

# COMTEC

TELEFONO: 0523/574252 FAX: 0523/591041 INDIRIZZO: Via Tobagi 26 b, loc. Crocetta, Podenzano, PC  
Web: [www.comtecsrl.net](http://www.comtecsrl.net) Mail : [info@comtecsrl.net](mailto:info@comtecsrl.net)

## Note sulla scelta della portata delle forche in base al carico e alla portata del carrello elevatore

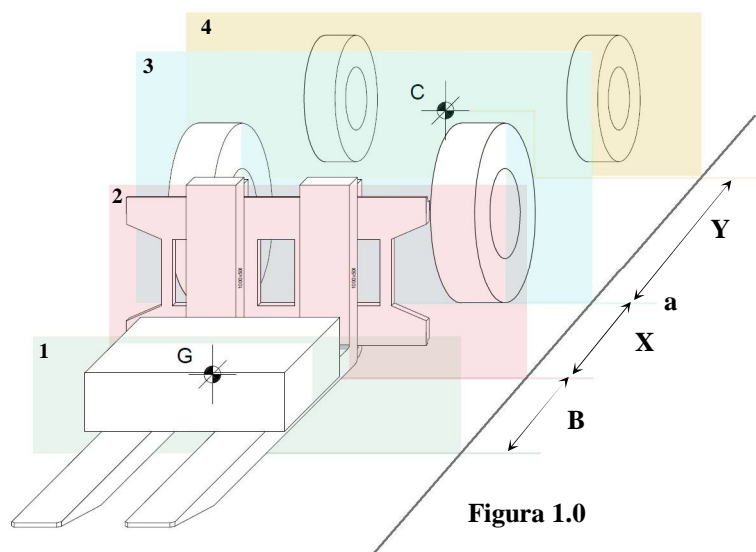


Figura 1.0

### DEFINIZIONI :

- I corpi "carico" e "carrello elevatore" sono schematizzati per semplicità facendo uso delle masse puntiformi G e C.

G: punto posto nel centro di massa del carico avente massa pari alla massa del carico

C: punto posto nel centro di massa del carrello elevatore avente massa pari alla massa del carrello elevatore.

- La linea "a" è generata dal contatto tra ruota anteriore del carrello e terreno, idealmente è la proiezione verticale dell'asse della ruota sul piano del terreno.

- I piani numerati sono perpendicolari al piano del terreno e sono così individuati :

- Il piano 1 comprende il punto G
- Il piano 2 comprende la superficie verticale della spalla delle forche
- Il piano 3 comprende l'asse delle ruote anteriori
- Il piano 4 comprende il punto C

### PORTATA NOMINALE DEL CARRELLO ELEVATORE :

Il carrello elevatore è caratterizzato da una portata nominale indicata dal costruttore, riferita alla normale movimentazione a una quota vicina al terreno, che si compone normalmente di 2 numeri, ad esempio :

"Portata : 2000 kg a 500 mm "

Nel nostro schema ciò significa : Distanza B = 500 mm / massa del punto G = 2000 kg ( indicheremo tale massa con mGc ).

Essendo il valore X normalmente già noto al costruttore, esso si limita spesso ad indicare la sola "B" che rimane a discrezione del cliente; in realtà il momento ribaltante massimo deve essere considerato rispetto alla linea "a" e si calcola come  $mGc \times (B+X)$ .

Nel nostro esempio supporremo X = 540 mm, il momento ribaltante massimo nominale Mr diventa  $2000 \text{ kg} \times ( 500+540 ) \text{ mm} = 2080000 \text{ kg} \times \text{mm}$ . Tale valore non può essere superato.

Se si volesse calcolare il valore della massa limite da movimentare con B diverso da 500 mm, ad esempio 1000 mm ( che chiameremo mGc1000), è sufficiente considerare la seguente equazione :

$$2000 \text{ kg} \times ( 500+540 ) \text{ mm} = (mGc1000) \text{ kg} \times ( 1000 + 540 ) \text{ mm}$$

da cui si ricava il valore  $mGc1000 = 2000 \times 1040 / 1540 = 1350 \text{ kg}$ .

