi in cui si è ripetuta la misurazione per ogni lavoratore.

2 - *TIME STUDY* (CRONOMETRAGGIO)

5.2 - Calcolo del tempo normale

Tempo normale (NT) = (Tempo medio di ciclo) * (F)* RF

RF (*Rating Factor*): descrive quanto al di sopra o al di sotto della media sia la prestazione di un lavoratore in merito ad una determinata operazione.

$$F = \frac{1}{\text{dimensioni entità in gioco}}$$

F indica la frequenza con cui una determinata operazione è ripetuta nell'esecuzione di un compito

2 - *TIME STUDY* (CRONOMETRAGGIO)

5.3 - Somma dei tempi normali dei singoli elementi e calcolo di NTC

$$\text{Tempo normale totale (NTC)} = \sum_{j=1}^m NT_j$$

$j = 1 \dots m$ indica il numero di attività monitorate

$$\text{Tempo standard} = \text{NTC} * (1 + A)$$

Il **fattore di aggiustamento** (A) serve a considerare i bisogni personali dei lavoratori, la fatica,, ecc.

2 - TIME STUDY (CRONOMETRAGGIO)

Esempio di calcolo:

L'operazione di imballaggio di tazze di caffè è costituita dalle quattro fasi riportate in tabella:

FASI	deviazione std.(min.)	tempo di riferimento (min.)	Osservaz.
1- prendere due scatole	0,0305	0,5	5
2 - inserimento spessori	0,0171	0,11	10
3 - inserimento tazze nel cartone	0,0226	0,71	10
4- chiusura cartoni	0,0241	1,1	10

Per questo problema si considerino:

livello di confidenza = 95% ($z = 1.96$), $h = 4\%$

$$\text{Fase1 } n = \left[\left(\frac{1.96}{0.04} \right) \left(\frac{0.0305}{0.5} \right) \right]^2 = 9$$

$$\text{Fase2 } n = \left[\left(\frac{1.96}{0.04} \right) \left(\frac{0.0171}{0.11} \right) \right]^2 = 58$$

$$\text{Fase3 } n = \left[\left(\frac{1.96}{0.04} \right) \left(\frac{0.0226}{0.71} \right) \right]^2 = 3$$

$$\text{Fase4 } n = \left[\left(\frac{1.96}{0.04} \right) \left(\frac{0.0241}{1.1} \right) \right]^2 = 2$$

2 - TIME STUDY (CRONOMETRAGGIO)

Continuazione esempio:

Date le 10 osservazioni già effettuate ne rimangono altre 48 i cui valori sono registrati di seguito:

<u>Fasi</u>	<u>\bar{t}</u>	<u>F</u>	<u>RF</u>
1	0.53	0.5	1.05
2	0.1	1	0.95
3	0.75	1	1.10
4	1.08	1	0.9

La presa delle scatole avviene una volta per ognuna delle altre operazioni e quindi $F = 1/2$.

$$NT_1 = 0.53 * 0.5 * 1.05 = 0.28 \text{ min.}$$

$$NT_2 = 0.1 * 1 * 0.95 = 0.10 \text{ min.}$$

$$NT_3 = 0.75 * 1 * 1.10 = 0.83 \text{ min.}$$

$$NT_4 = 1.08 * 1 * 0.9 = 0.97 \text{ min.}$$

 $NTC = 2.18 \text{ min.}$

2 - *TIME STUDY* (CRONOMETRAGGIO)

Continuazione esempio:

- Determinazione tempo standard (ST)

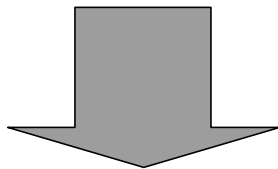
$$ST = NTC * (1 + A)$$

ipotizzando $A = 15\%$ risulta:

$$ST = 2.18 (1 + 0.15) = 2.51 \text{ min./scatola}$$

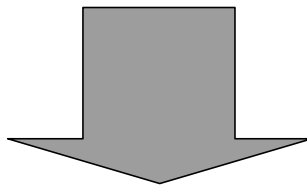
3- Tempi standard predeterminati (*MTM*)

Principio di base: ogni movimento elementare richiede, se compiuto da un esecutore sufficientemente abile, praticamente sempre lo stesso tempo, a parità di condizioni.



