

Analisi statica del carico di Magazzino

da <http://escher07.altervista.org>

Generalità

Specie per le aziende commerciali o produttive è molto interessante capire quali sono le performance del proprio magazzino, ovvero quanta parte del carico che giornalmente produzione e/o acquisti versano viene poi spedito.

Ciò a fini di valutazione a posteriori (perché non siamo riusciti a spedire quanto volevamo?) ma anche in termini di valutazioni a priori (di breve termine perché deve essere noto il portafoglio ordini in spedizione) in modo ad esempio da predisporre per il giorno successivo spostamenti di personale da reparti magari più scarichi.

Le performance sono chiaramente relative a quanto si spedisce in rapporto a quanto si doveva spedire.

Un approccio analitico direi che non possa prescindere dal concetto di "carico": è ovvio che movimentare una pallina di gomma sia diverso che spostare un manufatto di cristallo di 1 metro cubo; inoltre anche a livello di pratiche burocratiche e di packaging diverso è spedire qualcosa a pochi chilometri di distanza dalla propria sede e effettuare invii transcontinentali e così via. Ossia pesare quanto si deve spedire e quanto spedito con un relativo "coefficiente di difficoltà" prima di farne il rapporto per valutare il rendimento.

Il problema è che dare una definizione matematica veramente soddisfacente del "carico" è molto difficile. Innanzitutto perché bisognerebbe individuare e poter misurare operativamente e per tutti gli oggetti da spedire una serie molto numerosa di parametri di vario tipo che influenzano il nostro carico. In secondo luogo è chiaro che, anche dopo aver fatto tale (ipotetica) modellizzazione perfetta delle variabili in ingresso al sistema, è ugualmente complesso trovare una formula per la quale il carico da noi calcolato sia "riconosciuto come vero" dagli addetti.

Di qui i limiti di un approccio classico (analitico o "deterministico") e l'idea di vedere cosa succederebbe se per risolvere il problema utilizzassimo una rete neurale che possa prescindere dalla definizione di tale carico ma impari semplicemente a capire la correlazione fra valore spedito e valore da spedire + *situazione descrittiva* del carico (vettore dei valori delle variabili di stato scelte).

Nei paragrafi successivi vedremo il percorso fatto per la risoluzione del problema con tecniche classiche e con approccio black box (rete neurale) confrontandone poi l'efficacia e discutendo sulla realizzazione pratica del tutto.

Approccio Analitico Tradizionale

Costruzione del Modello

Il primo passo è stato costruire un modello del magazzino per ricostruire con questo ed in modo coerente con la realtà il passato. Sono state individuati come ingressi le seguenti quantità:

- Valore da Spedire
- Numero di Bolle
- Tipo di Imballo
- Destinazione di Spedizione
- Importo medio per Riga di Bolla

In base a queste si è supposto di poter valutare un "carico pesato complessivo" (giornaliero) calibrandone la formula in modo da combaciare il più possibile con le osservazioni e le "sensazioni" degli operatori rilevate in un opportuno periodo di osservazione

Vediamo il tutto matematicamente. Si è considerato valido il seguente modello

$$\text{CaricoGiornata} = T(j) * \sum_{j=1 \dots \text{NRB}} \text{CaricoRiga}(j)$$

Dove NRB è il Numero Righe totali delle Bolle processate in giornata e T(j) è dato da:

$$T(j) = \text{WG}(\text{Valore}(j)/\text{NRB})/100$$

Essendo WG(.) una funzione che tiene conto dell'andamento della "difficoltà" di spedire una bolla a seconda del suo valore medio per riga. Ad esempio un qualcosa del genere:

```
Function WG(rapp As Double) As Double
'
' rapp è il rapporto fra l'importo totale(Euro) della bolla
' ed il numero di righe della bolla
'
Dim W As Double
W = 100
If rapp < 0.5 Then W = 200
If rapp >= 0.5 And rapp < 2.5 Then W = 180
If rapp >= 2.5 And rapp < 5.0 Then W = 170
If rapp >= 5.0 And rapp < 10.0 Then W = 150
If rapp >= 10.0 And rapp < 25.0 Then W = 120
If rapp >= 25.0 And rapp < 100 Then W = 110
If rapp >= 100 And rapp < 250 Then W = 105
If rapp >= 250 And rapp < 500 Then W = 100
If rapp >= 500 Then W = 90
WG = W
End Function
```

...per cui più una bolla ha importo per riga basso più sono "sparpagliati" i pezzi da prendere, quindi più (a parità di tutto il resto chiaramente) occorre lavorare per preparala per l'invio.

