

Jerzy A. Ejsmont

# BALISTYKA DLA SNAJPERÓW

PRAKTYCZNY PORADNIK



Wydawnictwo WNT





**BALISTYKA  
DLA SNAJPERÓW**

Jerzy A. Ejsmont

# BALISTYKA DLA SNAJPERÓW

PRAKTYCZNY PORADNIK



Wydawnictwo WNT



# Wstęp

Precyzyjne, taktyczne strzelanie z karabinu na dużą odległość różni się znacznie od strzelania bojowego z broni krótkiej czy szturmowej, nie mówiąc już o strzelaniu sportowym. Różnica polega przede wszystkim na tym, że mniej istotne są umiejętności manualne, a o celności strzału zaczyna decydować umiejętność określenia prawidłowych nastaw celownika. Wynika to z faktu, że efekty błędów popełnianych przy składaniu do strzału, celowaniu i ściągnięciu języka spustowego są mniej więcej proporcjonalne do odległości, a efekty błędów w ocenie wiatru czy odległości zwiększają się niemal lawinowo. Przykładowo, błąd oceny odległości o 20 m przy strzelaniu na odległość 100 m praktycznie nie wpływa na punkt trafienia typowego pocisku karabinowego. Taki sam błąd przy strzale na odległość 1000 m może już powodować uchyb wynoszący w zależności od kalibru broni 30–200 cm! Wynika z tego, że na dużą odległość nie można celnie strzelać bez dobrej znajomości zagadnień balistycznych.

Od wielu lat zajmuję się bronią strzelecką, balistyką i strzelaniem. Przez te lata wiadomości o balistyce czerpałem głównie z literatury anglojęzycznej i z własnych doświadczeń, nie ma bowiem przystępnie napisanych polskich publikacji z tej dziedziny. Nieliczne pozycje to albo proste instrukcje wojskowe pochodzące z okresu, gdy karabin SWD był wzorem karabinu wyborowego, albo bardzo teoretyczne podręczniki akademickie.

W czasie licznych kontaktów ze snajperami wojskowymi, policyjnymi i z innych służb często słyszę podobne pytania związane z balistyką, którą roboczo nazwijmy „praktyczną”. Do grupy osób dyskutujących o zagadnieniach balistycznych dołączyli niedawno koledzy zajmujący się strzelaniem sportowym na duże odległości. Wielu z nich wyrażało niezadowolenie z faktu, że tak trudno znaleźć książkę poruszającą w sposób przystępny zagadnienia związane ze strzelaniem taktycznym na średnie i duże odległości. Wszystko to spowodowało, że podjąłem próbę zebrania podstawowych wiadomości z balistyki w jedną, mam nadzieję, łatwo przyswajalną całość. W książce dużo miejsca poświęciłem również celownikom optycznym, które stanowią interfejs między strzelcem a karabinem.

Starałem się, aby książka spełniała oczekiwania głównie snajperów i strzelców wyborowych, dlatego omówiłem w niej dużo zagadnień związanych ze strzelaniem w warunkach bojowych. Dla nich też przede wszystkim jest przeznaczony rozdział poświęcony balistyce końcowej, który u osób wrażliwych może wywołać bardzo negatywne reakcje, za co z góry przepraszam.

W Wojsku Polskim i w Policji obowiązującym terminem jest **strzelec wyborowy**, niezależnie od tego, czy żołnierz lub policjant jest jedynie bardzo dobrym strzelcem, czy też spełnia wszystkie dodatkowe wymagania pozwalające nazwać go snajperem. W niniejszej książce systematycznie będę jednak używał określenia **snajper** w celu jego wypromowania. Tym niemniej wiadomości zawarte w tej książce mogą być przydatne również dla strzelców wyborowych, długodystansowych strzelców sportowych, a nawet myśliwych.

Balistyka z jednej strony jest nauką o bardzo głębokich korzeniach, z drugiej jednak jest nauką dopiero od niedawna rozwijającą się bardzo dynamicznie, a to dzięki postępowi w technikach pomiarowych i obliczeniowych. Paradoksalnie więc wiele zjawisk związanych z balistyką nadal jest różnie interpretowanych, stosowane są różne modele i uproszczenia. Opinie prezentowane w poszczególnych książkach często bardzo się od siebie różnią i te same obserwowane efekty bywają tłumaczone w bardzo różny sposób. Pisząc tę książkę, starałem się krytycznie podchodzić do materiałów źródłowych i wybierać te, które wydawały mi się najbardziej zgodne z rzeczywistością. Czy to się udało, pokaże czas.

# 1. Specyfika strzelców snajperskich

Książkę o balistyce przeznaczoną dla snajperów warto zacząć od krótkich rozważań terminologicznych [3]. W języku polskim, szczególnie potocznym, pojęcia *snajper* i *strzelec wyborowy* bywają stosowane zamiennie. Mają one swoje odpowiedniki w języku angielskim – *sniper* i *marksman* (czasem zastępowany słowem *sharpshooter*), lecz ich znaczenie jest zdecydowanie różne. Uważam, że również w języku polskim nie należy zatracać różnic znaczeniowych między tymi terminami, gdyż są one istotne zarówno z uwagi na szkolenie, jak i ze względu na wykorzystanie żołnierza lub policjanta o ponadprzeciętnych umiejętnościach posługiwania się karabinem.

**Strzelec wyborowy** (ang. *marksman*) to żołnierz lub funkcjonariusz innej służby wyposażony w broń i amunicję o podwyższonej celności, który opanował sztukę celnego strzelania na duże odległości w stopniu znacznie wyższym od przeciętnego i który jest wykorzystywany do rażenia celów punktowych (indywidualnych) na duże odległości. W typowych warunkach bojowych strzelec wyborowy współdziała bezpośrednio z innymi żołnierzami lub funkcjonariuszami i stosuje podstawowe środki maskujące podobnie jak pozostali żołnierze.

**Snajper** (ang. *sniper*) to żołnierz sił specjalnych lub funkcjonariusz innej służby, który oprócz umiejętności strzelca wyborowego dysponuje również dużą umiejętnością prowadzenia autonomicznych działań z dala od swojego zaplecza. Musi więc on dodatkowo posiadać umiejętność perfekcyjnego maskowania, przetrwania w ekstremalnie ciężkich warunkach i prowadzenia działań w osamotnieniu lub w tandemie (snajper + obserwator). Snajper musi być nadzwyczaj cierpliwy, zaradny i wytrwały, musi również posiadać coś, co można nazwać instynktem łowcy. Snajperem w żadnym razie nie jest więc osoba strzelająca przez okno z wiatrówki do przechodniów, a właśnie taki obraz „snajpera” często jest przekazywany przez środki masowego przekazu w reakcji na kryminalne zachowania nieodpowiedzialnych lub chorych osób. Samo słowo snajper pochodzi od ptaka bekasa (ang. *snipe*), który jest (niestety, niedługo będziemy chyba mówić „był”) bardzo płochliwy i trudny do upolowania. Osoba, która z powodzeniem potrafiła go podejść i upolować, była nazywana snajperem.

Jak wynika z powyższych definicji, strzelec wyborowy powinien skoncentrować się na doskonaleniu umiejętności strzeleckich, podczas gdy szkolenie snajpera obejmuje dodatkowo techniki maskowania, technik przetrwania, udzielanie pomocy medycznej, improwizacji i obserwacji. Snajper musi również mieć bardzo silną osobowość, gdyż jest narażony na szczególnie duży stres podczas działań bojowych, wynikający z bezpośredniej obserwacji celu (cel nie jest zazwyczaj „anonimowy”, a efekt strzału bardzo dokładnie widać w celowniku optycznym) oraz chęci osiągnięcia prawie 100% skuteczności swoich działań i ogromnego zagrożenia w przypadku wykrycia. Trzeba zdawać sobie sprawę, że o ile większość żołnierzy piechoty po rozpoczęciu walki działa „w afekcie”, to strzelcy wyborowi, a szczególnie snajperzy, działają z reguły „z premedytacją”, długo czekając na swój cel i pozostając sam na sam ze swoimi myślami.

Oprócz podziału na snajperów i strzelców wyborowych ważny jest również podział ze względu na formację, w której służy snajper (lub strzelec wyborowy). Inna jest bowiem specyfika działań snajpera wojskowego, a inna snajpera policyjnego. W odniesieniu do polskich wojskowych strzelców wyborowych, szczególnie obecnie, różnice uległy dodatkowemu pogłębieniu w związku z udziałem Wojska Polskiego w misjach w Iraku i Afganistanie. Ze względu na ukształtowanie terenu snajperzy są wykorzystywani w tamtych rejonach do prowadzenia działań na dystansach znacznie przekraczających 1000 m, w dużej odległości od baz i przy wsparciu stosunkowo nielicznych, choć bardzo dobrze wyszkolonych i wyposażonych pododdziałów. Warunki te odbiegają od warunków regularnego frontu i walk z udziałem licznych armii, w skład których wchodzi żołnierze służby zasadniczej i nadterminowej, warunków, do jakich szkolono do niedawna również strzelców wyborowych Wojska Polskiego. Na rysunku 1.1 widać scenę współczesnych działań snajperskich.



