

# AZ ÍJAK MAXIMÁLIS LŐTÁVOLSÁGÁNAK MEGHATÁROZÁSA SZÁMÍTÓGÉPES MODELLEZÉSEL

MÉSZÁROS LÁSZLÓ-SZÖLLŐSY GÁBOR

Az íjak egyik legfontosabb értékmerő tulajdonsága a kilőtt nyíl maximális lőtávolsága. Bár a lőtávolság igen sok olyan tényező befolyása alatt áll, amelyek magától az íjtól függetlenek, mégis érdemes figyelembe venni, mert jószerivel szinte az egyetlen olyan jellemző, amelyet mindenféle mérőműszer nélkül is meglehetősen pontosan lehet mérni (pl. lépéssel). Ez tehát az az értékmerő tulajdonság, ami alapján akár a neolitikus embernek is lehetősége volt az íjak összehasonlítására. (Más kérdés, hogy egy adott kultúrában egyáltalán felvetődött-e az igény az íj maximális lőtávolságának megméréseire és az íjak ez alapján való rangsorolására.)

Ha a maximális lőtávolságot közvetlenül méréssel akarjuk meghatározni és az íjak minél objektívebb összehasonlítására törekszünk, akkor a kísérleti lövéseket lehetőleg teljesen azonos körülmények között kell(ene) elvégeznünk. Ez természetesen nem megoldhatatlan feladat, hiszen belövőállvánnyal biztosítható a húzáshossz, a kilövési szög és az oldás azonossága. Az is megoldható, hogy minden alkalommal azonos tömegű, anyagú, méretű és tollazású nyilatkat használjunk. Nagyszámú kísérlet esetén azonban, különösen, ha a vizsgálandó íjak közül egyszerre csak néhány darab áll rendelkezésünkre, nem egyszerű feladat hat nyolc alkalommal kitelepülni azonos módon ugyanarra a helyszínre. Az időjárással még nehezebb a helyzet, mert vagy mindig teljes szélcsendben, vagy mindig azonos irányú és erejű szélben kellene löni. A jelen dolgozathoz elvégzett távlövési kísérletek arra is felhívták a figyelmünket, hogy a kísérleti módszer rendkívül időigényes. A vizsgálandó három íjból ugyanazzal a négy nyíllal négy különböző íjász adta le a kísérleti lövéseket. A 48 lövés leadása és a lőtáv megmérése több mint három órát vett igénybe.

Részben az említett okok miatt, részben azért, mert mint látni fogjuk, a nyíl kilövése után az íjnak már semmi befolyása nincs a nyíl további útjára, a közvetlen mérés helyett célszerűbbnek látszik a maximális lőtáv számítógépes modellezéssel való meghatározása. Az alkalmazott program eredetileg egy számszerű működésének modellezéséhez készült (MÉSZÁROS 1992)

Nézzük meg most közelebbről, hogy milyen tényezők befolyásolják a maximális lőtávot.

Légüres térben a maximális lőtávolság:

$L = v^2/g$  (Csak érdekességként: láb/sec-ban és

yardban mérve:  $L = (v/10)^2$  pl. 200 ft/sec = 400 yard.) A tapasztalat szerint a légellenállás kb 15–20 %-kal csökkenti a légüres térre számított lőtáv értékét. (KLOPSTEG 1947, 184)

A nyilat repülés közben fékezi a közegellenállás és a nyíl oldalirányú rezgéséből, valamint forgó mozgásából adódó energiavesztés. A közegellenállás részben a nyíl (hegy) keresztmetszetével arányos frontális ellenállásból részben a levegővel érintkező felület nagyságával és minőségével arányos felületi súrlódásból adódik. Súrlódás a nyíl rúdján és a tollakon (minden toll mindkét oldalán!!) keletkezik.

Egy adott nyíl esetében a közegellenállás:

$$D = K_1v^2 + K_2v^3 + K_3v^4 + \dots + K_nv^n.$$

A levegőben (mint közegbe) repülő nyíl sebességtartományában a  $K_2$  tényező a meghatározó. Ez alapján a nyílra repülés közben ható légellenállási erő kielégítő pontossággal közelíthető a

$$D = K_2v^2 \text{ képlettel,}$$

ahol  $K$  az adott nyíl légellenállási tényezője.

A légellenállási erő közvetlenül mérhető szélcsatornában, vagy a röppálya két pontján mért sebesség alapján számítható ki a következő képlet szerint:

$$DX = 0.5m(v_1^2 - v_2^2)$$

Ahol  $D$  a légellenállás,  $X$  a két mérőpont távolsága,  $m$  a nyíl tömege,  $v_1$  és  $v_2$  a két sebesség.

A szélcsatornás módszer csak magát a légellenállást méri, a sebességmérés viszont minden sebességcsökkentő tényezőt, ennél fogva reálisabb eredményt ad.

