

Virtuose Masse Virtuali

Dispensa per istruttori di primo
Livello – parte quarta

Ragionare sulle masse in movimento dell' arco permette di comprendere meglio o mettere in discussione certe "sensazioni" soggettive che spesso generano leggende metropolitane fantasiose. In questo articolo (i cui dati derivano da sperimentazioni di quasi un secolo fa) si cercherà di far chiarezza su alcuni concetti "base".

Effetti del peso della corda sulla velocità della freccia e sull'efficienza dell'arco

- E' una nozione abbastanza intuitiva il fatto che le dimensioni della corda influenzino in modo deciso le prestazioni di un arco di legno, ma da un punto di vista quantitativo non vi è mai concordanza di opinioni. Queste discordanze derivano, fondamentalmente, dal fatto che ogni arco ha dei suoi parametri ben definiti, e la "sensazione" del proprietario è vincolata alla sua esperienza. Un processo analitico che si rispetti deve tener conto di tutte queste variabili. La sperimentazione, affrontata tenendo conto del processo di riduzione delle variabili, deve coincidere con la teoria.

Dati del test

- La velocità della freccia da 400 grs. per l'arco di Tasso (quello con il carico maggiore, 47 lbs) con la corda di 108 e quella di 254 grs. fu rispettivamente di 155 fps e 148 fps.
- La velocità della freccia da 400 grs. per l'arco di Lemonwood (quello con il carico intermedio, 43 lbs) con la corda di 108 e quella di 254 grs. fu rispettivamente di 142 fps e 136 fps.
- La velocità della freccia da 400 grs. per l'arco di Acero (quello con il carico minore, 39 lbs) con la corda di 108 e quella di 254 grs. fu rispettivamente di 139 fps e 130 fps.
- A questo punto vennero computati i rendimenti per le diverse masse di corda. L'efficienza dell'arco di Tasso risultò del 68% per la corda da 108 grs. e 62% per la corda da 254 grs. L'efficienza dell'arco di Lemonwood risultò del 62% per la corda da 108 grs. e 59% per la corda da 254 grs. L'efficienza dell'arco di Acero risultò del 67% per la corda da 108 grs. e 62% per la corda da 254 grs.

Conclusioni:

- • Il risultato dei test mostrò come gli effetti di differenti masse di corda dipendono dalle dimensioni, geometrie, carichi e materia costituente gli archi;
- • E' evidente una apprezzabile diminuzione di efficienza degli archi all'aumentare della massa della corda;
- • La massa della corda è fattore chiave in questi casi di rendimento, ma non il suo diametro (la resistenza dell'aria è ininfluyente).

Effetti della massa dei puntali e della loro resistenza all'aria sul rendimento dell'arco

- Esiste una notevole confusione sull'influenza della massa dei puntali dell'arco e la dinamica della chiusura. Molti pensano che la massa sul puntale sia causa di perdite di rendimento e preferiscono ridurre la loro massa al minimo. Altri non denunciano alcuna differenza. Altri ancora non riescono a rinunciare al fascino dei *tips* intagliati nel corno dei loro longbow inglesi¹
- La sperimentazione sull'accelerazione della freccia dimostrò che l'influenza è relativamente scarsa.

- Un arco di 180 cm, dal carico di 30 libbre venne usato nel test. Gli intagli per la corda vennero praticati direttamente sull'estremità del flettente. Questi intagli furono fatti nel punto più estremo possibile, il brace height fu fissato a 6 pollici, e l'allungo a 25 pollici netti.
- Quattro frecce di massa differente vennero utilizzate nel test: 271, 370, 520 e 663 grs. L'arco venne fissato al supporto meccanico, in modo da poter contare su un rilascio e un allungo costanti. L'incertezza dei valori delle misurazioni (in funzione della distanza di rilevazione) corrispose ad $\frac{1}{4}\%$, e ripetendo le prove nelle stesse condizioni venne raggiunta la precisione dell' 1%.

- Tutte quattro le frecce vennero scagliate dall'arco con i puntali non appesantiti, e ogni velocità corrispondente fu registrata.
- Successivamente i puntali furono appesantiti, con dei perni in ottone della massa totale di 49,4 grs., e le velocità vennero ulteriormente rilevate.
- Successivamente, ulteriori masse vennero aggiunte ai puntali, tanto da raggiungere i 94,6 grs.
- La procedura fu ripetuta più volte, fino a raggiungere la massa ai puntali di 185 grs. e le relative velocità di uscita furono registrate.

