

ISTRUZIONI PER L'UTILIZZO DEL FOGLIO DI CALCOLO BALISTICA DELLE ARMI SUBACQUEE

Ing. Filippo Anglani

GLI ARBALETES

1 Introduzione

Faccio seguito all'interesse che si è manifestato con la pubblicazione di questo lavoro sulla rivista **PescaSub** per rendere disponibili sul sito di **BLUWORLD** i files excel che permettono, con una buona approssimazione, di conoscere le prestazioni balistiche dei fucili ad elastico, suddivisi per famiglie omogenee.

In particolare, nel corso degli anni ho analizzato le seguenti categorie di arbaletes:

- Fucili assemblati (costituiti dai tre pezzi testata, fusto, calcio assemblati con spine o altri organi meccanici, di vari produttori)
- Fucili in legno (vari produttori)
- Fucili monoscocca in Carbonio (serie Mr. Carbon e Urukay C4)

Chi è interessato alla trattazione teorica può documentarsi sulle pubblicazioni disponibili su BW, in sintesi l'aggiornamento e lo sviluppo del modello matematico che ho seguito nel corso degli ultimi anni riguarda principalmente l'eliminazione degli errori presenti nelle precedenti versioni dei files Excel (tramite la determinazione sperimentale di alcuni coefficienti delle formule).

Dopo numerose prove pratiche e sperimentazioni, ho ottenuto dei valori che ritengo soddisfacenti e che si avvicinano al comportamento reale del fucile al momento dello sparo.

Preciso a proposito che per quanto accurate tali misurazioni non potranno mai essere esatte, in virtù della difficile determinazione dei coefficienti balistici che riguardano il tipo di proiettile: ogni asta ha infatti il suo proprio (e unico) comportamento, che dipende da numerosi fattori (legati alla sua geometria, al materiale, al trattamento termico, alla posizione delle alette, tipo di punta, tacche, ecc...).

Occorrerebbe a tal proposito redigere apposite tavole di tiro per ogni asta, cosa praticamente irrealizzabile, per cui la semplificazione che propongo e che occorre accettare per poter leggere questi dati è quella di una punta a profilo conico, asta senza conetto anteriore, con singola aletta posta in basso o doppia aletta (aste da 7 mm) e che impatta il bersaglio con un angolo di 90°. I diametri testati sono 6,5, 7 e 7,5 mm (il 6 ed il 6,3 sono ottenuti per interpolazione).

Un'altra semplificazione riguarda il diagramma di carico e scarico che ogni miscela di gomma possiede e che riguarda quindi i diversi elastici; non potendoli provare tutti nella integrazione del diagramma della forza ho utilizzato un valore medio, prendendo come riferimento il diagramma del Superelax C4.

Alla fine tutto ciò si traduce in un errore nella determinazione delle velocità che è pari a

Err = 1 [m/sec]. (in più o in meno)

2 Unità di misura:

- Forza [N]
- Velocità [m/sec]
- Massa [Kg]
- Tempo [sec]
- Spazio [m]
- Energia [J]
- Densità dell'acqua/Densità dell'aria = 800

3 FILE ARBALETES 2009_2.xls

Il file è suddiviso in cartelle, si è reso necessario suddividere ogni fucile in una cartella poiché i coefficienti balistici variano da caso a caso. Aprendo la prima cartella (Arbalete in legno doppio elastico 106) appaiono nelle celle gialle i dati che vanno inseriti dall'utente, nelle celle verdi i risultati delle formule oppure i dati che non vanno modificati. Ad esempio il diametro delle aste non andrebbe modificato poiché i coefficienti balistici sono funzione anche di esso, per cui l'ho messo in VERDE; i diametri testati sono i seguenti:

- DOPPIO ELASTICO IN LEGNO 106 = 7 mm e 7,5 mm
- URUKAY 105 = 7 mm
- Mr C. 104 = 6,5 mm
- MONOELASTICO IN LEGNO 110 = 6,5 mm
- ASSEMBLATO 110 = 6,5 mm
- Mr C. 94 = 6,5 mm
- Mr C. 79 = 6,5 mm
- MONOELASTICO IN LEGNO 90 = 6,5 mm
- MONOELASTICO IN LEGNO 75 = 6,5 mm
- ASSEMBLATO 90 = 6,3 mm
- ASSEMBLATO 75 = 6 mm

Se volete cambiare il diametro dell'asta i risultati non saranno attendibili, con un margine di errore che aumenta proporzionalmente all'aumentare della differenza con il valore testato (ad ogni modo ho lasciato la possibilità di inserire un dato diverso).

Una volta completata la tabella con i dati richiesti, avrete nelle celle verdi i risultati dei calcoli, in particolare è possibile conoscere le velocità residue dell'asta alle diverse distanze, tenendo presente che la formula delle perdite idrodinamiche è precisa per distanze che non superano i 5 metri dalla punta del fucile.