Rys. 1.1. Snajper wojskowy na pozycji obserwacyjnej w terenie górskim

Strzelec wyborowy lub snajper policyjny jedynie sporadycznie może znaleźć się w sytuacji, gdy konieczne będzie oddanie strzału na odległość większą niż 200 m. Może to mieć miejsce na lotnisku lub na zbiorniku wodnym. Znacznie częściej, szczególnie w terenie zurbanizowanym, występują strzały na odległość ok. 50–100 m. Niestety, jeśli dochodzi już do sytuacji, gdy strzał jest konieczny, to zazwyczaj jego celność ma znaczenie krytyczne. Drobny błąd w punkcie trafienia może mieć bowiem katastrofalne rezultaty, takie jak zabicie zakładnika lub umożliwienie terrorysty zdetonowania ładunku wybuchowego. Sytuację utrudnia fakt, że cel zdaje sobie zazwyczaj sprawę z obecności snajperów czy strzelców wyborowych, nawet jeśli nie wie, gdzie oni się znajdują. Tak więc snajper policyjny musi do perfekcji doprowadzić technikę celowania i oddawania strzału, a snajper wojskowy więcej uwagi musi poświęcić umiejętności oceny warunków atmosferycznych i odległości od celu, bo to one w jego przypadku decydują o trafieniu. Nie oznacza to jednak, że snajperzy policyjni nie powinni doskonalić swoich umiejętności w strzelaniu na średnie i duże odległości. Umiejętność strzelania na odległości większe niż wynika to ze specyfiki zadań daje bowiem wyraźny wzrost samooceny i stanowi gwarancję prawidłowego strzelania w sytuacjach łatwiejszych.

Strzelcy wyborowi i snajperzy policyjni są wykorzystywani zarówno w sposób planowy do zabezpieczania obiektów oraz imprez, szczególnie z udziałem VIPów, jak i do działań interwencyjnych podejmowanych w sytuacjach kryzysowych. W takich sytuacjach pełnią rolę obserwatorów czy wręcz zwiadowców, wspierają interweniujące oddziały policji, a nawet mogą stanowić zasadniczą siłę uderzeniową (np. w sytuacji zakładniczej, gdy konieczne jest wyeliminowanie terrorysty grożącego zabiciem zakładników). Nie ulega wątpliwości, że w większości przypadków ich działania są improwizowane i na bieżąco dostosowywane do rozwoju sytuacji.

Akcje z udziałem snajperów sił specjalnych (wojskowych) są zazwyczaj szczegółowo planowane i wspomagane lub zabezpieczane przez inne formacje. Z reguły akcje te odbywają się na obcym terenie. W zależności od potrzeb, misje trwają od jednego dnia do tygodnia (lub dłużej, jeśli snajper jest członkiem dalekiego patrolu) i dotyczą zadań rozpoznawczo obserwacyjnych, osłonowych albo precyzyjnego eliminowania wybranych przeciwników. Szczególnie w tym ostatnim przypadku akcje są bardzo szczegółowo planowane i prowadzone z użyciem licznych środków technicznych, takich jak wywiad elektroniczny, obserwacja satelitarna lub inwigilacja za pomocą bezzałogowych środków latających. Snajperzy mogą być również z powodzeniem wykorzystywani w walkach obronnych, korzystając z uprzednio przygotowanych stanowisk strzeleckich.

Reasumując, specyfika strzelań, które w niniejszej książce będą nazywane **snajperskimi**, polega na tym, że konieczne jest strzelanie w różnych warunkach atmosferycznych i terenowych, na różne odległości i przy różnym stopniu niepewności oceny czynników mających wpływ na strzał.

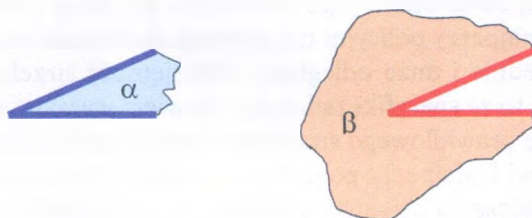


## 2. Miary kątowe

### 2.1. Podstawy trygonometrii

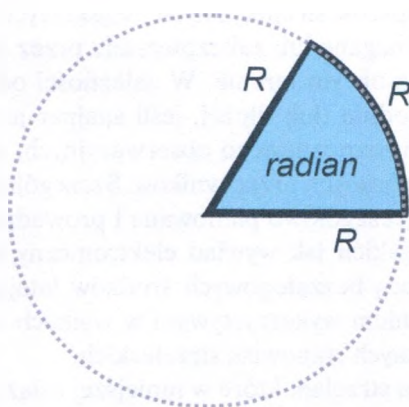
Trudno wyobrazić sobie celne strzelanie o charakterze snajperskim bez znajomości podstaw trygonometrii i fizyki. W tym podrozdziale zostaną przypomniane najbardziej istotne wiadomości z zakresu trygonometrii, bez których nie jest możliwe kreatywne wykorzystywanie siatek celowniczych czy prawidłowe wprowadzanie poprawek do celownika optycznego.

**Kąt płaski** jest to każda z dwóch części płaszczyzny zawarta między dwiema półprostymi o wspólnym początku wraz z tymi półprostymi nazywanymi ramionami kąta (rys. 2.1). Wspólny początek półprostych jest nazwany *wierzchołkiem kąta*.



Rys. 2.1. Kąty płaskie:  $\alpha$  (wypukły) i  $\beta$  (wklęsły) wyznaczone na płaszczyźnie przez te same półproste

Jednym ze szczególnych przypadków kąta płaskiego jest **kąt pełny** będący kątem utworzonym przez dwie pokrywające się półproste i zawierający wszystkie punkty płaszczyzny. Miarą takiego kąta jest  $360^\circ$  lub  $2\pi^1$  radianów.



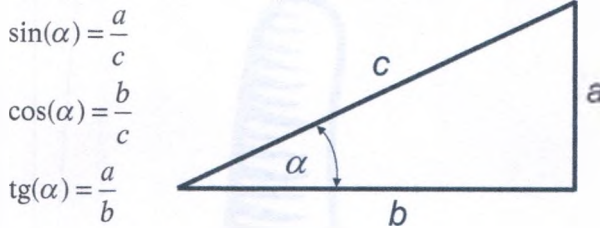
Rys. 2.2. Kąt o mierze jednego radiana

<sup>1</sup> Liczba  $\pi$  jest liczbą niewymierną określającą stosunek długości okręgu do jego średnicy. Wynosi ona w przybliżeniu 3,141592653589793238462643383279502884197169..., ale do zgrubnych obliczeń wystarczy przyjmować wartość 3,14.

Dla snajpera najbardziej ważne miary kątowe to: radian i stopień. **Radian** jest to kąt płaski równy kątowi między dwoma promieniami koła wycinającymi z okręgu tego koła łuk długości równej promieniowi (rys. 2.2). **Stopień** jest jednostką miary kąta płaskiego równą  $1/360$  kąta pełnego. Każdy stopień [ $^{\circ}$ ] dzieli się na 60 minut [ $'$ ], a każda minuta dzieli się na 60 sekund [ $''$ ].

$$1 \text{ rad} = 180^{\circ}/\pi \approx 57,29577951^{\circ} \approx 57^{\circ}17'45''$$

Dla snajpera, szczególnie wojskowego, bardzo ważne jest biegle posługiwanie się funkcjami trygonometrycznymi. Funkcje te zostaną omówione na podstawie rys. 2.3 przedstawiającego trójkąt prostokątny.



Rys. 2.3. Trójkąt prostokątny

**Sinus** (oznaczany  $\sin$ ) jest to stosunek przyprostokątnej przeciwległej do kąta ostrego i przeciwprostokątnej.

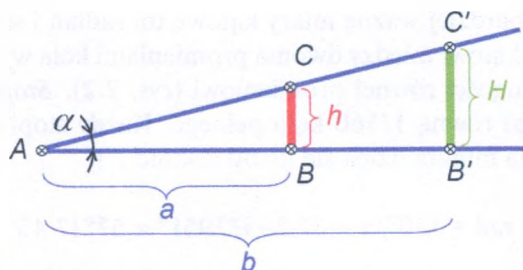
**Cosinus** (oznaczany  $\cos$ ) jest to stosunek przyprostokątnej przyległej do kąta ostrego i przeciwprostokątnej.