- Le misurazioni di velocità per le frecce di diversa massa mostrarono che un'aggiunta di massa di 400 grs. avevano causato un decremento di velocità del 25%; in contrasto a ciò, la stessa massa aggiunta ai puntali riduceva la velocità di uscita (anche per la freccia più leggera) solamente dell' $1, \frac{1}{2}$ fps (circa l'1%).
- Se si utilizzano i puntali di corno (del peso di pochi grani) è quindi certo che la velocità della freccia, anche se leggera, non sarà ridotta, almeno dal punto di vista della massa del puntale.

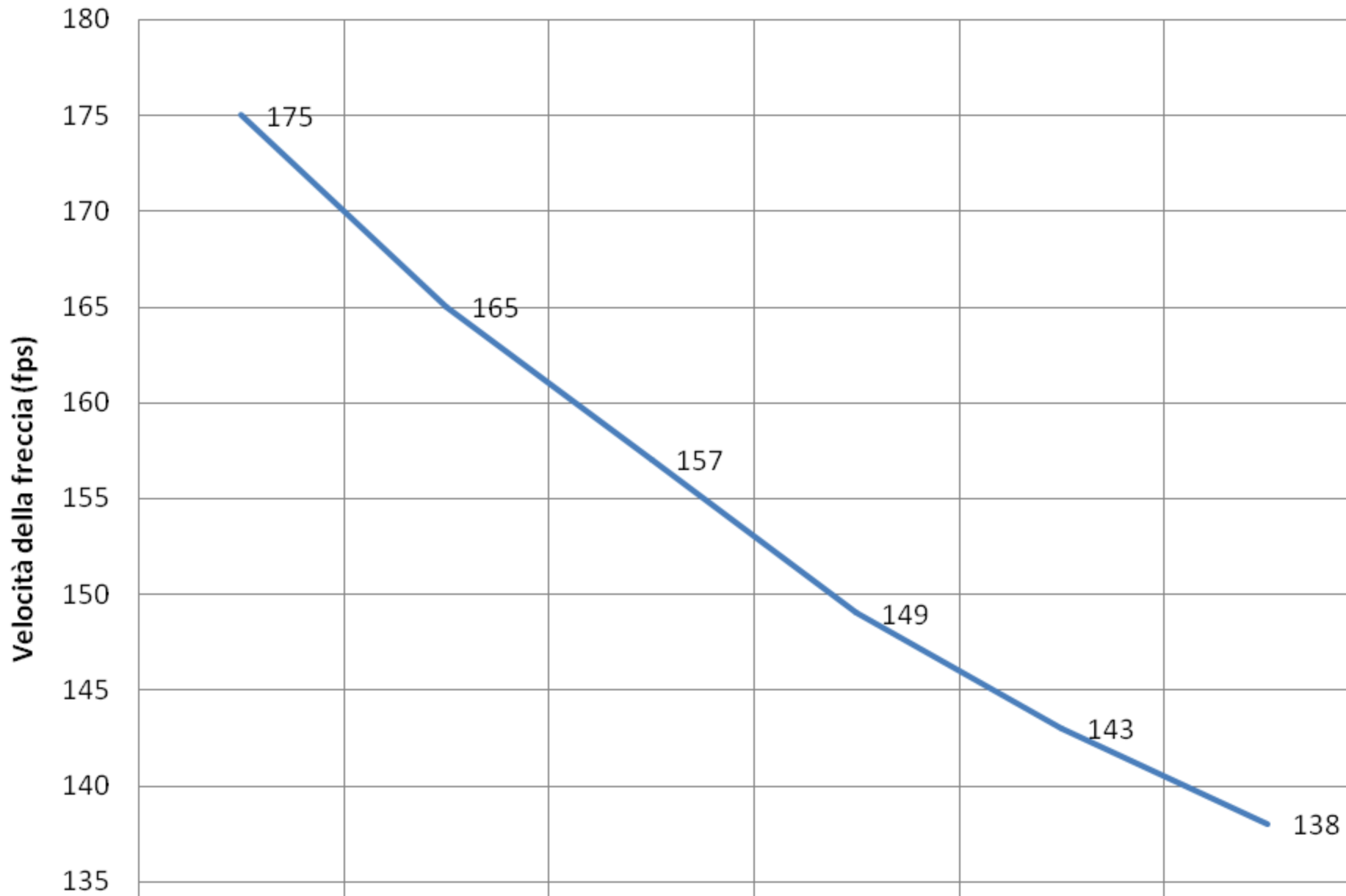
Conclusioni

- si può asserire che se i puntali in corno non eccedono la superficie di 7 cm^2 , non si ottiene apprezzabile decremento in velocità, analogamente al caso dell'incremento di massa.
- Se poi consideriamo archi di forte libbraggio, sia l'incremento di massa che quello in superficie può essere considerato nullo.
- Per archi di piccole dimensioni e di forte carico, come quelli da *flight shooting*, la perdita di velocità potrebbe però essere evidente, sia per il fattore massa che per quello dovuto alla resistenza dell'aria.

Massa virtuale

- Per realizzare un arco ad ottime prestazioni, oltre alla scelta dei materiali a bassa perdita di isteresi, un buon concetto da perseguire è quello dell'ottimizzazione della sua massa virtuale.
- E' una grandezza che definisce una massa che è in movimento con l'arco alla stessa velocità della freccia all'istante che essa si stacca dalla corda e che ha la medesima energia cinetica dei flettenti e della corda in quell'istante.
- Sia K la massa virtuale dell'arco:
- (1) $rW = \frac{1}{2} (m + K) v^2$
- dove m è la massa della freccia e v è la corrispondente velocità. Se K è indipendente dalla velocità al momento in cui lascia la corda, l'equazione (1) ci permette di determinare la
- curva di rendimento dell'arco considerato, specificamente la curva di v in funzione di m, conoscendo l'energia disponibile rW. Che K sia equiparabile ad una costante è determinabile attraverso la sperimentazione, misurando cioè tanti archi i parametri variabili qui espressi.