ENGLISH szerint egy nyíl  $K$ -értéke  $1.15 \times 10^{-6}$ . Ugyanerre a nyílra RHEINGANS szélcsatornában  $1.06 \times 10^{-6}$  értéket mért. Ezeknél az értékeknél az erőt fontban, a sebességet láb/sec-ban mérték!!!

PRATT mérése szélcsatornában  $2.1\text{--}3.5 \times 10^{-6}$  a hegy formájától függően, azonos tollazással. A tollak összfelülete:  $79.68 \text{ cm}^2$  volt, szemben ENGLISH  $40.84 \text{ cm}^2$ ével.

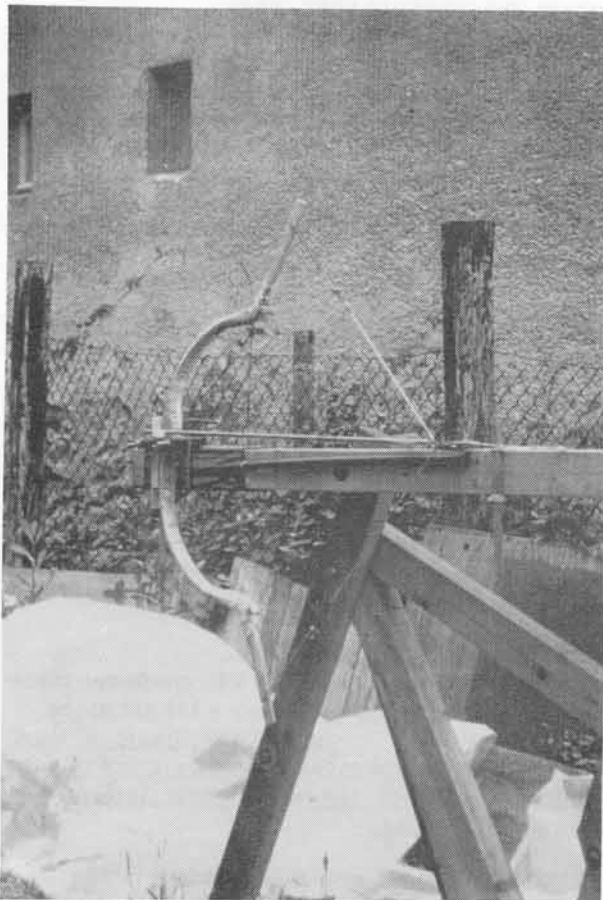
A légellenállás legnagyobb hányada a tollakra esik. Ezek felületének csökkentésével lehet legeredményesebben csökkenteni a légellenállást. A tollak anyaga is fontos a felület minősége miatt.

Egy nyílra lehetőség szerint mindig azonos oldali szárnyból való tollakat ragasztanak. Az így tollazott nyíl egyenes tollazás mellett is pörög repülés közben. Ez akadályozza meg a nagy felüle-

tű nyílhegy elúszását a levegőben. Az így stabilizálásra fordított energia is a mozgási energiából vonódik el. Csavart tollazásnál ez a hatás fokozottan érvényesül. (PRATT 1976, 202.) Még a manapság használatos tollazó gépekkel sem lehet minden tollat teljesen a nyíl tengelyével egyező irányba felragasztani, ezért a műanyag tollakkal tollazott nyilak is pörögnek.

A számításokhoz tehát ismernünk kell a kilőtt nyíl kezdősebességét, és az adott nyíl légellenállási tényezőjét.

A lövés körülményeinek állandósításához belövőállványt használtunk. (1. ábra)



1. ábra: Belövőállvány a 2. sz. "Acél" íjjal, lövésre kész helyzetben.

A sebességet közvetlenül mértük fotocellás műszerrel. (2. ábra) A húzáshossz minden esetben 70 cm volt. Az oldást zsinóros rendszerű oldógéppel végeztük. (3. ábra) Ez a szerkezet lényegesen gyorsabb, kevesebb energiavesztéssel járó oldást biztosít, mint a kézzel való oldás. Az így mért sebesség közel van az íjnak az adott nyíllal elérhető maximális sebességéhez.

Minden vizsgált íjból ugyanazt a négy nyilat lőttük ki a sebesség mérés és a kézből leadott lövések távolságának mérése során is.

A nyilak adatai:

- 1.: Easton XX75 2419, 125 grains terephegygyel, műanyag tollakkal. össztömege: 45 gramm
- 2.: Easton Eagle 2018, 125 grains terephegygyel, műanyag tollakkal. össztömege: 40 gramm
- 3.: Easton Eagle 2018, 75 grains terephegygyel, műanyag tollakkal. össztömege: 30 gramm
- 4.: hársfa vessző, céllövő hegygyel, pulykatollal. össztömege: 25 gramm.