ARBALETE in legno DOPPIO ELASTICO 106			
<i>(INSERIRE I DATI nelle celle gialle)</i>			
Lt1 =	Lunghezza di carico 1 tacca	66	[cm]
Lt2 =	Lunghezza di carico 2 tacca	71	[cm]
La =	Lunghezza asta	140	[cm]
d =	Diametro asta	7	[mm]
Pa =	Peso asta	450	[g]
Pf =	Peso fucile (completo di elastici e mulinello)	2300	[g]
F1 =	Forza di caricamento 1	60,0	[kg]
F2 =	Forza di caricamento 2	60,0	[kg]
RISULTATI			
Eu =	Energia utile disponibile	231,20	[J]
v =	Velocità dell'asta iniziale	29,0	[m/sec]
CALCOLI BALISTICI			
	Inserire distanza ----->	4,0	[m]
vr =	Velocità residua dell'asta	18,4	[m/sec]
Ecr =	Energia cinetica residua	75,91	[J]
PI=	Penetrazione nel legno	5,6	[cm]
VERIFICA DELL'EQUILIBRIO			
	$Pa / Pf < 0,35$	$Pa / Pf * (F1 + F2) < 25$	
	0,20	23,5	

Da 1 sino a 5 metri

L'Energia cinetica utile E_u è data teoricamente dalla differenza fra quella immagazzinata dalle gomme e quella che si perde per portare l'insieme elastici+ogiva alla stessa accelerazione dell'asta. Dalle prove sperimentali si è evidenziato come in realtà l'Energia utile disponibile sia molto minore di quella teorica; in particolare ogni fucile si differenzia dall'altro per un suo coefficiente di rendimento che dipende dal tipo di costruzione (posizione degli elastici, rigidità del fusto, peso, materiali, ...).

Si ha quindi che $E_{u,d} = E_u \text{ teorica} * K$

Essendo il coefficiente K dipendente dal tipo di fucile, **variabile fra 0,68 e 0,88.**

Ad esempio i fucili a doppio elastico sebbene capaci di prestazioni eccellenti hanno intrinsecamente un rendimento peggiore dei monoelastici e tale rendimento diminuisce con l'aumentare del numero delle gomme. Questo significa che se abbiamo utilizzato 2 elastici da 60 kg l'uno, sparando è come se fosse realmente disponibile all'asta solo il 68% di questa forza, il resto si dissipa per fattori (dinamici e non) dipendenti da come è costruito il fucile, (la frustata delle gomme e gli altri fattori già richiamati in precedenza).

Quindi da un punto di vista energetico l'arma migliore è risultata l'Urukay, seguito dai doppio elastico in legno, mentre come efficienza i fucili che hanno un rendimento migliore sono i Mr. Carbon e quelli in legno monoelastico, dove una serie di accorgimenti (voluti o no dai progettisti) permettono di limitare questi fenomeni dissipativi.

Un discorso a parte merita invece l'asta da 7,5 mm che in virtù del suo peso e della sua minore lunghezza (140 cm contro 150) mostra risultati interessantissimi se utilizzata al posto della 7 mm, su armi molto potenti (vedere cartella "106 doppio elastico asta da 7,5"). In tal caso migliorano tutti i parametri balistici incluso il rendimento, impressionante la velocità residua e la penetrazione a 5 metri di distanza (l'asta già dopo i 3 metri di distanza è più veloce della 7 mm; 7 centimetri nel legno corrispondono ad oltre 30 cm nel tessuto animale). Ma attenzione al rinculo: per poter sparare con la dovuta precisione il fucile dell'esempio (con fusto di legno) deve essere più pesante di circa 200 grammi rispetto alla versione "non potenziata", mentre l'utilizzo dell'asta da 7,5 mm sull'Urukay non presenta problemi di alcun tipo.

Inserire distanza ----->	5,0	[m]
Velocità residua dell'asta	19,2	[m/sec]
Energia cinetica residua	93,95	[J]
Penetrazione nel legno	7,0	[cm]

Attenzione poi a non confondere il rendimento del fucile con le perdite idrodinamiche dell'asta durante il suo moto, queste sono calcolate con la formula "die away curve" ed il risultato è nella cella "Velocità residua dell'asta":

Inserire distanza ----->	4,0	[m]
Velocità residua dell'asta	18,4	[m/sec]

Anche in questo caso la curva reale differisce da quella teorica per dei coefficienti che variano con il tipo di fucile, inseriti direttamente nelle cartelle del file excel.

Infine si ottiene come risultato il valore della penetrazione dell'asta nel bersaglio di legno di abete, utile a fornire in prima approssimazione la capacità di offesa del nostro proiettile poiché proporzionale all'attraversamento che lo stesso avrà nei tessuti del pesce:

Penetrazione nel legno	5,6	[cm]
------------------------	------------	------

Essa può essere calcolata con la formula di Weigel, opportunamente da me modificata:

$$P = k * M^{1,8} * (v^{1,3} / (d * 100))$$

Il coefficiente K lo ho determinato sperimentalmente e varia da 0,0010 per le aste da 6 mm a 0,0015 per le aste da 7 mm.

La formula viene riportata nel foglio di calcolo e fornisce un risultato valido nel campo di tolleranza da 1 a 5 metri, non è cioè precisa per distanze superiori.

Il foglio excel riporta anche la *Formula dell'equilibrio*, ottenuta direttamente con i dati già inseriti in precedenza.

NOTA: per i valori delle forze occorre leggere con un dinamometro il carico degli elastici, diversamente si potranno utilizzare le tabelle disponibili in rete.

3.1 Le prove sperimentali

Sono state condotte due serie di prove sperimentali: quelle con videocamera 1/25 fps e quelle di penetrazione nel bersaglio di legno di abete. Le stesse messe a confronto hanno permesso la verifica e l'aggiornamento di quanto calcolato con le sole formule teoriche. Delle stesse è disponibile ampia documentazione sul sito di BW.

3.2 NOTE CONCLUSIVE

Il File Excel è protetto per evitarne un uso improprio, le sole operazioni possibili sono quelle di inserimento dati nei campi contrassegnati dalle celle GIALLE: Buon divertimento!