Relazione tra massa (grani) e velocità delle frecce (fps) - K= 190 grani



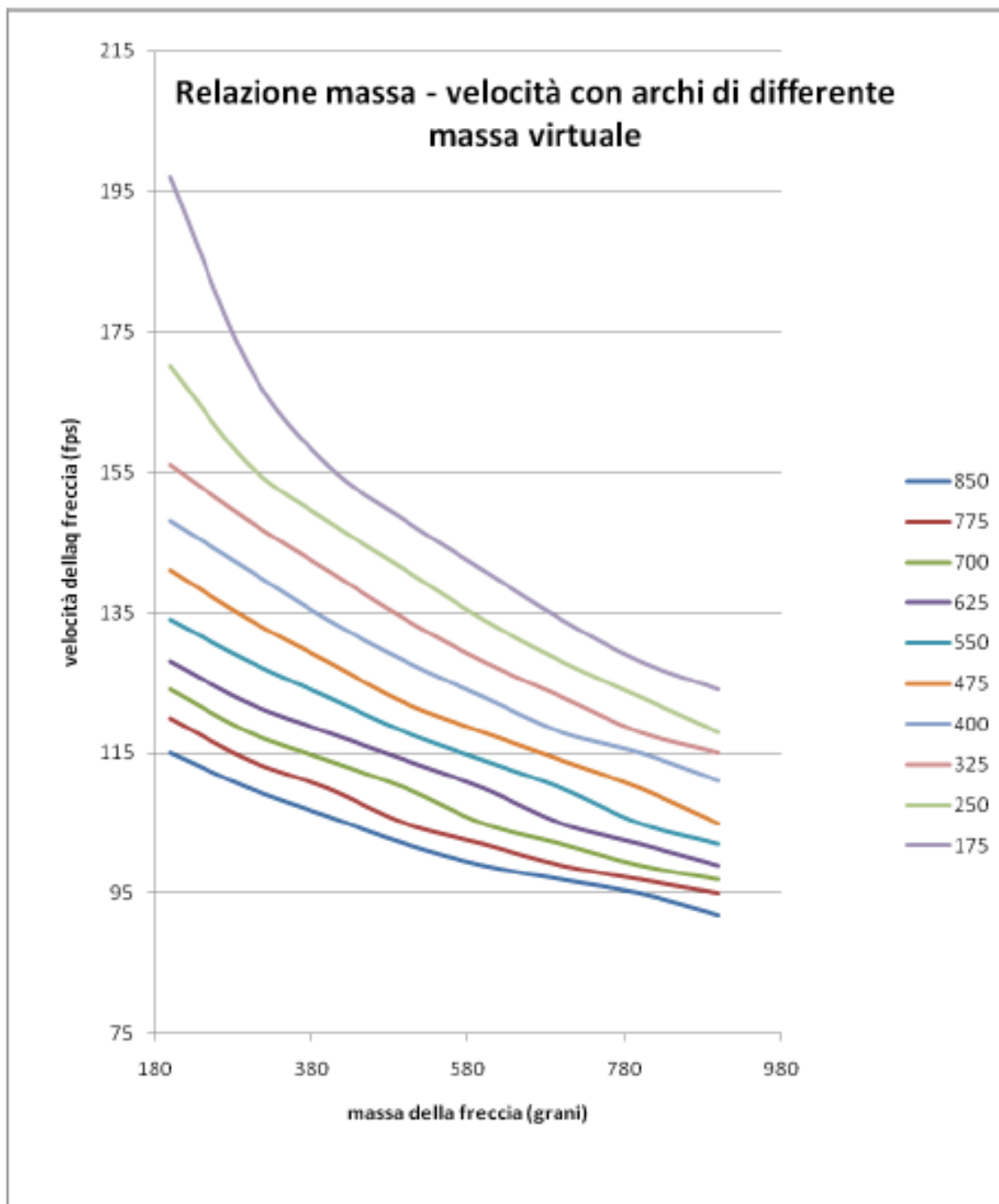


Grafico 2
Famiglia di curve computata grazie all'eq.(1)

- Quando la massa virtuale K di un arco è alta, comparabile con la massa m della freccia, l'efficienza dell'arco è prossima al 50%. Se K corrisponde ad $1/3 m$, l'efficienza dell'arco è del 75% e questo si può intendere come una "ripartizione" dell'energia rilasciata da esso tra la massa della freccia e la massa virtuale. Ovviamente se K eccede la massa della freccia, il rendimento diventa inferiore al 50%, e se la massa della freccia è superiore a K il rendimento aumenta.
- Un arco che "scalcia" è ovviamente un arco che rende poco. Se K è grande rispetto alla massa della freccia, la grande quantità di energia non ripartita sulla freccia si scarica sull'arco.

- Un altro devastante esempio è il “dry fire”, cioè quando l’arco viene rilasciato a vuoto. La massa della freccia è zero, tutta l’energia dell’arco si carica su sé stesso.
- Ecco perché nella progettazione di un arco, la riduzione massima della massa virtuale è più che augurabile, anche se la sua riduzione totale è impossibile, per la costituzione fisica stessa della struttura – arco/corda. L’unico modo di ridurre K è ottimizzare il disegno dell’arco, che in parole povere porta alla riduzione il più possibile raffinata delle masse in movimento dell’arco (flettenti e corda) pur mantenendo una specifica solidità strutturale.