Ebbe a vizsgálatba egyelőre négy íjat vontunk be. Ezek adatai 70 cm-es húzáshosszra:

- 1.: „Köris”. Kőrisfából faragott egyszerű botíj. Készítette Szöllösy Gábor. Ereje 27.5 font, a benne tárolt energia 28.9 Joule. (4. ábra)
- 2.: „Acél”. Acél lapból és műanyag kötegből készült merevszarvú reflexíj modell. Készítette prof. dr. Fábíán Gyula. Ereje 43.5 font, a benne tárolt energia 59.1 Joule. (5. ábra)
- 3.: „Zopf”. Üvegszálás műgyantából készült egyszerű reflexíj. Gyári készítmény, Zopf márka. Ereje 47 font, a benne tárolt energia 54.7 Joule. (6. ábra)
- 4.: „Marksman”. Juharfából és üvegszálás műgyantából készült, szétbontható (take down), összetett reflexíj. Gyári készítmény Marksman Portland márka. Ereje 43 font, a benne tárolt energia 51.1 Joule. (7. ábra)

Légellenállási tényezőként egy kalkulált értéket állítottunk be a számításba, amely figyelembe veszi a felületi súrlódást és a homlokfelületen jelentkező légellenállást, de a nyílvevő pörgése miatt nem a valóságos homlokfelülettel számol, hanem annál nagyobb értékkel. A számítógépes modellezés során a szükséges alapadatok hiányában nem tudtuk figyelembe venni a nyílvevő repülés közbeni rezgéséből adódó energiavesztéseket.

A számítások eredményei

„Köris”

	optimális kilövési szög (fok)	maximális lőtáv (m)
25 g	45	99
30 g	45	90
40 g	44.5	83
45 g	45	75

„Acél”

	optimális kilövési szög (fok)	maximális lőtáv (m)
25 g	44	76
30 g	45.5	73
40 g	44	68
45 g	44.5	72

„Zopf”

	optimális kilövési szög (fok)	maximális lőtáv (m)
25 g	44.5	168
30 g	44	172
40 g	45	167
45 g	45	157

„Marksman”

	optimális kilövési szög (fok)	maximális lőtáv (m)
25 g	44.5	176
30 g	43.5	175
40 g	44.5	170
45 g	44	152

Ezek az eredmények az egyes íjaknak az adott nyíllal elérhető elméletileg lehetséges legnagyobb lőtávolságait adják.

Az elméleti számítások alapján a FÁBIÁN által közölt adatok, nevezetesen: 68.3 font (31 kp) erejű íjával 20.55 g tömegű nyíllal 9 lövés átlagként 175 métert ért el, a legtávolabbi lövés 186 méter volt (FÁBIÁN GY. 1967, 100), valamint egy 70.5 font (32 kp) erejű íjból 25 g tömegű nyíllal

130 méter (FÁBIÁN GY. 1980–1981, 72) egyáltalán nem tekinthetők irreálisan alacsony értékeknek.

Érdekes összehasonlítási lehetőséget kínált annak megvizsgálása, hogy ebből az elméletileg lehetséges lőtávból mennyi „realizálható” a gyakorlatban, amikor egy adott pillanatban minden segítő és zavaró tényező együtt jelentkezik. Ilyen például az íjász érzéke az optimális kilövési szög eltalálásához, az oldási technika sebességcsökkentő hatása, a szél iránya, erőssége és még számos ismeretlen tényező.

A kérdés megvizsgálására 1994. szeptember 24-én Dányban távlövési kísérletet hajtottunk végre ugyanezen íjakkal és nyilakkal. A lövéseket Daróczy Attila, Ungvári Zoltán, Szöllösi Antal és Szöllösy Gábor terepíjászok adták le. Közülük Szöllösi Antal az 1994. évi terepíjász országos bajnokságon második helyezett volt, első osztályú minősítéssel rendelkezik, Ungvári Zoltán harmadosztályú minősítéssel rendelkezik. A másik két íjásznak nincs minősítése. A nyilakon jelöltük a 70 cm-es húzáshosszt, hogy lehetőleg a sebességméréssel azonos erő- és energia viszonyok mellett történjen minden lövés, hiszen az eredmények csak így hasonlíthatók össze a számított értékekkel.

A vizsgálandó négy íj közül a „Marksman”-nal nem tudtuk elvégezni a kísérletet, mert felajzásakor kiderült, hogy az ideg egy szála elszakadt. A kísérlet már korábban említett lassúsága miatt mindenki minden íjból minden nyilat csak egy alkalommal lött ki. Ez némileg rontja az eredmények pontosságát, de bizonyos tendenciák így is kirajzolódtak.