Riguardo al carico per riga valgono si sono adottate queste formule:

$$\begin{aligned} \text{CaricoRiga} &= \sum \text{Qta}(i) * \text{Prezzo}(i) * \text{U}(i) * \text{V}(i) * \text{W}(i) * \text{Z}(i) && i=1 \dots \text{NRB} \\ \text{U}(i) &= 1 + a * \text{F}[\text{numero_colli}(i)]/100 && a=1.0 \\ \text{V}(i) &= 1 + b * \text{G}[\text{italia_estero}(i)]/100 && b=0.5 \\ \text{W}(i) &= 1 + c * \text{H}[\text{tipo_imballo}(i)]/100 && c=0.3 \\ \text{Z}(i) &= \text{K}[\text{stato}(i)]/100 \end{aligned}$$

Con i pesi U,V,W,Z calcolati come dalle seguenti tabelle di pesi:

Tabella Numero Colli = funzione F(.)

numero_colli	F(numero_colli)	U(numero_colli)
0-1	0	100%
2-5	10	110%

numero_colli	F(numero_colli)	U(numero_colli)
6-10	20	120%
11-20	30	130%
21-50	40	140%
51-100	50	150%
101-200	100	200%
201-infinito	150	250%

Tabella Italia Estero = funzione G(.)

italia_estero	G(italia_estero)	V(italia_estero)
I	0	100%
E	100	150%

Tabella Tipo Imballo = funzione H(.)

TIPO IMBALLO	H(tipo_imballo)	W(tipo_imballo)
SOVRAIMBALLO	100	130%
PALLET	70	121%
BOX	50	115%
SCATOLA	40	112%
LEGACCIO	30	110%
MERCE SFUSA	0	100%
ORIGINALE	0	100%
DA DEFINIRE	0	100%

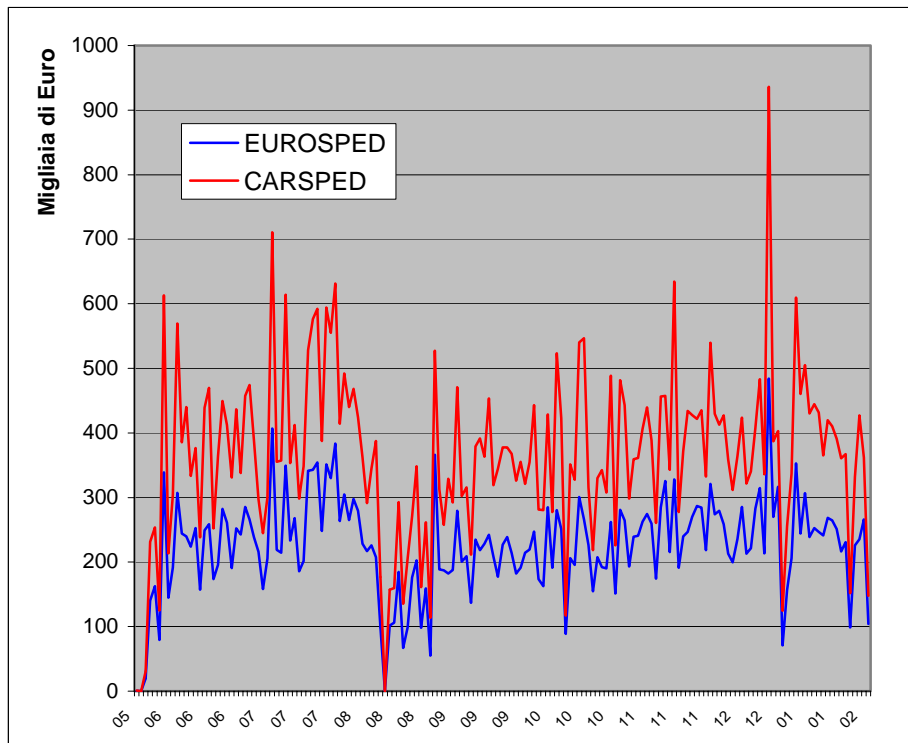
Tabella Stato = funzione K(.)

stato	K(stato)	Z(stato)
PREBOLLA EMESSA	20	20%
STAMPATA LISTA DI PRELIEVO	40	40%
PRELIEVO APERTO	60	60%
PRELIEVO TERMINATO	80	80%
BOLLA STAMPATA	100	100%