**Tangens** (oznaczany  $\text{tg}$ ) jest to stosunek przyprostokątnej przeciwległej do kąta ostrego i przyprostokątnej przyległej do kąta ostrego.

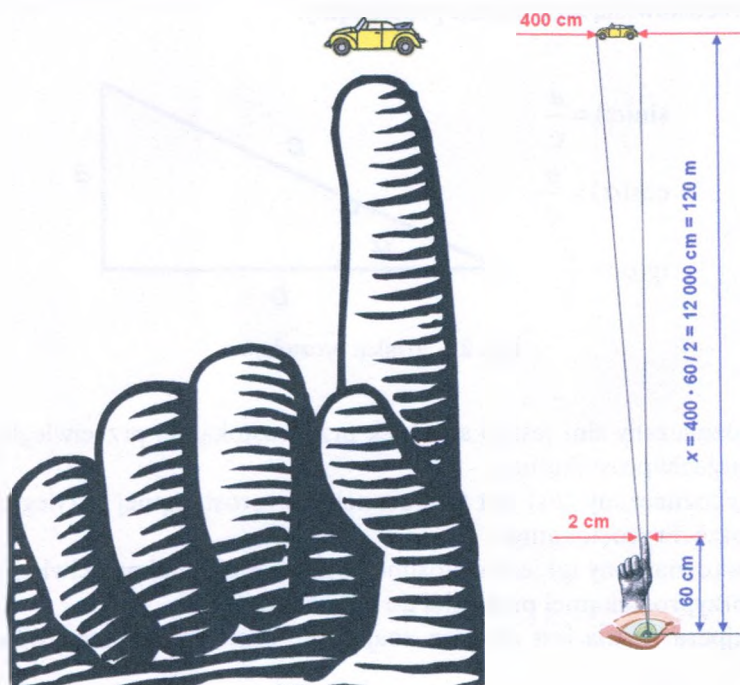
Dla snajpera ważna jest również znajomość praw rządzących trójkątami podobnymi:

- jeżeli dwa trójkąty mają kąty odpowiednio równe, to odpowiednie boki tych trójkątów są proporcjonalne;
- jeżeli dwa trójkąty mają boki odpowiednio proporcjonalne, to kąty są odpowiednio równe;
- dwa trójkąty są podobne, jeżeli mają po jednym kącie równym, a odpowiednie boki obejmujące ten kąt są proporcjonalne.

Na rysunku 2.4 jest przedstawiony przykład typowego, dla snajpera wykorzystania powyższych twierdzeń. Trójkąty  $ABC$  i  $AB'C'$  są podobne, gdyż mają równe kąty (są to kąty:  $\alpha$ ,  $90^{\circ}$  i  $90^{\circ} - \alpha$ ). Oznacza to, że boki tych trójkątów są do siebie proporcjonalne, czyli np.:  $H/h = b/a$ . Dzięki temu można obliczyć jeden z wymiarów, o ile znane są pozostałe trzy wymiary.



Rys. 2.4. Określanie długości odcinków na podstawie twierdzeń o trójkątach podobnych



Rys. 2.5. Określanie odległości za pomocą twierdzenia o trójkątach podobnych

#### PRZYKŁAD

Założmy, że grubość naszego kciuka wynosi 2 cm (odpowiednik wymiaru  $h$  na rys. 2.4), a długość ręki wynosi 60 cm ( $a$ ). Jeśli patrząc na samochód osobowy o długości szacowanej na 4 m (400 cm), kciuk znajdujący się na wyciągniętej ręce dokładnie go przesłania, to odległość od samochodu możemy policzyć w sposób następujący:

$$\frac{H}{h} = \frac{b}{a}$$

$$b = \frac{aH}{h} = \frac{60 \cdot 400}{2} = 12000 \text{ cm} = 120 \text{ m}$$

Pokazano to na rys. 2.5.

W podobny sposób można wykorzystać znaczniki znajdujące się na snajperskich siatkach celowniczych, co będzie przedmiotem rozważań w kolejnych rozdziałach.

## 2.2. Minuta kątowa (MOA)

Minuta kątowa (ang. *minute of angle*, *MOA*) jest miarą kątową bardzo często występującą w zagadnieniach związanych z bronią strzelecką. Minuta kątowa to  $1/21\ 600$  część kąta pełnego. Popularność tej miary w strzelectwie wynika z tego, że odpowiada ona niemal dokładnie kątowi, pod jakim jest widziany odcinek o długości 1 cala z odległości 100 jardów. Dzięki temu w krajach anglosaskich została ona przyjęta jako podstawa określania skupienia przestrzelin i bardzo często jest stosowana jako podstawa podziałki służącej do regulacji celowników optycznych.

Również w krajach, gdzie obowiązuje system metryczny, minuta kątowa ma stosunkowo wygodną reprezentację, gdyż odpowiada niemal dokładnie kątowi, pod jakim z odległości 100 m jest widziany odcinek o długości 30 mm<sup>2</sup>.

Oczywiście z racji tego, że MOA jest miarą kątową, przy zwiększaniu odległości proporcjonalnie zwiększa się również długość odcinka odpowiadającego jednej minucie kątowej. I tak na przykład dla odległości 50 m wynosi ona 15 mm, dla odległości 200 m – 60 mm, a dla odległości 500 m – 150 mm.

## 2.3. Miliradiany, MIL-sy i tysięczne

O ile łatwo jest określić, co to jest minuta kątowa, o tyle znacznie trudniej jest zdefiniować MIL, czyli tysięczną. Powodem jest to, że próbując ułatwić sobie obliczenia, stosowano niezbyt konsekwentnie drobne uproszczenia, w wyniku czego powstało kilka różnych definicji tej miary. Co prawda różnice między nimi nie są duże i dla snajperów nie mają one większego znaczenia, ale już w artylerii pomylenie standardów może prowadzić do poważnych błędów.

Najbardziej oczywisty pod względem interpretacji jest *miliradian fizyczny*, nazywany również *tysięczną rzeczywistą*. Zgodnie z definicją jest to jedna tysięczna część radiana, czyli w przybliżeniu kąt, jaki powstaje z podziału kąta pełnego na 6283,185 części<sup>3</sup>. Ze względu jednak na to, że definicja radiana jest oparta na niewymiernej liczbie  $\pi$ , również miliradian może być przedstawiony jedynie z pewną dokładnością.

<sup>2</sup> Dokładniej, jest to kąt, pod jakim odcinek o długości 29,0888 mm jest widziany z odległości 100 m.

<sup>3</sup> Dokładniej, na  $1000 \cdot 2 \cdot \pi$  części.

W Stanach Zjednoczonych do celów wojskowych, w piechocie, zastosowano nieznacznie „zaokrągloną” wartość miary kątowej opartej na miliradianie, którą nazwano **MIL** i określono ją jako 1/6283 część kąta pełnego. Obecnie miara ta jest powszechnie nazywana **MIL według standardu USMC**<sup>4</sup>.

Niestety, artyleria Stanów Zjednoczonych postanowiła w celu dalszego ułatwienia obliczeń jeszcze bardziej „zaokrąglić” wartość miary i powstał **MIL artyleryjski** zdefiniowany jako 1/6400 część kąta pełnego. Miara ta została powszechnie przyjęta przez siły zbrojne USA i państw NATO i obecnie często jest nazywana **MIL według standardu NATO**; w Polsce jest nazywana **tysięczną z nadmiarem**.

Jeszcze inne zaokrąglenie zastosowano w Szwecji – **szwedzki MIL** (nazywany również **streck**) został zdefiniowany jako 1/6300 część kąta pełnego.

W armiach krajów byłego Układu Warszawskiego oraz w Finlandii obowiązywała jeszcze inna wartość miary – **tysięczna z niedomiarem** – i zdefiniowano ją jako 1/6000 część kąta pełnego.

Jak widać z powyższych rozważań, mnogość standardów powoduje poważne komplikacje w sytuacjach, w których konieczna jest bardzo duża dokładność oceny kątów, co ma na przykład miejsce w artylerii dalekiego zasięgu. W tabeli 2.1 są zebrane najważniejsze informacje o tych miarach.