MTM: Methods-Time Measurement

è il più conosciuto fra i metodi che si basano su questo principio



I tempi sono espressi in unità particolari: *TMU* (*Time Measurement Unit*):

$$1 \text{ TMU} = 0.00001 \text{ ore} = 0.0006 \text{ min.} = 0.036 \text{ sec.}$$

$$1 \text{ ora} = 100.000 \text{ TMU}$$

3- Tempi standard predeterminati (*MTM*)

Passaggi del metodo:

1 scomposizione del lavoro nelle suoi micro-movimenti di base

2 trovare il valore appropriato relativo ai micro-movimenti dalle tabelle relative

3 eseguire la somma dei valori per ciascuno dei movimenti riscontrati

4 aggiustamento dei valori attraverso i fattori correttivi

5 determinazione tempo standard

3- Tempi standard predeterminati (*MTM*)

I numeri riportati in specifiche tabelle sono il frutto di analisi svolte al fine di individuare dei valori universalmente applicabili per la misurazione dei tempi relativi ai movimenti riconosciuti di base per:

1- arti superiori

2 - occhi

3 - arti inferiori

Per gli arti superiori, ad esempio, sono 9 i possibili movimenti eseguibili:

Raggiungere (*Reach*), Muovere (*Move*), Ruotare (*Turn*), Applicare pressione (*Apply Pressure*), Prendere (*Grasp*), Rilasciare (*Release*), Posizionare (*Position*), Disaccoppiare (*Disengage*), Girare la chiave (*Crank*).

Ad ogni movimento corrisponde una tabella che fornisce i dati di tempo in funzione dei fattori che ne condizionano la durata (pesi, distanze, forme degli oggetti, ecc.)

MTM Predetermined Data for the Move Micromotion

Distance Moved (in.)	Time TMU				Wt. Allowance			Case and Description
	A	B	C	Hand in Motion B	Wt. (lb) Up to	Dynamic Factor	Static Constant (TMU)	
½ or less	2.0	2.0	2.0	1.7				A Move object to other hand or against stop.
1	2.5	2.9	3.4	2.3	2.5	1.00	0	
2	3.6	4.6	5.2	2.9				
3	4.9	5.7	6.7	3.6	7.5	1.06	2.2	
4	6.1	6.9	8.0	4.3				
5	7.3	8.0	9.2	5.0	12.5	1.11	3.9	
6	8.1	8.9	10.3	5.7				B Move object to approximate or indefinite location.
7	8.9	9.7	11.1	6.5	17.5	1.17	5.6	
8	9.7	10.6	11.8	7.2				
9	10.5	11.5	12.7	7.9	22.5	1.22	7.4	
10	11.3	12.2	13.5	8.6				
12	12.9	13.4	15.2	10.0	27.5	1.28	9.1	
14	14.4	14.6	16.9	11.4				C Move object to exact location.
16	16.0	15.8	18.7	12.8	32.5	1.33	10.8	
18	17.6	17.0	20.4	14.2				
20	19.2	18.2	22.1	15.6	37.5	1.39	12.5	
22	20.8	19.4	23.8	17.0				
24	22.4	20.6	25.5	18.4	42.5	1.44	14.3	
26	24.0	21.8	27.3	19.8				C Move object to exact location.
28	25.5	23.1	29.0	21.2	47.5	1.50	16.0	
30	27.1	24.3	30.7	22.7				
Additional	0.8	0.6	0.85		TMU per inch over 30 inches			

Source: Copyright © by the MTM Association for Standards and Research. No reprint permission without written consent from the MTM Association, 16-01 Broadway, Fair Lawn, NJ 07410.

3- Tempi standard predeterminati (*MTM*)

MTM è una famiglia di sistemi che permettono l'applicabilità di questo metodo in funzione delle esigenze di differenti utilizzatori. I principali sono:

MTM - 1

MTM - UAS

MTM - MEK

3- Tempi standard predeterminati (*MTM*)

MTM-1: sistema dettagliato ed estremamente affidabile; adatto allo studio di lavorazioni molto ripetitive con cicli molto corti: in questi casi errori anche di pochi centesimi potrebbero costare caro. Per questo motivo l'analisi è condotta distinguendo i movimenti compiuti dalle due mani.