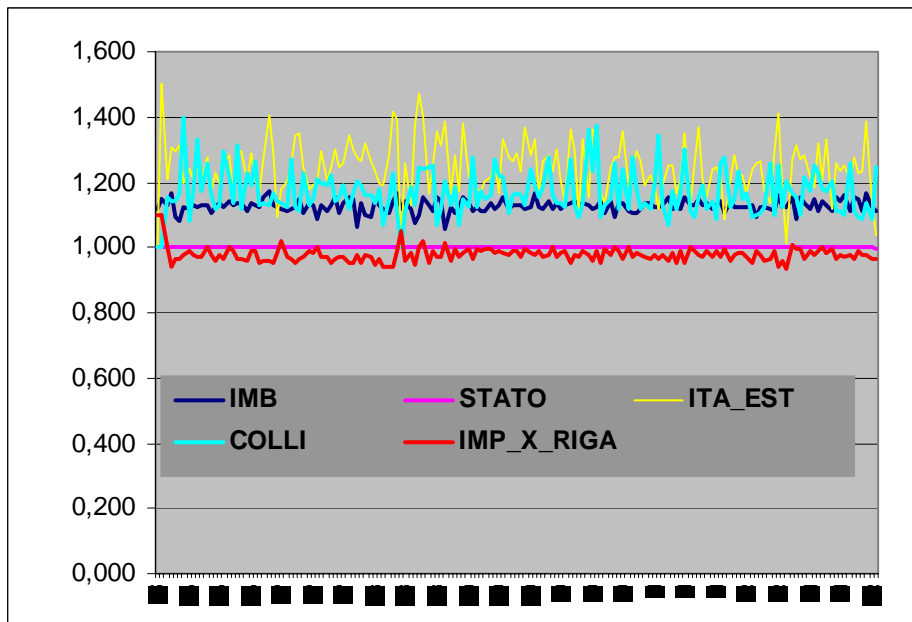
Validazione del Modello

Raffronto Carico – Spedito

Con questa formula siamo in grado di dire che per la tal giornata il carico da processare era stato di X, ricavando questo valore dai dati sulle bolle provenienti dal sistema ERP. Siccome da tale sistema abbiamo anche come valore certo quanto è stato spedito nella stessa giornata è possibile impostare quantitativamente un Raffronto Carico – Spedito :



Questo grafico mostra che esistono giornate in cui a parità di spedito il magazzino ha processato un carico di lavoro maggiore. Dal grafico che segue si può capire qual'è stato il fattore che ha contribuito di più a rendere "difficile" la giornata.



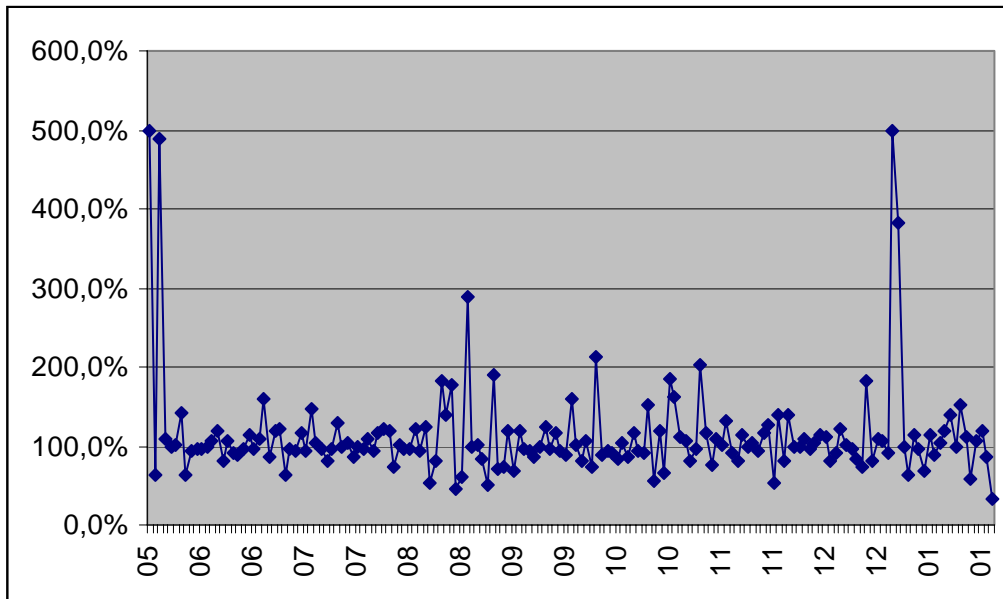
Questa situazione (conseguenza della scelta dei pesi) è stata sostanzialmente confermata dagli operatori sicchè il modello si può considerare "buono".