Az eredmények a következőként adódtak:

íjak és nyilak	íjászok				
	1	2	3	4	átlag
„Köris”					
25 g	88	88	90	85	88
30 g	84	82	86	85	84
40 g	77	72	76	71	74
45 g	65	61	57	63	61
„Acél”					
25 g	79	73	80*	83	79 !
30 g	70	68	74*	68	70
40 g	70*	66	76*	67	70
45 g	61	56	66	56	60
„Zopf”					
25 g	154	153	150	154	153
30 g	167	163	168	168	167
40 g	160	145	151	164	155
45 g	146	129	140	145	140

A \*- gal jelzett értékeknél „tettenértük” a túlhúzást. Ezekben az esetekben - és valószínűleg a

többi olyan esetben is, amikor a számított értéknél nagyobb lőtávolságot sikerült elérni a gyakor-

latban - az történt, hogy az íjász a megadott 70 cm-nél hosszabbat húzott, ami által nagyobb mennyiségű energiát adott át az íjnak, így a kilőtt

nyíl sebessége is nagyobb volt, mint a számításnál figyelembe vett érték.

*A számított és a kísérletben mért lőtávolságok átlaga közötti különbség az alábbiak szerint alakult:*

íj	25 g	30 g	40 g	45 g
<b>Kőris</b>	-11 m,	-6 m,	-9 m,	-14 m
<b>Acél</b>	+3 m*,	-3 m*,	+2 m*,	-8 m,
<b>Zopf</b>	-15 m,	-5 m,	-12 m,	-17 m,

Az eredmények alapján úgy tűnik, hogy a számítógépes modellezéssel számított maximális lőtávolság 50–200 m közötti értékeihez képest a gyakorlatban 10–15 méterrel rövidebb lőtávokkal számolhatunk pusztán kézzel való oldást feltételezve.

Ennek hangsúlyozása azért fontos, mert az oldási technika és az alkalmazott segédeszköz sokat ronthat vagy javíthat az eredményeken. A rossz oldás lassítja a nyíl röptét és el is térítheti a helyes irányból. KLOPSTEG (1947, 201) szerint a mediterránnak vagy angolszásznak nevezett három újjas oldási technikát alapul véve pusztán kézzel hüvelykujjas mongol technikával 50 yarddal nagyobb lőtáv érhető el. Ez a többlet további 50 yarddal megfejezhető, ha a hüvelykujjas oldáshoz hüvelykgyűrűt használnak.

Ezt a jelenséget mi is meg akartuk vizsgálni, és a „Zopf” íjból ugyanazokat a nyilakat kilőttük a sebességméréshez használt oldógéppel is. Az eredmények valóban jobbak voltak a pusztakezes angolszász oldásokénál mintegy 5–12 méterrel, de még így is 4–5 méterrel elmaradtak a számított értékektől. Az oldógép még a hüvelykgyűrűnél is gyorsabb oldást tesz lehetővé, ennek ellenére nem értük el a KLOPSTEG által jelzett különbséget. Ez nem is lett volna lehetséges, mivel a számított elméleti maximális értéktől eleve nem maradtak el ilyen mértékben a lövéseink. Valószínűsíthető, hogy KLOPSTEG adata a legrosszabb és legjobb eredmények között lehetséges legnagyobb különbséget jelenti.

Több esetben előfordult, hogy a 25 grammos nyíllal nem tudtunk nagyobb lőtávolságot elérni

mint a 30 grammossal. Ennek a magyarázatát abban látom, hogy a 25 grammos nyíl rúdja fából készült, tollai természetes pulykatollak, amelyek nagyobb a közegellenállás mint a többi nyíl alumínium cső rúdján és műanyag tollain. Tovább rontotta a 25 grammos nyíl repülési tulajdonságait a viszonylag könnyű hegy és a rúd magas szpájn-értéke. Ez a hajlékony nyílvevő a kilövés pillanatában bekövetkezett erős behajlás miatt az egész röppályáját „kóvályogva” tette meg. A lényegesen merevebb alumínium nyilak sokkal kevésbé hajlottak be a kilövéskor és rezgő mozgásuk már a röppálya felszálló ágában lecsillapodott, ezért sokkal kevesebb energiát veszítettek a repülés során.

Az elméletitől eltérő eredmények legfontosabb tanulsága, hogy a céllövő íjászathoz hasonlóan a távlövő íjászatban is az alapvetően gyakorlati tapasztalatok alapján összeállított, összehangolt felszereléssel lehet a legjobb eredményt elérni. Nem lehet azt mondani egy íjra vagy nyílra, hogy az a legjobb, mert a benne rejlő lehetőségeket csak akkor tudjuk érvényre juttatni, ha megfelelő íjász a megfelelő íjból a megfelelő nyilat lövi ki.

Összegzésként megállapítható, hogy a távlövési kísérletek eredményei alapvetően összhangban voltak a számítógépes modellezéssel számított eredményekkel, a számítógépes eljárás tehát alkalmas az íjak lehetséges legnagyobb lőtávolságának meghatározására. A becsült légellenállási tényező, amit a számításokhoz használtunk jól közelíti a valóságos értéket.

## IRODALOM

### FÁBIÁN 1967

Fábián Gyula: Archaeologia experimentalis. Honfoglaláskori magyar íj rekonstrukciója. Természettudományi Közlöny IX. évf. (1967) 98-101.