3- Tempi standard predeterminati (*MTM*)

Esempio MTM - 1 - descrizione compito:

avvitare 2 dadi e serrare con chiave (1 ora = 100.000 TMU)

Left hand description	F	Left hand movement	TMU	Right hand movement	F	Right hand description
SCREW 2 BOLTS						
Reach the bolt		R24C	12.5	R24C		Reach the bolt
Grasp		G4B	9.1	-		Grasp
		-	9.1	G4B		
Bolt to assembly		M24C	13.0	M24C		Bolt to assembly
Position 1 st bolt		P2SE	16.2	-		
Search thread	2	M2B	4.0	-	2	Position 1 st bolt Search thread
		-	16.2	P2SE		
		-	4.0	M2B		
Release		RL1	2.0	RL1		Release
fastening cycle	8	R2A	16.0	R2A	8	fastening cycle
		G1A	16.0	G1A		
		M2B	16.0	M2B		
		RL1	16.0	RL1		
		Total	150.1			
TIGHTEN 2 BOLTS WITH A WRENCH						
Reach the assembly		R-A	12.8	R30B		Reach the wrench
Grasp		G1A	3.5	G1B		Grasp Wrench to assembly
			15.1	M30C		
			14.7	P1SSD		
			1.6	SC2		
			10.9	M20B2		
			11.7	M20C		
			14.7	P1SSD		
			1.6	SC2		
			9.6	M16B2		
			10.6	APA		
			13.3	M30B		
2.0	RL1	Release				
		Total	122.1			

3- Tempi standard predeterminati (*MTM*)

MTM-UAS: è un sistema derivato da MTM-1 attraverso elaborazioni statistiche; si adatta alle lavorazioni per lotti a bassa ripetitività e con una certa variabilità in ogni ciclo di lavoro

3- Tempi standard predeterminati (*MTM*)

Esempio MTM - UAS - descrizione compito:

avvitare 2 dadi e serrare con chiave (1 ora = 100.000 TMU)

Description	Code	TMU	F	TMU sum
SCREW 2 BOLTS				
Grasp and position bolts	AF2	65		65
	AF1	40		40
Screw with hand	ZB1	10	8	80
		Total		185
TIGHTEN 2 BOLTS WITH A WRENCH				
Grasp and reposition wrench	HB2	60		60
Screw	ZA1	5		5
Reposition wrench	ZC1	30		30
Tighten	ZD	20		20
		Total		115

3- Tempi standard predeterminati (*MTM*)

MTM- MEK: è un sistema concepito per essere veloce e sufficientemente preciso; si adatta a lavorazioni in cui si verificano notevoli variazioni del ciclo produttivo, tipiche della produzione su commessa.

3- Tempi standard predeterminati (*MTM*)

Esempio MTM - MEK - descrizione compito:
 smontaggio candela motore (1 ora = 100.000 TMU)

Description	Code	TMU	F	TMU sum
DISMANTLING A SPARK PLUG				
Wire to side	AA3	50		50
Wrench to plug	HB3	100		100
Release	ZZ	30		30
Unscrew with a wrench	ZD	40	3	120
	ZB	20	2	40
Handly unscrew	BA3	30		30
	ZA	10	5	50
Plug to visual control	PA3	30		30
Control	VA	40		40
Plug to visual control	PA1	20		20
Control	VA	40		40
Plug to side	PA3	30		30
		Total		580

3- Tempi standard predeterminati (*MTM*)

Vantaggi del metodo MTM:

- gli standard possono essere predisposti prima dell'avvio della produzione (con il *Time Study* non è possibile)
- nuovi metodi di lavoro possono essere comparati senza che siano implementati
- sono ridotte le possibilità di errore nella registrazione dei tempi e delle prestazioni
- facile applicabilità
- economico rispetto al *Time study*

3- Tempi standard predeterminati (*MTM*)

Svantaggi del metodo MTM:

- il lavoro deve essere frazionato in micro-operazioni e diventa inaccettabile se l'attività non è ripetitiva
- i parametri scelti per la determinazione dei tempi potrebbero non adattarsi a qualsiasi situazione lavorativa (sono infatti innumerevoli i fattori che potrebbero introdurre una variabilità nei tempi di esecuzione e non tutti sono presi in considerazione nelle tabelle; ad esempio in quelle di MTM-1 non si considera la forma del pezzo da movimentare)

4 Campionatura (*work sampling*)

Il *work sampling* valuta le percentuali di tempo che un lavoratore spende svolgendo differenti compiti: le proporzioni temporali osservate durante lo svolgimento del lavoro preso a campione sono le medesime proporzioni di tempo spese nell'attività in generale.