- Può essere fatto molto in questa direzione, il disegno deve provvedere ad esaltare le componenti legate alla tensione e compressione e tenendo conto della resistenza alla rottura di esse. Produrre un arco che abbia il massimo rendimento possibile con il minimo di materiale (massa) impiegato è come camminare sulla lama di un rasoio. E’ la ricerca del compromesso tra il minimo materiale possibile e la massima resistenza strutturale, tradotta come la ricerca di ottenere il minimo dell’isteresi da una struttura solida e duratura.

- Tornando all'equazione (1) e assegnando ad m il valore "0", si ottiene:
- (2)
$$V = (2rW/K)^{1/2}$$
- Questa equazione definisce un obiettivo teorico ambizioso, una sorta di "figura di merito" da un punto di vista del rendimento di un arco. Rappresenta la velocità limite che l'arco potrebbe impartire ad una freccia approssimando a 0 la sua massa. Ovviamente nessuna freccia tirata con questo arco potrebbe possedere una velocità superiore di quella data dall'equazione (2), il che mostra come incrementando il carico dell'arco (aumentando la larghezza, quindi la massa dei suoi flettenti) non si ottengono sostanziali miglioramenti dalla "figura di merito" definita dall'equazione (1).
- Qui assumiamo che nessun'altra dimensione sia variata, affinché l'arco possa considerarsi equilibrato, e che non sia variato lo spessore dei flettenti né diminuita la sua lunghezza, mettendo a rischio la struttura. Conseguentemente, raddoppiando la larghezza dei flettenti senza modificare gli altri parametri, potremmo in modo approssimato valutare come raddoppiato il valore di K . Questo non significa che non vi sia vantaggio reale nel raddoppiare il carico dell'arco, come è dimostrabile sperimentalmente leggendo la tabella che segue, dove due archi uno dei quali ha il carico e la massa virtuale doppia dell'altro.