### PORTATA NOMINALE DELLE FORCHE

Le forche normalmente utilizzate in coppia per il sollevamento sui carrelli elevatori sono caratterizzate da una portata marchiata sul fianco, anch'essa composta di 2 numeri, ad esempio in questa forma tipica : 1000X500.

Tale sigla significa : "Portata della singola forca 1000 kg con baricentro a 500 mm". Facendo riferimento allo schema sopra utilizzato, considerando l'impiego di 2 forche, ciò significa di nuovo B= 500 mm / massa del punto G (mGf)= 2000 kg.

Il prodotto  $2000 \text{ kg} \times 500 \text{ mm} = 1000000 \text{ kg} \times \text{mm}$ , che definiremo "Portata forche (Pf)", non può essere superato.

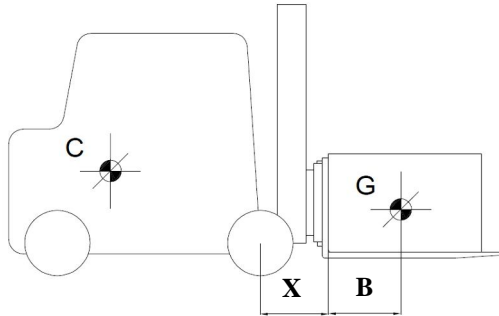
Se si volesse calcolare la massa mGf sollevabile dalle forche a una distanza B diversa da 500 mm, ad esempio come nel caso precedente 1000 mm ( ora la chiameremo per chiarezza mGf1000 ), basterebbe risolvere l'equazione  $mGf1000 = Pf/1000 = 1000 \text{ kg}$ .

### PORTATA DELLE FORCHE IN RELAZIONE ALLA VARIAZIONE DEL BARICENTRO DEL CARICO

La prassi comunemente diffusa consiglia di scegliere forche di portata pari a quella del carrello, tale scelta può rivelarsi conveniente in quanto evita di generare nell'utilizzatore dubbi dovuti a portate differenti riportate sui vari componenti. Se una scelta di questo tipo non ha controindicazioni se si lavora movimentando carichi "standard" con baricentro ( quota B ) entro i 500 mm, comporta invece dei rischi se si movimentano carichi più ingombranti o lontani.

Riprendendo gli esempi precedenti si può notare quanto riassunto di seguito :

#### CONFIGURAZIONE 1 :



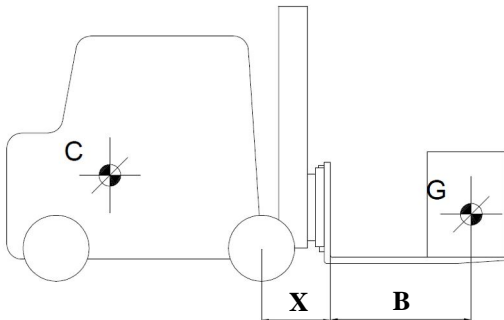
PORTATA DEL CARRELLO : 2000 kg a 500 mm  
 PORTATA DELLE FORCHE : 2000 kg a 500 mm  
 X = 540 mm  
 B = 500 mm

mGc massima ( carico massimo del carrello ) con B = 500 mm : 2000 kg  
 mGf massima ( carico massimo delle forche ) con B = 500 mm : 2000 kg

Sovraccarico possibile S500 = mGc/mGf = 1 .

Caricando il carrello alla massima portata nominale anche le forche lavorano alla massima portata nominale

#### CONFIGURAZIONE 2 :



PORTATA DEL CARRELLO : 2000 kg a 500 mm  
 PORTATA DELLE FORCHE : 2000 kg a 500 mm  
 X = 540 mm  
 B = 1000 mm

mGc massima ( carico massimo del carrello ) con B = 1000 mm : 1350 kg  
 mGf massima ( carico massimo delle forche ) con B = 1000 mm : 1000 kg

Sovraccarico possibile S1000 = mGc/mGf = 1,35 .

Caricando il carrello alla massima portata nominale le forche lavorano il 35% oltre la loro portata nominale

Di seguito una tabella riepilogativa dei valori di S in relazione a varie configurazioni di X e B

S = mGc/mGf		Distanza B tra inizio del piano di carico e centro di massa del carico mm				
		500	1000	1500	2000	2500
X mm	540	1,00	1,35	1,53	1,64	1,71
	640	1,00	1,39	1,60	1,73	1,82
	740	1,00	1,43	1,66	1,81	1,91
	840	1,00	1,46	1,72	1,89	2,01

Come si può notare l'aumento di X e soprattutto l'aumento di B fanno sì che aumenti la discrepanza tra portata massima sostenibile dal carrello e portata massima sostenibile dalle forche.