Tabela 2.1. Podstawowe informacje o miarach kątowych

Nazwa	Część kąta pełnego	Długość łuku w odległości 100 m [mm]	Przeliczenie na minuty kątowe (MOA)
Stopień ( <i>degree</i> )	1/360	1745	60
Minuta kątowa ( <i>MOA, minute of angle, minute of arc</i> )	1/21 600	29,1	1
Sekunda kątowa ( <i>arcsecond</i> )	1/1 296 000	0,49	1/60
Miliradian ( <i>miliranadian fizyczny, tysięczna rzeczywista</i> )	≈ 1/6283,2	100	3,438
MIL USMC	1/6283	100	3,438
MIL NATO ( <i>Mils Army, tysięczna z nadmiarem</i> )	1/6400	98,2	3,375
Szwedzki MIL ( <i>streck, linia</i> )	1/6300	99,7	3,429
Tysięczna z niedomiarem	1/6000	104,7	3,600

<sup>4</sup> USMC – US Marine Corps.

W celownikach optycznych są praktycznie stosowane jedynie dwa standardy - „MIL USMC” i „MIL NATO”. Według informacji uzyskanych od US Optics oraz Schmidt & Bender, obaj producenci stosują standard USMC. W niniejszej książce oznaczenia MIL odnoszą się do miary zgodnej z definicją USMC.

Oczywiście, podobnie jak w przypadku MOA, przy zwiększaniu odległości proporcjonalnie zwiększa się również długość odcinka odpowiadającego miliradianowi czy „MIL-sowi”. I tak na przykład dla kąta 1 MIL w odległości 100 m wynosi ona 100 mm, w odległości 200 m - 200 mm, a w odległości 500 m - 500 mm.

Zarówno taktyczne siatki celownicze, jak i pokręta są wyskalowywane tradycyjnie albo w minutach kątowych (MOA), albo w miliradianach (MIL). Czasami jednak producenci podają, że jedna podziałka („jeden klik”) odpowiada odcinkowi 1 cm widzianemu z odległości 100 m. Takie określenie jest tożsame ze stwierdzeniem, że wartość jednej podziałki wynosi 0,1 MIL. Bywa podobnie, że podziałka wynosi 7,5 mm na 100 m, co odpowiada 1/4 MOA albo 15 mm na 100 m, co odpowiada 1/2 MOA.

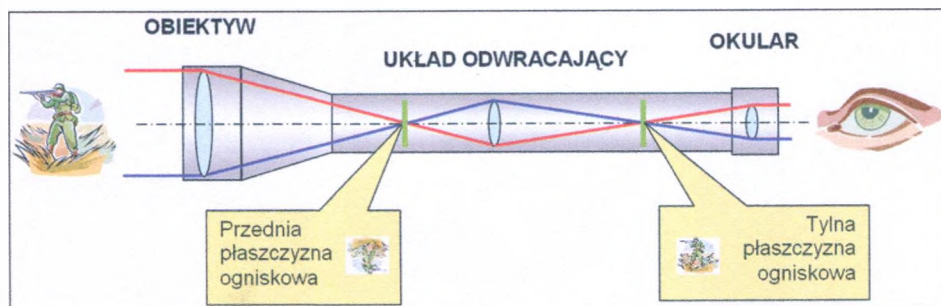
## 3. Celowniki optyczne

### 3.1. Zasady budowy

Celownik optyczny stanowi swoisty interfejs pomiędzy prawami balistyki, karabinem i snajperem. Z tego powodu zagadnienia związane z celownikami optycznymi są w tej książce potraktowane w szczególny sposób, pomimo że w klasycznych podręcznikach balistyki są zazwyczaj zupełnie pomijane.

#### 3.1.1. Konstrukcja celownika optycznego

Istnieją dwa podstawowe typy lunet optycznych: luneta Galileusza (ziemska) i luneta Keplera (astronomiczna). Różnią się one typem zastosowanych soczewek. W lunecie Galileusza soczewka przednia (obiektyw) jest soczewką skupiającą (wypukłą), a soczewka tylna (okular) jest soczewką rozpraszającą (wklęsłą). Luneta ta, co prawda, nie odwraca obrazu, ale nie nadaje się do wykorzystania jako celownik, gdyż pomiędzy soczewkami nie ma w niej płaszczyzny ogniskowej niezbędnej do umieszczenia siatki celowniczej. W odróżnieniu od lunety Galileusza, w lunecie Keplera okular również jest wyposażony w soczewkę skupiającą, co powoduje, że obraz jest odwrócony, ale jednocześnie pomiędzy soczewkami powstaje płaszczyzna ogniskowa, w której można umieścić siatkę celowniczą. Z tego powodu w celownikach optycznych wykorzystuje się lunety Keplera uzupełnione o jeszcze jedną soczewkę, której zadaniem jest odwrócenie obrazu. W konsekwencji, w celowniku optycznym występują przynajmniej trzy soczewki (a obecnie trzy zestawy soczewek) i pojawiają się dwie płaszczyzny ogniskowe (rys. 3.1).

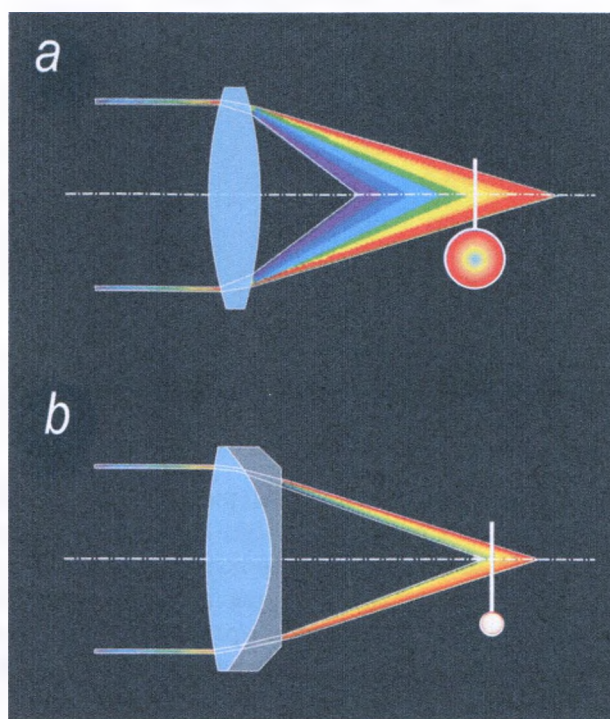


Rys. 3.1. Schemat budowy celownika optycznego

Współczesny celownik optyczny jest urządzeniem bardzo skomplikowanym i wyposażonym w znacznie więcej soczewek niż wynika to ze schematu przedstawionego na rys. 3.1 oraz w wiele precyzyjnych podzespołów mechanicznych. Pojedyncze soczewki wprowadzają wiele zniekształceń optycznych. W wyniku istnienia tych zniekształceń (aberracji) obraz celu docierający do ludzkiego oka może być poważnie zniekształcony.

Najważniejsze zniekształcenia optyczne to:

- aberracja chromatyczna polega na tym, że poszczególne barwy światła są inaczej załamywane przez soczewki i w związku z tym światło ulega rozczepieniu, a poszczególne barwy nie ogniskują się w tym samym punkcie, w konsekwencji kontury obiektów są otoczone tęczowymi obwódkami (rys. 3.2);
- aberracja komatyczna („koma”) polega na tym, że wiązka światła wychodząca z punktu nieleżącego w osi optycznej soczewki tworzy obraz przypominający przecinek lub kometę z „ogonem” (rys. 3.3);
- aberracja sferyczna polega na tym, że promienie padające z dala od środka soczewki są załamywane w inny sposób (silniej) niż promienie padające w rejonie środka, w konsekwencji uzyskany obraz jest nieostry (rys. 3.4).

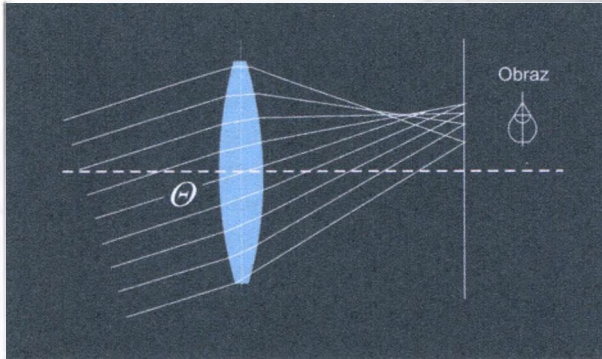


**Rys. 3.2.** Aberracja chromatyczna (a) i sposób jej eliminowania poprzez zastosowanie zespołu soczewek wykonanych z różnego typu szkła optycznego (b) [wykonawca rysunku: Aleksandra Pawlak]

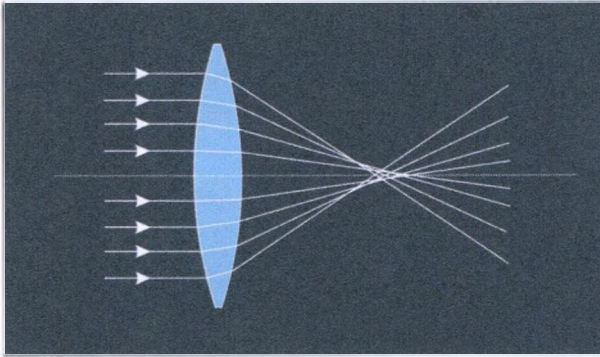
W celu wyeliminowania powyżej omówionych odkształceń zamiast pojedynczych soczewek stosuje się zestawy soczewek o tak dobranym kształcie i wykonanych z takiego szkła, aby kolejne soczewki korygowały wzajemnie zniekształcenia, które powodują.