4 Campionatura (*work sampling*)

Tipicamente impiegato nelle seguenti circostanze:

- studio dei ritardi: serve a stimare la percentuale di tempo che i lavoratori perdono in ritardi inevitabili; i risultati sono utilizzati nello studio dei metodi di lavoro e nella valutazione degli *activity cost*.
- impostazione degli standard lavorativi: per impostare adeguatamente gli standard lavorativi l'osservatore deve possedere un'esperienza sufficiente a classificare le performance dei lavoratori.
- Misurazione delle performance: il campionamento può sviluppare un indice delle prestazioni per la valutazione periodica dei lavoratori.

4 Campionatura (*work sampling*)

Passaggi del metodo:

- 1 Definire le attività
- 2 Definire come compiere le osservazioni
- 3 Definire la lunghezza dello studio
- 4 Prendere un campione preliminare per ottenere la stima dei valori dei parametri
- 5 Calcolare la dimensione richiesta del campione
- 6 Preparazione di una tabella per le osservazioni del lavoratore in momenti scelti casualmente
- 7 Osservazione delle attività e registrazione dei dati
- 8 Decidere se continuare nelle osservazioni
- 9 Calcolo del tempo normale per unità o parte
- 10 Calcolo del tempo standard per unità o parte

4 Campionatura (*work sampling*)

5- Calcolare la dimensione richiesta del campione

$$n = \frac{Z^2 p(1-p)}{h^2}$$

n = dimensione richiesta del campione

z = coefficiente della deviazione standard per un desiderato livello di confidenza

p = stima del valore della grandezza osservata (ad esempio: proporzione di tempo in cui il lavoratore è impegnato o fermo).

h = livello di accuratezza desiderato

<u>Livello di confidenza</u>	<u>z</u>
68%	1
95,45%	2
99,7%	3

4 Campionatura (*work sampling*)

Esempio 1:

Dati:

$$h = 3\%$$

livello di confidenza = 95,45%

proporzione di tempo in cui il lavoratore è fermo = 25%

$$n = \frac{(2)^2(0.25)(0.75)}{(0.03)^2} = 833 \text{ osservazioni}$$

4 Campionatura (*work sampling*)

9 - Calcolo del tempo normale

$$T_n = \frac{T_t * P_{occ.} * RF}{N}$$

T_t = tempo totale di osservazione

$P_{occ.}$ = % di tempo in cui il lavoratore osservato risulta occupato

N = numero di pezzi prodotti

RF = performance *rating factor*

RF (*Rating Factor*): descrive quanto al di sopra o al di sotto della media sia la prestazione di un lavoratore in merito ad una determinata operazione.

4 Campionatura (*work sampling*)

10 - Determinazione del tempo standard

$$T_{st} = \frac{\text{Tempo normale}}{(1 - \text{fattore di aggiustamento})}$$

Il **fattore di aggiustamento** serve a considerare i bisogni personali dei lavoratori, la fatica, ecc.

Esempio:

I risultati di uno studio effettuato per un totale di 80 ore (4800 sec.) sono:

225 pezzi prodotti

RF del lavoratore valutato = 1

percentuale di tempo in cui il lavoratore non è occupato = 20%

fattore di aggiustamento = 25%

$$T_n = \frac{4800 * 0.8 * 1}{225} = 17.07 \text{ (min./pezzo)}$$

$$T_{st} = 17.07 / (1 - 0.25) = 22.76 \text{ min./pezzo}$$

Tavola 5.1 Work Sampling e analisi delle attività di progettazione: esempio di moduli per le osservazioni