### FÁBIÁN 1980–81

Fábián Gyula: Újabb adatok a honfoglaláskori íjászat kérdésköréhez. Móra Ferenc Múzeum Évkönyve 1980–81/1. Szeged 63-76.

### KLOPSTEG 1947

Klopsteg, Paul E.: Turkish Archery and the Composite Bow (II.kiad.) Evanston (Ill. USA), 1947

### MÉSZÁROS 1992

Mészáros László: A középkori számszerlj erejének számítógépes szimulációja. megjelenés alatt.

### PRATT 1976

Pratt, P.L.: The Arrow. in: HARDY, Robert: Longbow. A social and military history. Cambridge 1976. 198-204. o.

# BESTIMMUNG DER MAXIMALEN SCHUSSWEITE DER BÖGEN MITTELS COMPUTERMODELL

## Resümee

Die maximale Schußweite des abgeschossenen Pfeils stellt eine der wichtigsten wertmessenden Eigenschaften der Bögen dar. Dies ist nahezu das einzige Merkmal, welches auch ohne Meßinstrument ziemlich exakt gemessen werden kann (z.B. durch Abschreiten). Es handelt sich also um jene wertmessende Eigenschaft, auf deren Grundlage es selbst dem Menschen des Neolithikums möglich war, die Bögen zu vergleichen. (Eine andere Frage ist, ob in einer gegebenen Kultur überhaupt der Anspruch auftauchte, die maximale Schußweite der Bögen zu messen und sie davon ausgehend zu bewerten.)

Angesichts dessen, daß zur Messung der Schußweite kein Zielinstrument erforderlich ist, könnte die Anwendung der typischen direkten Versuchsmethoden als nächstliegend erscheinen. Doch da die Fixierung der Umstände für die Schüsse eine recht komplizierte Aufgabe darstellt, wandten wir uns dem Computermodell zu.

Für die Berechnungen müssen die Anfangsgeschwindigkeit und der Luftwiderstandsfaktor des jeweils abgeschossenen Pfeils bekannt sein.

Zur Fixierung der Schußbedingungen verwendeten wir ein Einschußgestell (Abb. 1). Die Geschwindigkeit wurde unmittelbar mit einem Photozelleninstrument gemessen (Abb. 2). Die Anspannlänge betrug in jedem Fall 70 cm. Zum Auslösen des Schusses wurde eine Maschine mit Schnürenkonstruktion eingesetzt (Abb. 3). Diese Konstruktion ist wesentlich schneller, das Auslösen geht mit weniger Energieverlust einher als das Auslösen per Hand. Die so gemessene Geschwindigkeit nähert sich der mit dem betreffenden Pfeil des Bogens erreichbaren maximalen Geschwindigkeit. Mit jedem untersuchten Bogen schossen wir diesselben vier Pfeile ab, sowohl bei Messung der Geschwindigkeit als auch der Weite der per Hand abgegebenen Schüsse.

Als Luftwiderstandsfaktor wurde ein kalkulierter Wert eingesetzt, der die Oberflächenreibung und den an der Stirnfläche auftretenden Luftwiderstand in Betracht zieht, wegen der Drehung des Pfeils jedoch nicht mit der tatsächlichen Stirnfläche, sondern mit einem höheren Wert rechnet. Bei Erstellung des Computermodells

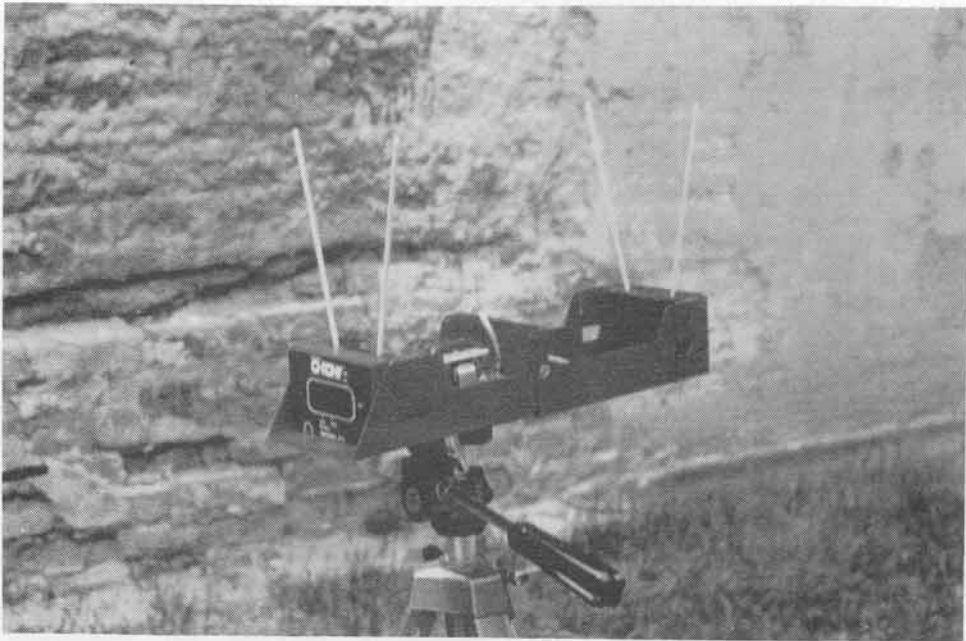
konnte der aus dem Schwingen des Pfeils während seines Fluges resultierende Energieverlust mangels notwendiger Ausgangsdaten nicht beachtet werden.