Analisi dell'efficienza e correlazione Efficienza-Carico

Come efficienza definiremo la quantità adimensionale:

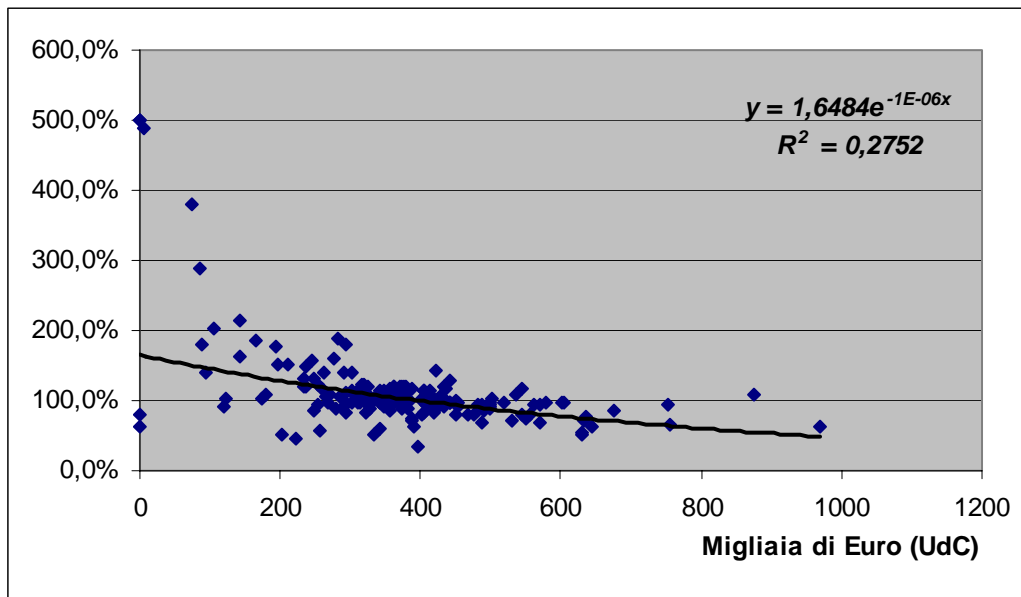
$$\eta = \frac{\text{Valore Spedito in una certa data}}{\text{Valore Programmato per quella data}}$$

Che potremmo ricavare giorno per giorno con i dati forniti dall'ERP. L'andamento nel tempo registrato (in un opportuno intervallo campione) per η è stato il seguente:



Come si vede si spedisce quasi sempre tutto: qualche volta si spedisce di più perchè si ha da fare poco (e dunque ci si anticipa per i giorni successivi), qualche volta invece η scende sotto il 100% perchè si è caricato troppo il magazzino. Quanto è questo valore? Lo vediamo con la successiva analisi.

Facciamo innanzitutto un plot delle due grandezze sopra definite considerando il carico (C) come variabile indipendente.



Nel grafico abbiamo messo anche una linea di tendenza, di tipo esponenziale. In sostanza abbiamo determinato un legame di questo tipo:

$$\eta = A \cdot \text{EXP}(-C/K)$$

con C che è il carico (variabile indipendente) e (A,K) che sono due parametri tali che:

$$A=1,6484$$

$$K=1000000$$

La funzione – che presenta, come era lecito aspettarsi, una diminuzione dell’efficienza all’aumentare del carico – consente di trovare il punto limite oltre il quale non conviene caricare oltre il magazzino.

Questo valore potrebbe essere ad esempio $C_0=600000$ UdC a cui corrisponde una efficienza attesa del 90%. Una efficienza di questo tipo implica che ci si aspetta di spedire 540000 UdC, ovvero 540000 Euro se tutte le spedizioni sono standard e 335612 Euro in condizioni medie.

Nota: fissando un valore di C_0 più basso riusciremmo ad aumentare η ma questo non si tradurrebbe in un miglioramento dell’efficienza effettiva del magazzino (quella percepita dal cliente). Questo perchè rinviare parte delle bolle originariamente previste per una data al giorno successivo ha, mediamente, effetti negativi sul gap DATA_PROMESSA – DATA_SPEDIZIONE.