Si noti che nella maggior parte dei casi in cui non si possono valutare con cura massa e baricentro del carico l'unica indicazione di cui si dispone è la sensibilità del carrellista all'alleggerimento del carico sulle ruote posteriori del carrello. Pertanto è comune, se si sfrutta a pieno la portata del carrello pur rimanendo entro la portata nominale, lavorare con un carico sulle forche che è ben oltre quello consentito.

Tale eventualità è resa ancora più probabile quando si utilizzano forche molto lunghe, prolunghe forche, oppure quando si movimentano carichi molto compatti in prossimità delle punte.

Nel caso in cui non sia pratico valutare le caratteristiche del carico, e nel caso in cui la decisione in merito viene lasciata esclusivamente al carrellista, è prassi comune ( anche se vietata e molto rischiosa ) considerare come carico limite trasportabile quello che causa la perdita di contatto tra ruote posteriori e terreno. Procediamo di seguito ad analizzare cosa accade in queste circostanze.

## PORTATA LIMITE DI RIBALTAMENTO DEL CARRELLO ELEVATORE

In precedenza abbiamo analizzato il concetto di portata nominale di un carrello elevatore ( per carico movimentato in prossimità del terreno ). Tale valore pone un limite formale di utilizzo che per ovvie ragioni è inferiore al limite fisico di carico che comporta il ribaltamento del carrello.

Il momento ribaltante prima analizzato è infatti contrastato da un momento stabilizzante che con qualche semplificazione si può considerare come il prodotto tra la massa del punto C ( la massa del carrello elevatore ) e la distanza Y.

Normalmente il momento stabilizzante è superiore del 40-45% rispetto al momento ribaltante massimo nominale, questa differenza serve a rendere stabile il carrello in situazioni cinematiche e dinamiche che comportano accelerazioni aggiuntive diverse da quella di gravità ( frenate, accelerazioni, sollevamenti, accelerazioni angolari date da percorrenza in curva o traslazione con piastra alta ) e non deve essere utilizzata per sollevare carichi che oltrepassano la portata nominale.

Non è tuttavia raro osservare operazioni di presa e sollevamento del carico eseguite con cautela durante le quali le ruote posteriori perdono contatto con il terreno per poi recuperarlo più volte, in questo caso il momento ribaltante eguaglia il momento stabilizzante e di fatto si sta superando la portata nominale.

Procedere in queste condizioni di equilibrio instabile è pericoloso e vietato, è tuttavia un dato di fatto che la condotta di molti operatori si basa proprio sulla ricerca di questo equilibrio come limite decisionale per capire se un carico può o meno essere sollevato. Analizziamo ora quale diventa il carico sulle forche operando al limite del ribaltamento.

## PORTATA DELLE FORCHE IN SITUAZIONE DI CARICO AL LIMITE DEL RIBALTAMENTO E IN RELAZIONE ALLA VARIAZIONE DEL BARICENTRO DEL CARICO

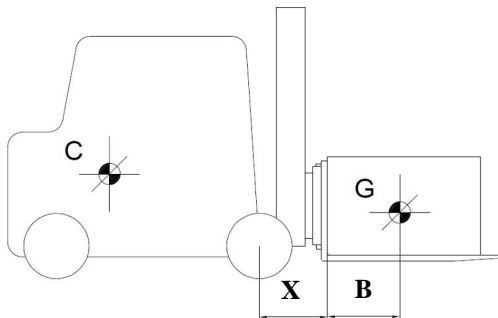
Proseguendo nel nostro esempio consideriamo il momento stabilizzante ( $M_s$ ) di un carrello con portata nominale 2000 kg a 500 mm pari a  $1,45 \times M_r = 5026 \text{ kg} \times 600 \text{ mm} ( Y ) = 3016000 \text{ kg} \times \text{mm}$ .