Die so errechneten Schußweiten sind als der mit dem betreffenden Bogen und Pfeil erreichbare Maximalwert zu betrachten. Eine interessante Vergleichsmöglichkeit bot die Untersuchung dessen, wieviel von der theoretisch möglichen Schußweite sich in der Praxis "realisieren" läßt, wenn in einem bestimmten Moment alle Hilfs- und Störfaktoren zusammen auftreten (beispielsweise das Gefühl des Schützen, den optimalen Abschußwinkel zu finden, die geschwindigkeitsmindernde Wirkung der Auslösetechnik, die Windrichtung- und -stärke sowie zahlreiche andere unbekanntere Faktoren).

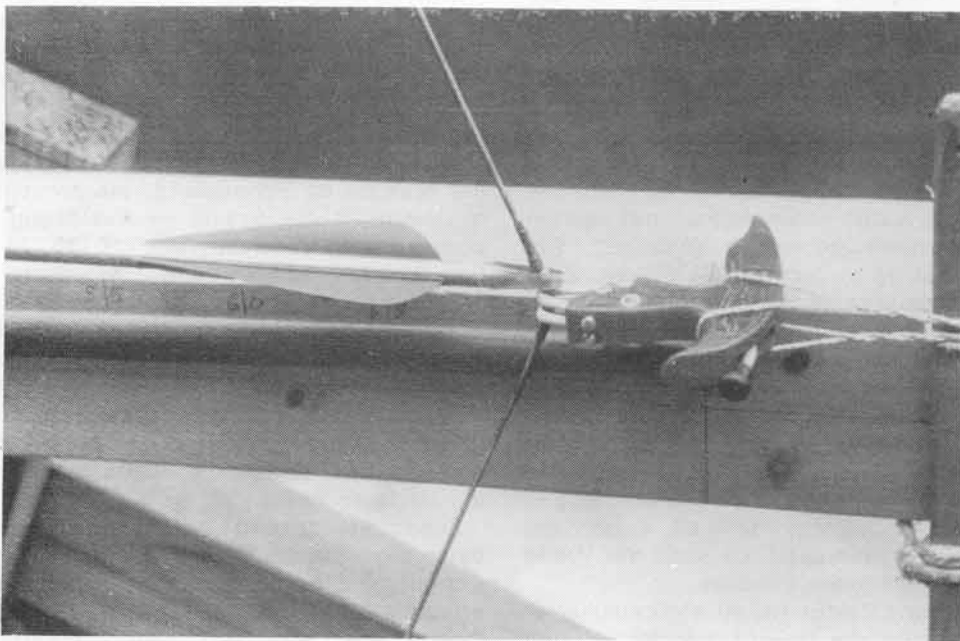
Zwecks Untersuchung der Frage veranstalteten wir am 24. September 1994 unter Teilnahme von vier Bogenschützen (darunter zwei qualifizierte Sportschützen) ein Weitschießen mit denselben Pfeilen und Bögen. Aufgrund der Versuchsergebnisse scheint es, daß man im Vergleich zu den mittels Computermodell errechneten Werten der maximalen Schußweite, die zwischen 50-200 m liegen, in der Praxis — Auslösung per Hand vorausgesetzt — mit um 10-15 m kürzeren Schußweiten rechnen kann.

Bei einem der Pfeile wich das Versuchsergebnis in einigen Fällen wesentlich von dem theoretisch zu erwartenden Ergebnis ab, was wir darauf zurückführten, daß dieser Pfeil einen bedeutend biegsameren Schaft hatte als die anderen. Aus diesem Grund verlor er infolge der Schwingungsbewegung während des Fluges mehr Energie als die steiferen Pfeile.