Dodatkowym problemem w układach optycznych są odbicia światła na przejściach z jednego ośrodka do drugiego. Na każdym przejściu promienia z powie-





Rys. 3.3. Aberracja komatyczna



Rys. 3.4. Aberracja sferyczna

trza do szkła oraz ze szkła do powietrza następują częściowe odbicia promienia świetlnego, w konsekwencji zmniejszające jego jasność<sup>5</sup>. Dla ograniczenia tego zjawiska stosuje się specjalne, ultracienkie pokrycia warstwami antyrefleksyjnymi<sup>6</sup>. Dobrej jakości sprzęt optyczny powinien mieć pokrycie wielowarstwowe wszystkich powierzchni elementów systemu optycznego, które stykają się z powietrzem lub innym gazem wypełniającym przyrząd (angielskie określenie: *fully multi coated*).

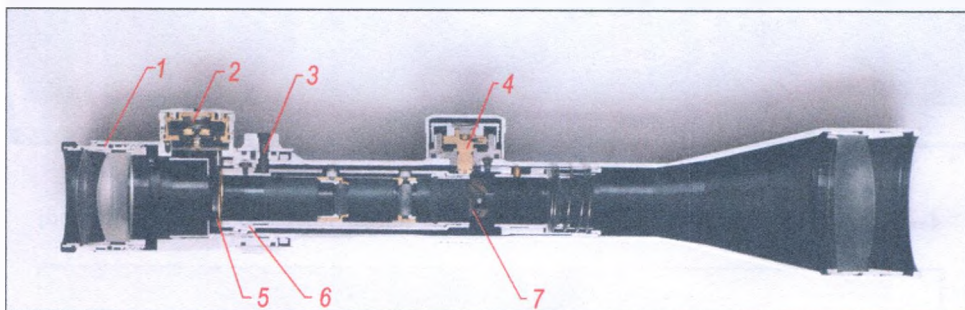
Współczesny celownik optyczny jest wyposażony w wiele różnego typu podzespołów regulacyjnych, które muszą pracować w bardzo trudnych warunkach. Podzespoły te są bowiem narażone na udarowe obciążenia związane z odrzutem broni, na wilgoć, pył, a nawet czynniki chemiczne, takie jak solanka czy produkty spalania prochu i materiałów wybuchowych. Stawia to bardzo wysokie wymagania

<sup>5</sup> W typowych warunkach, jeśli nie zastosowano powłok antyrefleksyjnych, jest tracone ok. 5% strumienia świetlnego.

<sup>6</sup> Typowe pokrycie jednowarstwowe zmniejsza stratę strumienia świetlnego do 1%, a pokrycie wielowarstwowe – nawet do 0,2%.

przed producentami profesjonalnych celowników optycznych. Z całą stanowczością można stwierdzić, że obecnie nie można pogodzić wysokiej jakości optycznej i mechanicznej celownika z jego niską ceną. Cena celownika dobrej jakości często dorównuje, a nawet przekracza cenę dobrego karabinu.

Na rysunku 3.5 jest przedstawiony przekrój celownika optycznego wysokiej jakości firmy Nikon. Na rysunku są wyraźnie widoczne precyzyjne podzespoły służące do wykonywania regulacji celownika: 1 – układ pozwalający dostroić celownik do indywidualnych cech oka, tak aby siatka celownicza była wyraźnie widoczna; 2 – układ do regulacji podświetlenia siatki celowniczej wraz z baterią zasilającą (niewidoczną na rysunku); 3 – układ do regulacji powiększenia, przesuwający soczewki w zespole środkowym; 4 – układ pionowej regulacji celownika pochylający cały tubus środkowy wraz z siatką celowniczą 5, ułożyskowany na przegubie kulistym 6, zapewniającym mu możliwość pochylania; 7 – układ regulacji paralaksy przemieszczający poosiowo część soczewek w tubusie.

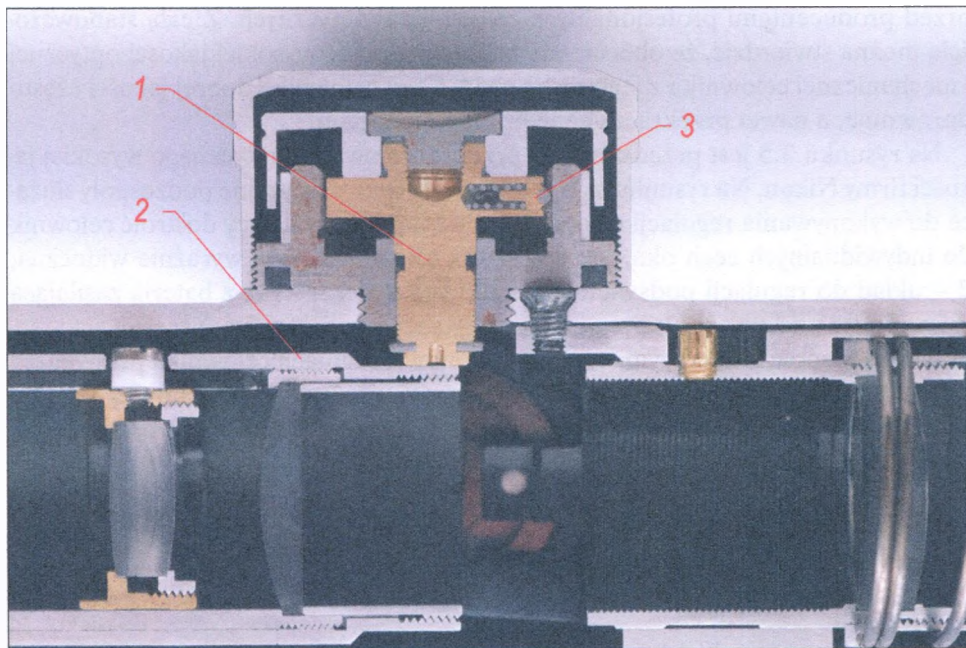


**Rys. 3.5.** Przekrój celownika optycznego Nikon Monarch

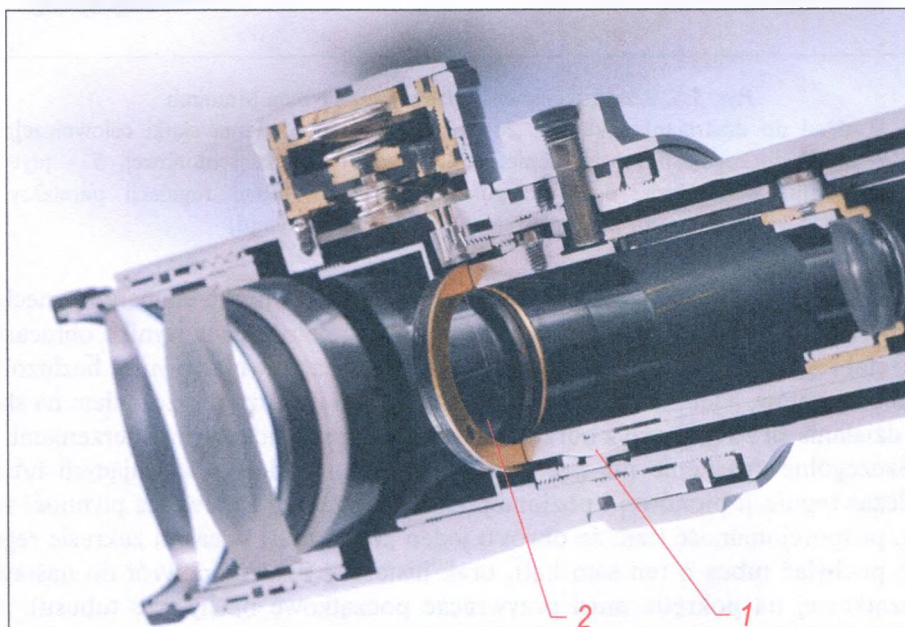
1 – układ do dostrajania okularu, 2 – układ do podświetlania siatki celowniczej, 3 – układ do regulacji powiększenia, 4 – układ do regulacji pionowej, 5 – płytka z siatką celowniczą, 6 – przegub kulisty, 7 – układ regulacji paralaksy  
[autor zdjęcia: Marcin Górko, Nikon Poland]

Jak wynika z rysunku, w celowniku znajduje się duża liczba elementów mechanicznych i soczewek, z których wiele zmienia swoje położenie w wyniku obracania pokręteł regulacyjnych. Konstrukcja celownika musi zapewniać płynny, bezluzowy ruch elementów, a jednocześnie zabezpieczać przed ich przemieszczaniem na skutek działania sił związanych z odrzutem broni oraz przypadkowymi uderzeniami.