In sostanza, se si utilizzasse il carrello senza avere il controllo sulla massa effettiva del carico trasportato, si potrebbe sollevare un carico con baricentro alla distanza  $B = 500 \text{ mm}$  di massa  $mLG = 3016000 / (500 + 540) = 2900 \text{ kg}$  prima di accorgersi del sollevamento delle ruote posteriori.

Se si vuole conoscere quanto si solleverà con  $B = 1000 \text{ mm}$  sarà sufficiente calcolare  $mLG = 3016000 / ( 1000 + 540 ) = 1958 \text{ kg}$ .

Rivediamo ora le due configurazioni prese in esame precedentemente per le portate nominali :

### CONFIGURAZIONE 1L :



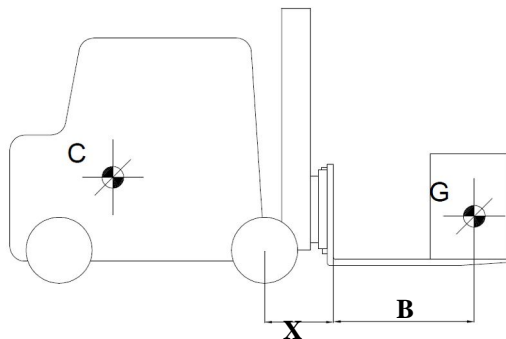
**PORTATA DEL CARRELLO : 2000 kg a 500 mm**  
**PORTATA LIMITE DI RIBALTAMENTO : 2900 kg a 500 mm**  
**PORTATA DELLE FORCHE : 2000 kg a 500 mm**  
**X = 540 mm**  
**B = 500 mm**

**mLg<sub>c</sub> massima ( carico massimo del carrello ) con B = 500 mm : 2900 kg**  
**mG<sub>f</sub> massima ( carico massimo delle forche ) con B = 500 mm : 2000 kg**

**Sovraccarico possibile al ribaltamento SL500 = mLg<sub>c</sub>/mG<sub>f</sub> = 1,45 .**

**Caricando il carrello al limite del ribaltamento le forche lavorano il 45% oltre la massima portata nominale**

### CONFIGURAZIONE 2L :



**PORTATA DEL CARRELLO : 2000 kg a 500 mm**  
**PORTATA LIMITE DI RIBALTAMENTO : 2900 kg a 500 mm**  
**PORTATA DELLE FORCHE : 2000 kg a 500 mm**  
**X = 540 mm**  
**B = 1000 mm**

**mLg<sub>c</sub> massima ( carico massimo del carrello ) con B = 1000 mm : 1958 kg**  
**mG<sub>f</sub> massima ( carico massimo delle forche ) con B = 1000 mm : 1000 kg**

**Sovraccarico possibile al ribaltamento SL1000 = mLg<sub>c</sub>/mG<sub>f</sub> = 1,958 .**

**Caricando il carrello alla massima portata nominale le forche lavorano il 95,8% oltre la loro portata nominale**

**Di seguito una tabella riepilogativa dei valori di SL in relazione a varie configurazioni di X e B**

Is* = Pf / Pef*		Distanza B tra inizio del piano di carico e centro di massa del carico mm				
		500	1000	1500	2000	2500
X mm	500	1,45	1,96	2,22	2,37	2,48
	600	1,45	2,02	2,32	2,50	2,63
	700	1,45	2,07	2,41	2,62	2,77
	800	1,45	2,11	2,49	2,74	2,91

Si noti come siano valide in linea generale le considerazioni espresse per le portate nominali, ma con sovraccarichi più elevati rispetto al caso precedente. Utilizzando in questo modo forche o prolunghe forche tali da consentire valori di B elevati si arriva a sollecitare le forche 2,91 volte oltre il consentito mentre il carrello accenna con l'asse posteriore a perdere contatto con il terreno. In sostanza mentre si è convinti di sfruttare al limite le potenzialità di un carrello con portata 2000 kg a 500 mm si stanno caricando le forche ( con la medesima portata nominale ) con un momento oltre i 5800 kg x 500 mm. Ci sono quindi ottime probabilità che le forche si snervino con conseguente danneggiamento permanente e perdita del carico.