Effetti del raddoppio del carico e della massa virtuale di un arco sulle velocità delle frecce di differenti masse							
Massa della freccia m (lb)	Arco A: 45 lb K ₁ = 0,035 lb			Arco B: 90 lb K ₂ = 0,070 lb			Differenze
	Energia disponibile 1200 ft lbs			Energia disponibile 2400 ft lbs			percentuali nella velocità v ₁ - v ₂ (%)
m	m+K ₁	v ₁ ²	v ₁	m+K ₂	v ₂ ²	v ₂	
0.050	0.085	28300	168	0.120	40000	200	19
0.060	0.095	25300	159	0.130	37000	192	21
0.070	0.105	22800	151	0.140	34300	185	23
0.080	0.115	20800	144	0.150	32000	179	24
0.090	0.125	19250	139	0.160	30000	173	25

tabella 1

- Un approccio al problema del far tendere a 0 la massa della freccia in un dato arco si può affrontare nel cercare di considerare, con i flettenti simmetrici, il periodo libero di vibrazione, con la parte inerte bloccata da una morsa.
- Per un determinato sistema d'arco vi è un periodo vibrante specifico. Se si assume che sotto un determinato limite non si può scendere per questioni di solidità strutturale, l'unico modo per aumentare la rigidità dei flettenti è aumentarne la larghezza.
- Aumentando la larghezza, non decresce il periodo di vibrazione del flettente, ecco giustificato il motivo per cui due archi di cui uno ha un carico doppio dell'altro si mantengano all'interno di questa "figura di merito" teorizzabile.

- **Calcolare “praticamente” la Massa virtuale del proprio arco**
- La formula generica della conservazione dell’energia, nel caso dell’arco e della freccia, è questa:
- $rW_{pot} = E_{ist} + E_{cin.arc} + E_{cin.fr} = E_{ist} + \frac{1}{2}M_{freccia}V^2 + \frac{1}{2}M_{arc}V^2$
- In altre parole, l’energia potenziale totale accumulata durante la trazione dell’arco (rW_{pot}) deve eguagliare la somma dell’energia persa per isteresi (E_{ist} , il ritardo con cui le fibre del legno restituiscono l’energia immagazzinata dopo il rilascio della corda) più l’energia cinetica dell’arco ($E_{cin.arc}$) sommata all’energia cinetica della freccia ($E_{cin.fr}$). Calcolare l’energia cinetica della freccia è semplice ($\frac{1}{2}mV^2$) mentre non è cosa facile calcolare l’energia cinetica dell’arco. Klopsteg assunse che tutte le parti in movimento dell’arco possedessero la medesima velocità della freccia (V).
- da qui si calcola la massa in movimento dell’arco moltiplicata la sua velocità:
- $rW_{pot} - E_{ist} - E_{cin.freccia} = E_{cin.arco} = \frac{1}{2}M_{arc}V^2$
- il valore di M_{arc} corrisponde al valore della Massa Virtuale (K).
- Quindi, per calcolarla:
- $K = M_{arc} = 2(rW_{pot} - E_{ist} - E_{cin.freccia}) / V^2$

- Ovviamente la formula ci permette di ottenere un valore della massa virtuale “approssimato”, perché non tutte le parti in movimento dell’arco viaggiano alla stessa velocità della freccia (si assume $V_{arc} = V_{freccia}$) ma sostanzialmente, per fini pratici, i valori non si discostano troppo (soprattutto le percentuali di errore nelle misurazioni casalinghe sono più influenti di questa approssimazione).

conclusioni

- Le perdite per isteresi dell'arco sono sicuramente quelle più difficili da computare senza apparecchiature sofisticate. In sostanza, bisogna pesare l'arco al contrario, cioè da teso al brace height. Il problema è che questa operazione andrebbe fatta in velocità (più correttamente, alla stessa velocità di chiusura che l'arco possiede quando scaglia la freccia). Ovviamente questo non è verosimile con un dinamometro tradizionale, ci vorrebbe un sistema che fosse in grado di registrare simultaneamente il decremento di allungo/carico, ad alta velocità. Comunque sia, per un arco di legno, l'isteresi è un fenomeno abbastanza percettibile. Un arco teso all'allungo per più di due secondi già mostra un decremento significativo del carico. La curva di "scarico" mostra già una discreta differenza con quella di carico anche se computata ad una velocità paragonabile.