Modulo per le osservazioni del Work Sampling											
30 persone osservate			Osservatore			11/5/1990					
Prima sezione di Progettazione											
ATTIVITÀ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Somma
1...											
2...	Modulo per la somma totale del Work Sampling										
		11 maggio				12 maggio					
		ATTIVITÀ	Totali giornalieri	%	Totali cumulati	%	Totali giornalieri	%	Totali cumulati	%	
ATTIVITÀ PRINCIPALI	3...	1. Indagine	12	4,0	105	4,4	16	5,3	121	4,5	
	4...	2. Piano progettazione	18	6,0	222	9,3	26	8,7	248	9,2	
	5...	3. Disegni progett.	72	24,0	605	25,2	64	21,3	669	24,8	
	6...	4. Specifiche tecn.	13	4,3	130	5,4	15	5,0	145	5,4	
	7...	5. Tabulati vari	20	6,7	144	6,0	24	8,0	168	6,2	
		6. Grafici controllo	22	7,4	132	5,5	17	5,7	149	5,6	
		7. Misure per incid.	4	1,3	33	1,4	38	2,7	41	1,5	
ATTIVITÀ ACCESSORIE	8...	8. Documentazione	0	0	35	1,5	7	2,3	42	1,6	
	9...	9. Colloqui interni	25	8,4	205	8,6	20	6,7	235	8,3	
	10...	10. Colloqui esterni	10	3,3	120	5,0	15	5,0	135	5,0	
	11...	11. Riunioni, corsi	24	8,0	45	1,9	3	1,0	48	1,8	
	12...	12. Telefono	21	7,0	158	6,6	19	6,3	177	6,5	
		13. Prepar. progett.	10	3,3	95	3,9	11	3,7	106	3,9	
		14. Altro	15	5,0	85	3,5	13	4,3	98	3,6	
ALTRO	13...	15. Riposo	24	8,0	194	8,0	22	7,3	216	8,0	
	14...	16. Assenza ferie	10	3,3	72	3,0	20	6,7	92	3,4	
	15...	17. Trasferta	0	0	20	0,8	0	0	20	0,7	
SOMMA	16...	Attività principali	161	53,7	1371	57,2	170	56,7	1541	57,2	
		Attività accessorie	105	35,0	743	31,0	88	29,3	831	30,7	
	17...	Altro	34	11,3	286	11,8	42	14,0	328	12,1	
		Somma totale	300	100,0	2400		300	100,0	2700	100,0	