**PORTATA NOMINALE DELLE FORCHE E CARICO AL LIMITE DI SNERVAMENTO**

Come è risaputo la maggior parte delle forche per carrelli elevatori sono costruite per avere una vita utile di almeno 1.000.000 di cicli di carico .

Ciò comporta, rispetto alle sollecitazioni statiche come quelle appena considerate, che siano adottati coefficienti di sicurezza piuttosto elevati, quantomeno uguali a 3.

Il coefficiente di sicurezza non è altro che il rapporto tra l'entità del carico nominale massimo applicabile sulle forche e il carico che provoca lo snervamento ( per semplicità di lettura si è semplificato equiparando snervamento e limite di proporzionalità 0,2% ), esso può essere calcolato quindi come  $Cs = mGf \times B$  ( valori che portano allo snervamento delle forche)/  $mGf \times B$  ( dati di marcatura ).

In sostanza una coppia di forche con portata marcata 2000 kg x 500 mm si dovrebbe snervare se caricata con 6000 kg x 500 mm.

Questo margine , che può apparire ampio, va sfruttato il meno possibile in quanto è utile per garantire alcune caratteristiche :

- Resistenza agli urti
- Resistenza ai sovraccarichi dovuti alla movimentazione
- Durata nel tempo ( resistenza a usura e fatica )
- Salvaguardia da eventuali imperfezioni del materiale ( i dati di riferimento sono infatti statistici, quindi non totalmente sicuri )

Per semplificare il ragionamento, considerando che i primi due punti sono facilmente determinabili, una riduzione del margine di sicurezza accorcia di fatto la vita della forca e può arrivare, nei casi più eclatanti in cui si combina un grosso sovraccarico e una buona dose di sfortuna ( ad esempio la presenza di scorie non rilevabili nel materiale in una zona estesa tra le fibre tese più sollecitate ) a causare la rottura diretta della forca nuova ai primi utilizzi.

E' quindi importante, se si utilizza il carrello per movimentare carichi lunghi o lontani, considerare i risultati esposti nelle due tabelle al momento della scelta delle forche in modo che risultino adeguatamente sovradimensionate.

**CONCLUSIONI**

In linea generale, avendo ben chiari i concetti sopra esposti, è possibile seguire quanto riportato nella tabella sottostante per orientarsi nella scelta della portata delle forche da acquistare :

TIPO DI CARICO	MASSA DEL CARICO	PORTATA FORCHE	DURATA PREVISTA	PRECAUZIONI
Europallet completamente inforcato	Differenziata o costante entro l'80% della portata	Come portata carrello	Massima, un milione di cicli di lavoro	Verificare usura e presenza cricche periodicamente ( ogni 50000 cicli )
Vario B tra 500 e 1000 mm	Mai oltre l'80% della portata		50% vita massima	Verificare usura e presenza cricche periodicamente ( ogni 50000 cicli ) Verificare prima e dopo utilizzi gravosi
	differenziata		20% vita massima Rotture improvvise dopo 10%	Verificare usura e presenza cricche periodicamente ( ogni 10000 cicli )
Lontano o lungo B da 1000 mm	massima possibile	Sovradimensionate +25% rispetto al carrello	50% vita massima rottture improvvise dopo 40%	Verificare usura e presenza cricche periodicamente ( ogni 50000 cicli )
	mai oltre l' 80% del possibile	Come portata carrello	50% vita massima	Verificare usura e presenza cricche periodicamente ( ogni 50000 cicli ) Verificare prima e dopo utilizzi gravosi
	differenziata	Sovradimensionate +25% rispetto al carrello	50% vita massima rottture improvvise dopo 40%	
	massima possibile	Sovradimensionate oltre 50% meglio se come da tabelle sovraccarico.	20% vita massima Rotture improvvise dopo 10%	Verificare usura e presenza cricche periodicamente ( ogni 10000 cicli )
			50% vita massima rottture improvvise dopo 40%	Verificare usura e presenza cricche periodicamente ( ogni 50000 cicli )

NOTA : sono da considerare cicli di lavoro tutte le operazioni che comportano carico e scarico delle forche. La flessione repentina della forca ( dovuta solitamente a disconnessioni del terreno, oppure a un abbassamento violento del carico ) che comporta un abbassamento e un innalzamento del carico ben visibile è da considerarsi un ciclo di lavoro .