Szczególne znaczenie ma precyzja wykonania układów pochylających tubus podczas regulacji pionowej i poziomej. Układy te muszą zapewniać płynność ruchu, proporcjonalność (tzn. że obrót o jeden „klik” musi w całym zakresie regulacji pochylać tubus o ten sam kąt), brak histerezy (tzn. że powrót do nastawy początkowej na pokrętle musi przywracać początkowe nachylenie tubusu). Te wszystkie cechy muszą być zachowane zarówno w wysokiej, jak i niskiej temperaturze. Jak przedstawiono na rys. 3.6, regulacja pionowa (podobnie jak pozioma) odbywa się za pośrednictwem śruby z drobnozwojowym gwintem 1, która



**Rys. 3.6.** Mechanizm regulacji pionowej celownika Nikon Monarch  
1 – śruba regulacyjna, 2 – tubus, 3 – zapadka [autor zdjęcia: Marcin Górko, Nikon Poland]



**Rys. 3.7.** Przegub kulisty 1 zapewniający możliwość pochylania tubusu w celowniku Nikon Monarch oraz płytkę z siatką celowniczą 2 [autor zdjęcia: Marcin Górko, Nikon Poland]

naciska na tubus 2, powodując jego odchylenie. Naciskowi śruby przeciwstawia się płaska sprężyna (niewidoczna na rysunku), która musi zapewnić dociskanie tubusu środkowego do powierzchni czołowej śruby. Jakość powierzchni czołowej śruby i powierzchni tubusu decyduje o płynności i proporcjonalności ruchu, a siła sprężyny i opór w przegubie kulistym widocznym na rys. 3.7 decydują o histerezie. Jeśli przegub stawia zbyt duży opór, to możliwe są zacięcia („przymarzenie”) objawiające się brakiem reakcji na wykręcanie śruby regulacyjnej. Ruch skokowy, czyli „klikanie” pokręta, zapewnia zapadka kulkowa 3 umieszczona na obwodzie śruby regulacyjnej.

Jak wynika z analizy działania układu regulacyjnego, jeśli celownik wykazuje skłonności do zawieszania, to należy doprowadzić do „rozruszania” przegubu kulistego poprzez wielokrotne przekręcenie pokręteł regulacyjnych od oporu do oporu (najlepiej w temperaturze pokojowej lub wyższej), a następnie dokonywać regulacji w taki sposób, aby śruba popychała tubus (była wkręcana, a nie wykręcana) w ostatniej fazie regulacji.

### 3.1.2. Stałe i zmienne powiększenie

Pierwsze celowniki optyczne, które pojawiły się już pod koniec XIX w., były budowane jako celowniki o stałym, niezbyt dużym powiększeniu i małym obiektywie. W stosunku do klasycznych przyrządów celowniczych, celownik optyczny o powiększeniu nawet tak małym jak  $\times 4$  dawał już strzelcowi bardzo poważną przewagę na polu walki, o ile wytrzymałość mechaniczna celownika była wystarczająca. Postęp w produkcji szkieł optycznych, a szczególnie wprowadzenie pokryć antyrefleksyjnych oraz zestawów soczewek, pozwolił na zwiększenie powiększeń celowników oraz zwiększenie średnic obiektywów. Rozwój technik wytwarzania oraz postęp w optyce doprowadziły do powstania celowników ze zmiennym powiększeniem. Nie oznacza to jednak wcale, że obecnie celowniki o zmiennym powiększeniu wyparły już całkowicie celowniki o powiększeniu stałym. W tabeli 3.1 są porównane cechy celowników ze stałym i ze zmiennym powiększeniem.

Trudno jest jednoznacznie powiedzieć, jaki celownik jest najlepszy dla snajpera wojskowego lub policyjnego. Nie ulega wątpliwości, że z roku na rok zmieniają się parametry celowników i wybór optymalny dzisiaj nie musi być optymalny za rok czy za dwa lata. Można jednak zaryzykować i sformułować kilka zaleceń.

Dla snajpera policyjnego optymalny wydaje się celownik o średnicy obiektywu 40–56 mm i zmiennym powiększeniu w zakresie 3–12 (dla broni kalibru .223 lub .308) albo w zakresie 5,5–22 dla broni większego kalibru. W celowniku z powiększeniem stałym powinno ono wynosić  $\times 6$  albo  $\times 8$ .

Dla snajpera wojskowego można zalecić celownik o średnicy obiektywu 42–58 mm i powiększeniu zmiennym 4–16 (dla broni kalibru .223 lub .308) albo 5–25 dla broni większego kalibru. Ze względu na różnorodność warunków, w jakich działają snajperzy wojskowi, wydaje się, że celowniki ze stałym powiększeniem nie są już dla nich dobrym rozwiązaniem.

Tabela 3.1. Porównanie celowników z powiększeniem stałym i zmiennym, przy założeniu że są one podobnej (wysokiej) jakości

Cecha	Celownik z powiększeniem stałym	Celownik z powiększeniem zmiennym
Możliwość dostosowania celownika do sytuacji taktycznej	brak możliwości	szeroki zakres zmian powiększenia i kąta widzenia umożliwia dostosowanie celownika do potrzeb taktycznych
Możliwość użytkowania w dzień i w nocy	wielkość obiektywu i powiększenie jednoznacznie określają przeznaczenie celownika	poprzez regulację powiększenia możliwe jest lepsze wykorzystanie celownika w dzień (duże powiększenia) i w nocy (powiększenia mniejsze)
Niezawodność i wytrzymałość	bardzo wysoka	nieznacznie niższa ze względu na większą ilość ruchomych elementów
Zniekształcenia i wady optyczne	bardzo małe, gdyż celownik jest zoptymalizowany dla jednego, stałego powiększenia	większe niż w celowniku z powiększeniem stałym
Ciężar	mniejszy	wiekszy
Cena (przy porównywalnej jakości)	niższa	wyższa

Dla sportowców strzelających na długich dystansach maksymalne powiększenie celownika może być nieznacznie większe niż w broni o przeznaczeniu snajperskim, bo nie jest konieczna ocena sytuacji taktycznej oraz możliwość prowadzenia ognia w warunkach znacznie ograniczonej widoczności (zmierzch i świt).

### 3.1.3. Paralaksa

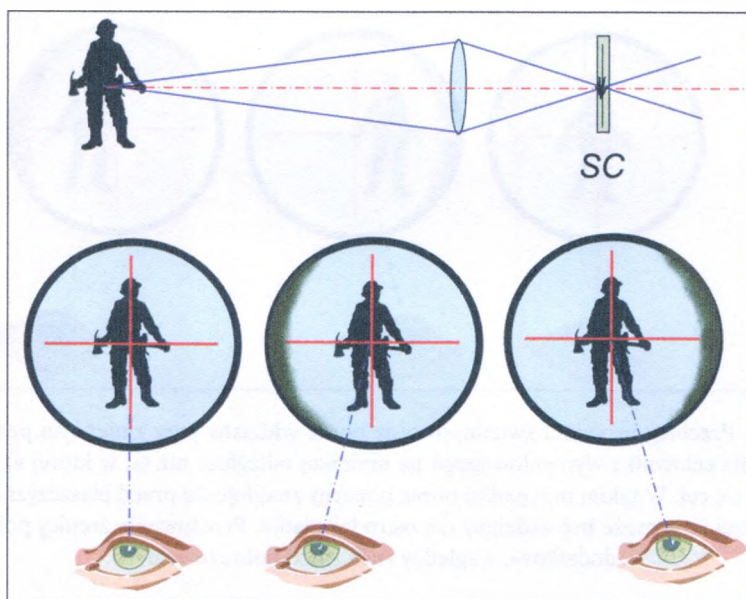
Zjawisko paralaksy jest jednym z ważniejszych zakłóceń działania przyrządów optycznych. Z uwagi na to, że pojęcie paralaksy co innego oznacza w astronomii, fotografice czy konstrukcji lunet optycznych, bywa błędnie interpretowane, co wywołuje wiele nieporozumień.

W odniesieniu do celowników optycznych paralaksę należy rozumieć jako pozorne przesuwanie się (w stosunku do siatki celowniczej) obiektów znajdujących się w polu widzenia celownika, wywołane przesunięciem gałki ocznej w stosunku do osi okularu.