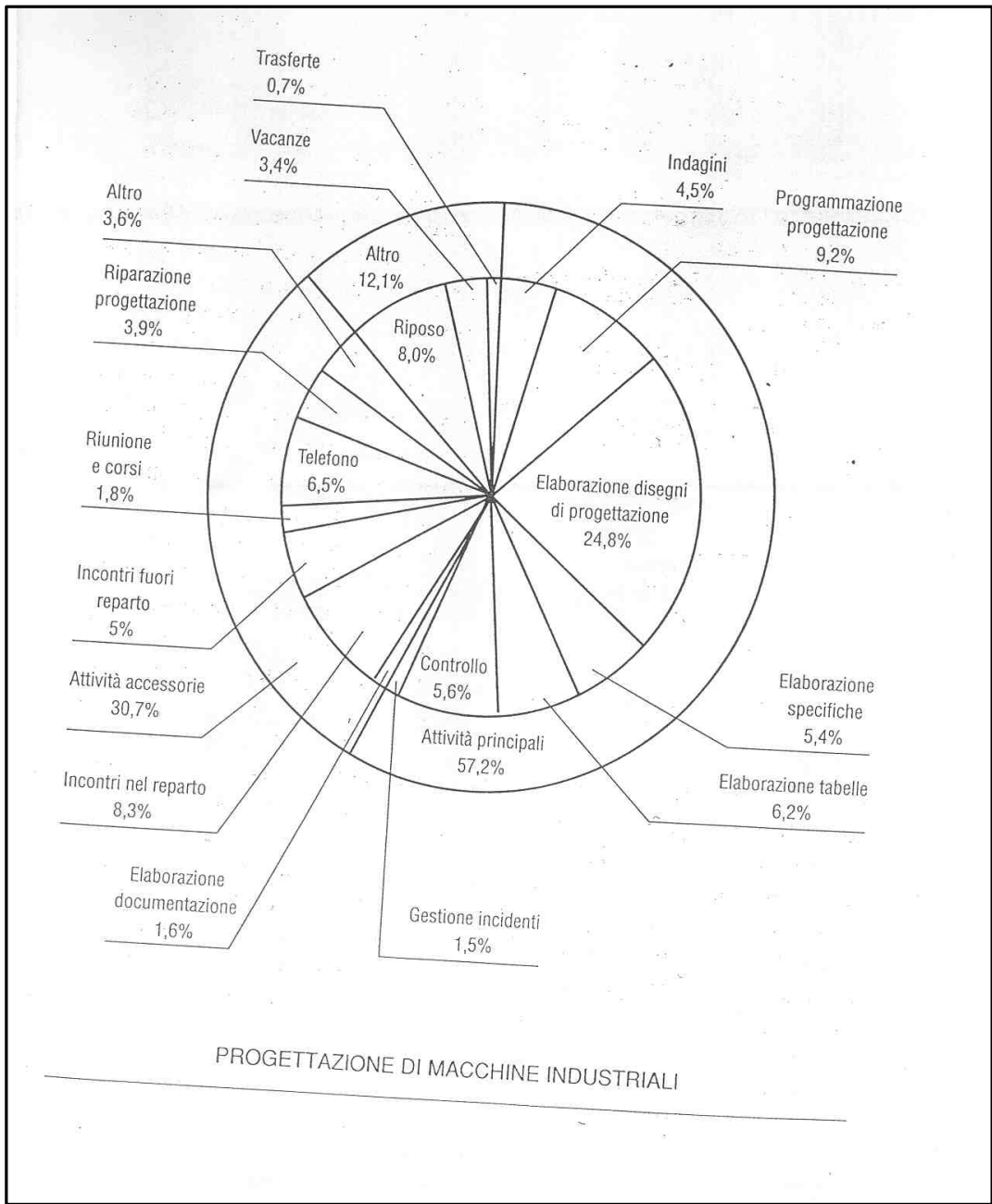
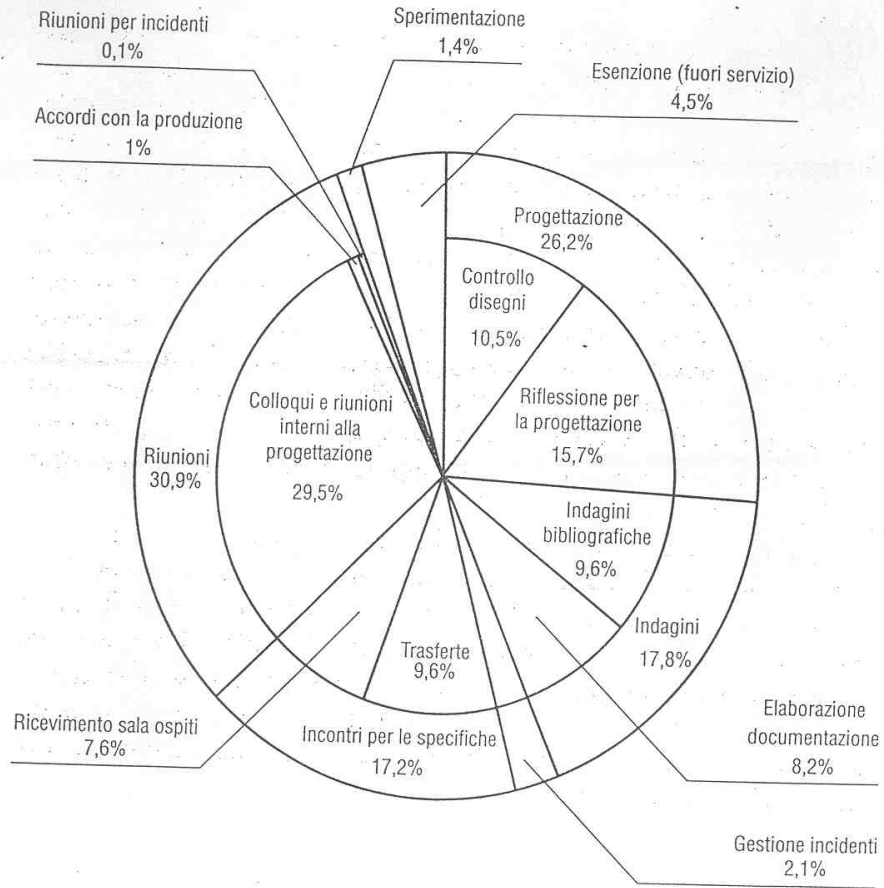


Figura 5.2 Esempio di Work Samplig relativo alle attività di progettazione



PROGETTAZIONE DI VEICOLI INDUSTRIALI

Riferimenti bibliografici

Lee J. Krajewski, Larry P. Ritzman. “*Operations Management: strategy and analysis*”, Addison - Wesley, 1999, *5th ed.*

Jay Heizer, Barry Render. “*Operations Management*”, Prentice Hall, 1999, *5th ed*

Akira Koudate. “Il management della progettazione”. ISEDI Petrini editore, Torino 1991