Per questo motivo C_0 deve insieme essere “abbastanza piccolo” per non arrivare ad η troppo bassi, ma anche “abbastanza grande” (ossia vicino una condizione “storica” di carico medio-alto) per non rinunciare inutilmente a parte della capacità di spedizione del magazzino.

Giudizio sul modello

Con il modello analitico adottato (ovvero in pratica con η e C dati dalle formule precedenti) otteniamo questi risultati:

	PREVISTO	SPEDITO
MEDIA	225548	226256
MINIMO	61	0
MASSIMO	483923	550781
TOTALE	37473792	37656706

da cui stimiamo ad esempio che da maggio ad oggi sono “rimasti a terra” 182914 Euro, ovvero mediamente restano 708 Euro al giorno di non spediti.

Approccio con Rete Neurale

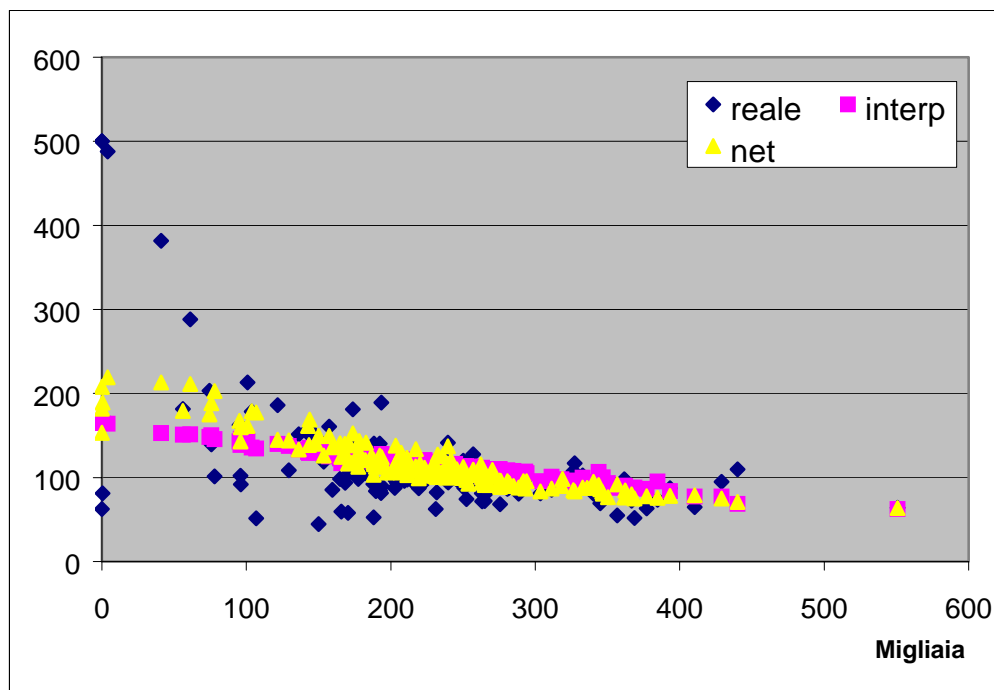
Costruzione del Modello

Con l’approccio precedente ci si basava su una funzione, quindi una “linea” per approssimare quella che come si è visto è una “nuvola” di punti. Inoltre dicevamo noi quale peso “pesava” di più e com’era fatta la funzione di carico, tutte ipotesi arbitrarie.

In questo caso l’approccio è completamente diverso: si da in pasto alla rete un insieme N-dimensionale di punti, coppie ingresso uscita, dove:

INGRESSO = (VALORE_PREVISTO, STATO,IMB,ITA_EST,COLLI,IMP_X_RIGA)
 USCITA = VALORE_SPEDITO

Con una procedura iterativa volta a minimizzare l’errore fra uscita desiderata ed uscita effettiva l’algoritmo adatta le sue matrici interne di pesi, in modo da imparare a riprodurre la “nuvola” su cui ha appreso. I risultati sono questi:



con le seguenti statistiche di errore:

	C/SEGNO	QUADRATICO
INTERP	-1,65	56,83
NET	-0,68	16,45

... che mostrano come la capacità di reinterpretare il set dei valori di apprendimento (errore $\rightarrow 0$) sia nettamente migliore per il modello a rete neurale che di quello analitico.