Zjawisko paralaksy występuje wtedy, gdy układ optyczny tworzy obraz celu przed lub za płaszczyzną, w której znajduje się siatka celownicza, a oś optyczna celownika nie przechodzi przez źrenicę oka. Dodatkowym efektem związanym z paralaksą jest rozmycie (nieostrość) obrazu celu widzianego w lunecie<sup>7</sup>. Pogładowe przedstawienie zjawiska znajduje się na rys. 3.8, 3.9 i 3.10. W celu zwiększenia

<sup>7</sup> Obraz siatki celowniczej pozostaje jednak ostry.

szenia przejrzystości rysunków pominięto na nich układ odwracający obraz oraz okular, zaznaczając jedynie obiektyw oraz płytkę z siatką celowniczą (SC). Jeśli układ optyczny jest prawidłowo zestrojony i wyregulowany, to przy danej odległości od celu jego pozorny obraz powinien znaleźć się dokładnie w płaszczyźnie, w której znajduje się siatka celownicza. Taki przypadek jest przedstawiony na rys. 3.8. Ponieważ zarówno obraz celu, jak i siatka znajdują się dokładnie w takiej samej odległości od oka, więc **możliwe jest ich jednoczesne ostre widzenie**, o ile oczywiście okular został uprzednio odpowiednio wyregulowany<sup>8</sup>. Oprócz tego przesuwanie gałki ocznej poza oś optyczną celownika nie będzie powodowało wzajemnych przesunięć siatki i celu, tak samo jak patrzenie pod różnymi kątami na wspomniany rysunek nie spowoduje przesunięcia czerwonego krzyża w stosunku do czarnej sylwetki.

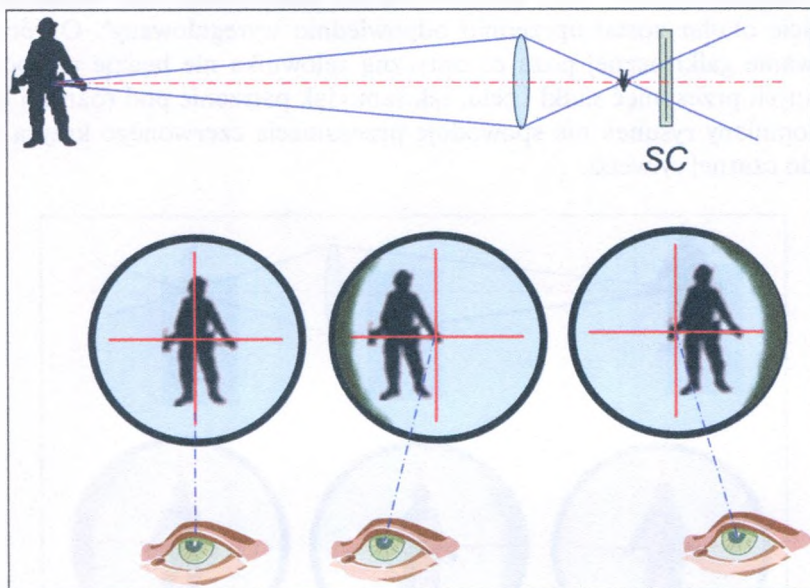


**Rys. 3.8.** Przebieg promieni świetlnych oraz obraz widziany przy zmiennym położeniu źrenicy dla celownika, w którym dzięki prawidłowej regulacji została wyeliminowana paralaksa i obraz pozorny znalazł się w płaszczyźnie siatki celowniczej

Jeśli jednak pozostawiając nastawy obiektywu, będziemy obserwować cel znajdujący się dalej niż poprzednio, to promienie świetlne będą wpadać do obiektywu pod innym (mniejszym) kątem. W konsekwencji obraz pozorny powstanie przed płaszczyzną siatki celowniczej, tak jak to zostało przedstawione na rys. 3.9. Nie będzie więc tak ostro widoczny jak siatka celownicza, na którą został wyregulowa-

<sup>8</sup> Regulację okularu wykonuje się tylko raz w ten sposób, aby uzyskać ostry obraz siatki celowniczej. Konieczność zmiany regulacji może wynikać jedynie ze zmian parametrów optycznych oka (np. z lunety korzysta inna osoba), a nie ze zmiany odległości od celu.

ny okular. Przesuwanie źrenicy będzie dodatkowo powodowało zmiany wzajemnego położenia obrazu pozornego i siatki. Nie można tego zjawiska zamodelować na płaskim rysunku, ale jeśli Czytelnik umieści główkę zapalniczki imitującą środek krzyża celowniczego kilka centymetrów nad zaznaczonym na rysunku czerwonym krzyżem i przesunie głowę w lewo lub prawo, to zauważy, że cel „ucieka” spod zapalniczki, mimo że jej pozycja w stosunku do rysunku nie uległa zmianie.

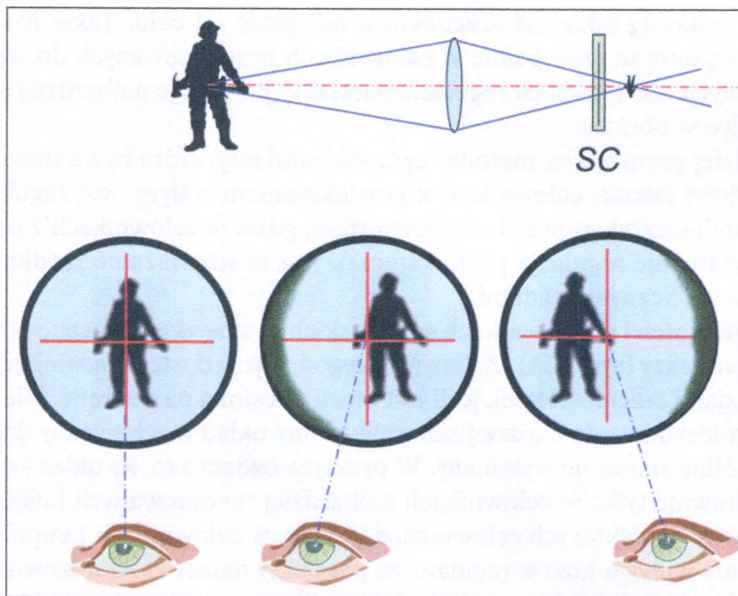


**Rys. 3.9.** Przebieg promieni świetlnych oraz obraz widziany przy zmiennym położeniu źrenicy dla celownika wyregulowanego na mniejszą odległość niż ta, w której aktualnie znajduje się cel. W takim przypadku obraz pozorny znajduje się przed płaszczyzną siatki celowniczej i nie może być widziany tak ostro jak siatka. Przesuwanie źrenicy powoduje dodatkowo względny ruch siatki i obrazu celu

Podobne zjawisko wystąpi przy obserwowaniu celu znajdującego się bliżej (rys. 3.10), przy czym w tym przypadku obraz pozorny znajdzie się za siatką celowniczą i przy przesuwaniu źrenicy będzie uciekać w drugą stronę.

Aby wyeliminować paralaksę, trzeba dokonać regulacji obiektywu, przesuwając go tak, aby przy obserwowaniu celu znajdującego się w danej odległości, pozorny obraz tego celu znalazł się dokładnie w płaszczyźnie siatki celowniczej.

Niewątpliwie wielu Czytelników zainteresuje się, z jakiego rzędu przesunięciami płaszczyzny obrazu pozornego mamy do czynienia w celownikach optycznych. Dokładne wartości zależą od konstrukcji celownika, ale przy zmianie odległości celu z 1000 m na 100 m możemy spodziewać się przesunięcia płaszczyzny obrazu pozornego o ok. 0,1 mm, a przy odległości 50 m już przesunięcia o 0,2 mm. Pomimo że wartości te wydają się bardzo małe, to jednak trzeba uwzględnić, że wszelkie liniowe odchylenia występujące wewnątrz celownika są „wzmocniane”



**Rys. 3.10.** Przebieg promieni świetlnych oraz obraz widziany przy zmiennym położeniu źrenicy dla celownika wyregulowanego na większą odległość niż ta, w której aktualnie znajduje się cel. W takim przypadku obraz pozorny znajduje się za płaszczyzną siatki celowniczej i nie może być widziany tak ostro jak siatka. Przesuwanie źrenicy dodatkowo powoduje względny ruch siatki i obrazu celu

zgodnie z prawami rządzącymi trójkątami przystającymi. Znikome odchylenie w krótkiej stosunkowo odległości ogniskowej obiektywu przekłada się bowiem na znaczne odchylenie w odległości kilkuset metrów od obiektywu.