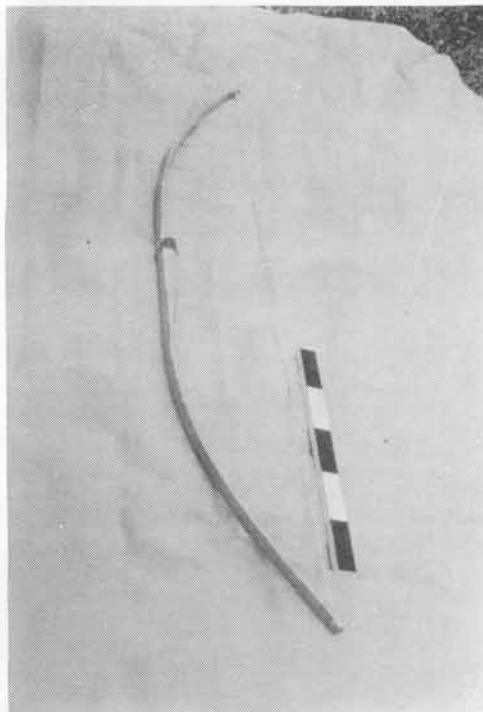
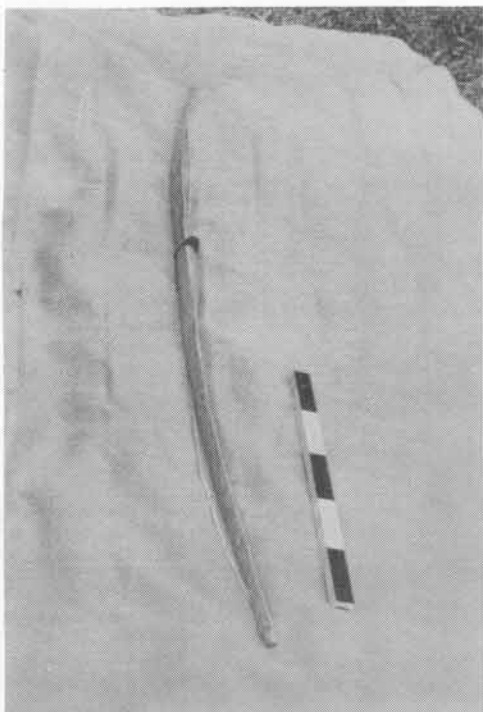
Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Ergebnisse der Weitschießversuche grundlegend mit den durch das Computermodell errechneten Ergebnissen in Einklang standen. Demzufolge ist das Computerverfahren zur Bestimmung der größtmöglichen Schußweite der Bögen geeignet. Der geschätzte Luftwiderstandsfaktor, der den Berechnungen zugrundegelegt wurde, liegt nahe am tatsächlichen Wert.



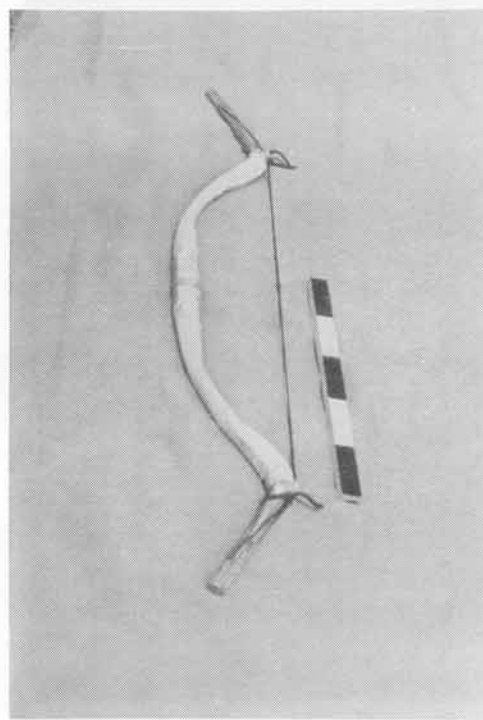
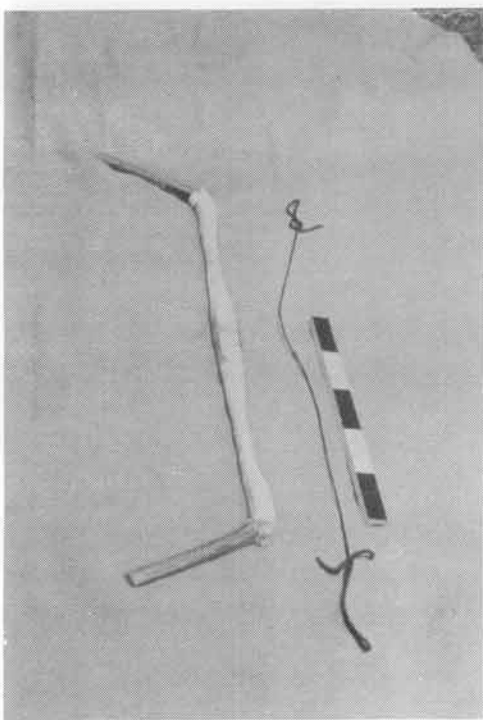
2. ábra: Shooting Chrony, fotocellás sebességmérő műszer