Implementazione Pratica

Molto spesso le ragioni che portano a realizzare un progetto in un modo piuttosto che in un altro sono tanto tecniche quanto più economiche o ambientali. In questo caso nonostante la rete neurale avesse dimostrato di funzionare meglio le seguenti valutazioni:

- richiede un software più complesso del precedente (fatto sotto Windows ma da fare da zero in COBOL sotto UNIX).
- il modello è poi per sua natura “black box” e dunque non trasparente.
- i campioni usati sono “pochi” per una rete neurale e dunque c’è il rischio di poca stabilità del sistema (un campione troppo “diverso” da quelli del training set porta la rete a doversi inventare l’uscita con effetti noti fino ad un certo punto)

hanno portato ad implementare nel concreto l’approccio analitico con una correzione sulla formula del rendimento.

Infatti il rendimento precedentemente definito osservando i dati quotidiani ha mostrato dei problemi in quanto era quasi sempre maggiore del 100% anche in giornate tutt’altro che soddisfacenti.

Il tutto si capisce con questo esempio, in cui si identifica per semplicità il carico con NR di bolle. Se nella giornata x erano state previste 150 bolle e ne sono state emesse:

100 destinate a spedizioni odierne
70 per spedizioni rimaste in ritardo da ieri

con la vecchia definizione si otterrebbe un rendimento di $(100+70)/150 = 113\%$ quando in realtà il magazzino non si è affatto anticipato. Ridefiniamo allora il rendimento come $100/150$, ovvero includendo a numeratore solo le bolle emesse oggi relative a spedizioni di oggi, ovvero escludendo dal “positivo” tutto quello che è stato fatto oggi ma doveva essere fatto ieri.

In questo modo le situazioni di anticipo e ritardo possono essere così evidenziate:

anticipo: rendimento(n) basso;
rendimento(n+1) alto;
carico(n+1) alto;

ritardo: rendimento(n) basso;
rendimento(n+1) basso;
carico(n+1) alto;

In corrispondenza delle situazioni di ritardo si può prendere il carico previsto (n) e prenderlo come fattore di normalizzazione per calcolare la saturazione del magazzino per quella giornata, così definita:

Carico processato nella giornata

Fattore di Normalizzazione

E' stato fissato come Fattore di Normalizzazione il valore di 400000 Udc, cioè 400000 Euro in condizioni ideali e circa 250000 in condizioni medie.

Detto questo l'interrogazione del software implementato ad un qualcosa del genere:

Anno di Analisi: 2002						
Mese	Ualori Anno Corrente			Ualori Anno Precedente		
	NPrb	Carico(Udc)	Sat(%)	Nprb	Carico(Udc)	Sat(%)
01	157	322,678	80	---	---	---
02	184	282,774	70	---	---	---
03	172	315,473	78	---	---	---
04	158	344,990	86	---	---	---
05	170	352,547	88	---	---	---
06	153	301,924	75	123	310,327	77
07	---	---	---	144	327,090	81
08	---	---	---	87	199,259	49
09	---	---	---	130	264,454	66
10	---	---	---	150	306,103	76
11	---	---	---	155	290,867	72
12	---	---	---	189	340,794	85

Data Emissione : 18/06/02	
VOCE CARICO	VALORE VOCE
Righe Caricate	708
Numero Prebolle	129
Ualore Spedito (Eu)	192,141.83
Peso Colli	103.87
Peso Ita/Est	131.27
Peso Stato	100.00
Peso Imballo	111.91
Peso Importo x Riga	89.75
Carico Totale (UdC)	256,119.96
Carico Previs (UdC)	180,801.03
Rendimento (%)	61.00

Ricordiamo il significato di due indici importanti:

$$\%Sat = \frac{\text{Carico Totale}}{\text{Fattore di Normalizzazione}}$$

$$\text{Rendimento}\% = \frac{\text{Carico Processato oggi escludendo quanto rimasto da ieri}}{\text{Carico Previsto per oggi}}$$

Se ne deduce ad esempio che nell'anno corrente il mese 04 è stato quello in cui il magazzino ha lavorato di più (Saturazione all'88%) mentre che nella giornata del 18/06/2002 si è riusciti a spedire solo il 61% di quanto sarebbe stato da fare essenzialmente perchè molte spedizioni erano per l'estero (peso 131%) con conseguenti imballi elaborati (111%).