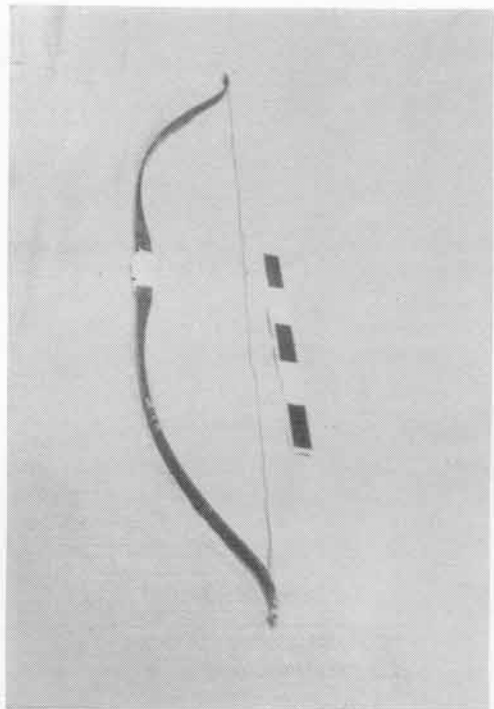
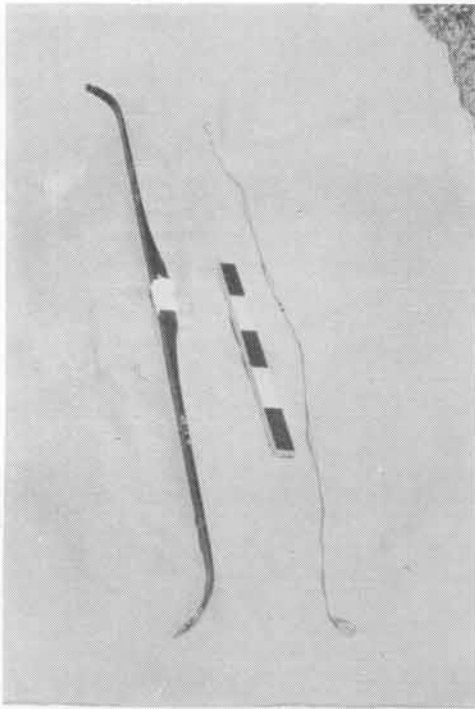
3. ábra: Zsinóros rendszerű oldógép a belövőállványra rögzítve.



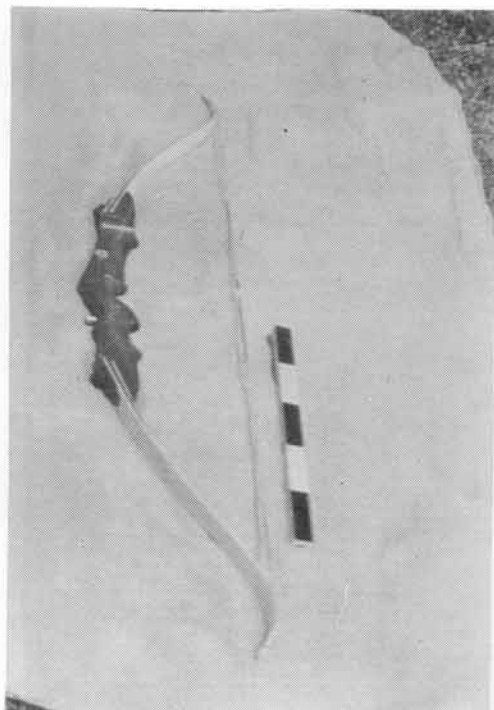
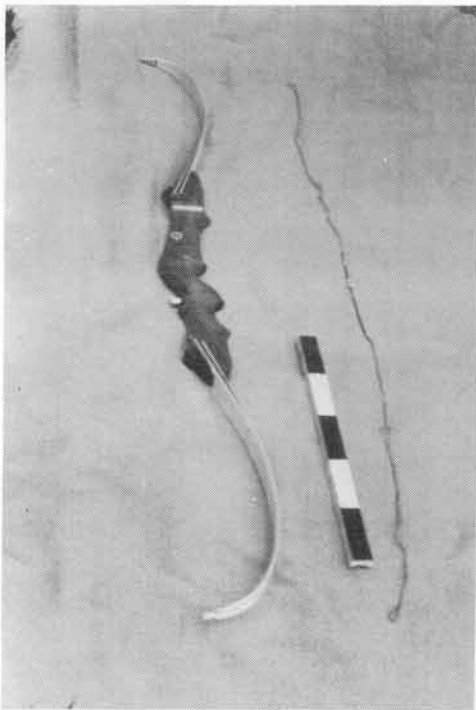
4. ábra: Az 1. sz. "Köris" íj a/ ajzatlanul, b/ felajzva.



5. ábra: A 2. sz. "Acél" íj a/ ajzatlanul, b/ felajzva.



6. ábra: A 3. sz. "Zopf" íj a/ ajzatlanul, b/ felajzva.



7. ábra: A 4. sz. "Marksman" íj a/ ajzatlanul, b/ felajzva.

# FÜGGELÉK

A kilövés szöge és a lőtávolság illetve a röppálya magassága közötti összefüggés grafikus ábrázolása két íj esetében négy különböző tömegű nyíllal