Według danych z firmy Leupold błąd paralaksy, który występuje przy wzajemnym przesunięciu płaszczyzny obrazu pozornego i płaszczyzny siatki celowniczej o 0,01 mm, może maksymalnie przełożyć się na względne przemieszczenia celu i siatki wynoszące ok. 25 mm na dystansie 100 m, jeśli oko będzie się przesuwać w prawo i w lewo (lub w górę i w dół), wykorzystując cały zakres światła okularu (źrenicy wyjściowej).

W większości przypadków typowe celowniki optyczne przeznaczone do karabinów z powiększeniem mniejszym lub równym 10 nie mają regulacji paralaksy i są fabrycznie zestrojone tak, aby paralaksa była wyeliminowana przy odległości od celu około 100–300 m. Celowniki z większym powiększeniem mają natomiast zwykle możliwość regulacji paralaksy.

Regulacja paralaksy może być wykorzystywana do zgrubnego szacowania odległości od celu. Jeżeli pokrętko regulacyjne jest wyposażone w podziałkę odległościową, to po ustawieniu najlepszej ostrości obrazu i wyeliminowaniu paralaksy<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Można to sprawdzić, przesuując nieznacznie źrenicę w lewo i w prawo w stosunku do osi celownika.



można na pokrętle odczytać szacunkową odległość od celu. Takie rozwiązanie sprawdza się dobrze szczególnie w celownikach przystosowanych do wiatrówek, bo przy małych odległościach regulacja paralaksy powoduje najbardziej spektakularne różnice w obrazie.

Najbardziej prymitywną metodą regulacji paralaksy, która bywa stosowana tylko do średniej jakości celowników z powiększeniem stałym, jest regulacja pierścieniem umieszczonym przed okulem (tam, gdzie w celownikach z ogniskową zmienną występuje regulacja powiększenia). Jest to rozwiązanie rzadko spotykane i obciążone licznymi wadami.

Znacznie częściej w celownikach snajperskich są stosowane boczne pokręta do regulacji paralaksy (rys. 3.11). Zaletą jest wygodniejszy dostęp i łatwiejsze odczytywanie podziałki odległościowej, jeśli jest ona naniesiona na pokrętle. Niewątpliwą wadą jest zdecydowanie bardziej skomplikowany układ mechaniczny, który musi być szczególnie starannie wykonany. W praktyce oznacza to, że układ regulacyjny działa poprawnie tylko w celownikach najbardziej renomowanych i najdroższych producentów. W niektórych celownikach, jak np. w celownikach Leupold, do wyeliminowania wpływu luzu w regulatorze paralaksy należy każdorazowo najpierw ustawić pokrętkę korekcyjną na nieskończoność ( $\infty$ ), a następnie wolno obracać je w kierunku mniejszych odległości. Jeśli pokrętko zostanie zbyt mocno odkręcone, to należy powrócić do położenia odpowiadającego nieskończoności i powtórzyć regulację, **nie cofając pokrętki** [18].



Rys. 3.11. Boczne pokrętko do regulacji paralaksy w celowniku 5,5-22×56 Nightforce



Rys. 3.12. Regulacja paralaksy w obiektywie

Pod względem mechanicznym i optycznym najbardziej chyba korzystna jest regulacja paralaksy poprzez „wkręcanie” obiektywu (rys. 3.12). Tego typu regulacja zapewnia największą niezawodność i brak luzów. Niestety, jej wadą jest utrudniona obserwacja podziałki odległościowej i konieczność dalekiego wyciągnięcia ręki w celu dokonania regulacji, co w przypadku snajpera jest szczególnie niekorzystne. Trudniej jest również dokonywać regulacji, jeśli celownik jest pokryty materiałami maskującymi.

**UWAGA!** Niezależnie, czy celownik ma korekcję paralaksy, czy nie, źrenicę oka zawsze należy umieszczać w jego osi optycznej.

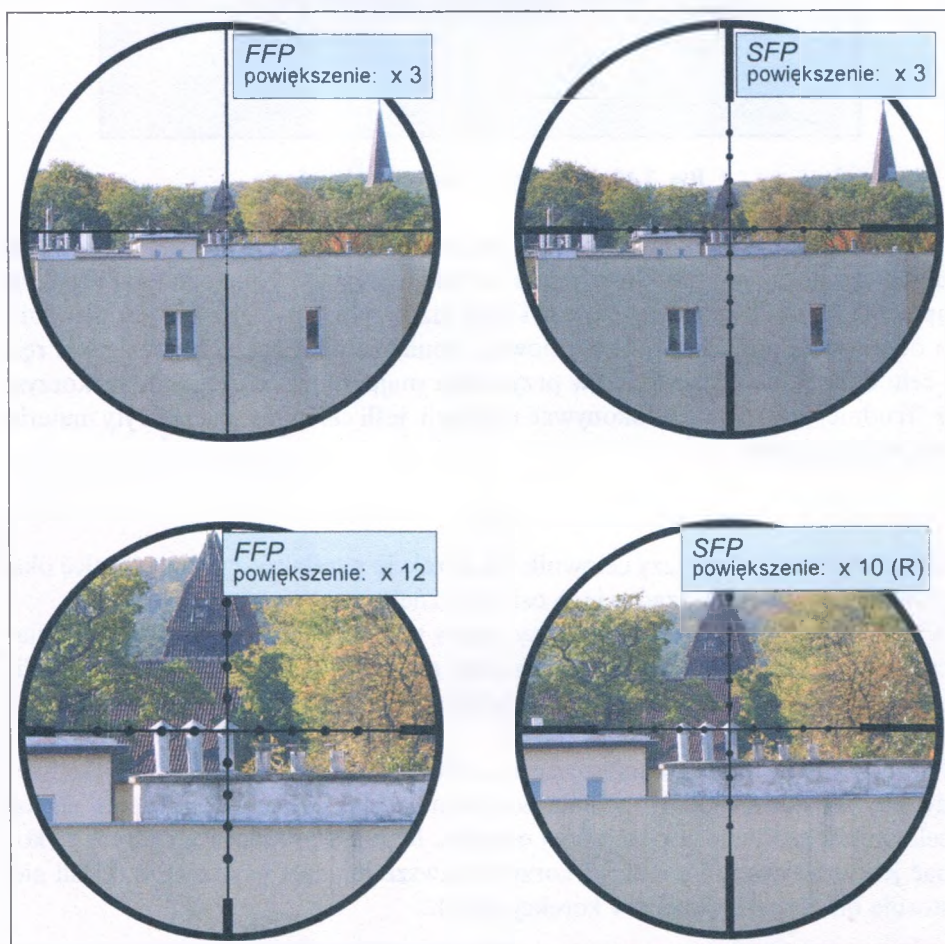
W celownikach z korekcją paralaksy należy tak długo kręcić pokrętkami regulacyjnymi, aż uzyska się obraz najostrzejszy, a nieznaczne przemieszczanie źrenicy na boki nie będzie powodowało względnego przesuwania się celu w stosunku do siatki celowniczej.

Jednoczesne wyeliminowanie rozmycia celu i paralaksy jest możliwe tylko wtedy, gdy regulacja okularu została wykonana prawidłowo, dzięki czemu siatka celownicza jest widoczna w pełnej ostrości. Regulację okularu wystarczy wykonać jednorazowo, o ile z broni korzysta zawsze ten sam użytkownik (i jeśli nie stosuje on różnych okularów korekcyjnych).

### 3.1.4. Pierwsza i druga płaszczyzna ogniskowa

Bardzo ważne ze względu na działanie celownika ze zmiennym powiększeniem jest umiejscowienie siatki celowniczej. Może się ona znajdować zarówno w tzw. pierwszej (przedniej) płaszczyźnie ogniskowej (*FFP*), czyli pomiędzy obiektywem a układem odwracającym obraz i zmieniającym powiększenie, albo w drugiej (tylnej) płaszczyźnie ogniskowej (*SFP*), czyli przed okularom (rys. 3.1). Wybór płaszczyzny ogniskowej w lunetach ze stałym powiększeniem nie ma dla użytkownika większego znaczenia, ale w lunetach ze zmiennym powiększeniem decyduje o zachowaniu się siatki przy zmianach powiększenia.

Jeśli siatka jest umieszczona w pierwszej płaszczyźnie ogniskowej, to z uwagi na to, że układ zmieniający powiększenie znajduje się „za nią”, jej obraz ulega



**Rys. 3.13.** Obraz siatki widziany w celownikach o różnym umiejscowieniu siatki celowniczej; z lewej – siatka w przedniej płaszczyźnie ogniskowej; z prawej – siatka w tylnej płaszczyźnie ogniskowej

takim samym zmianom powiększenia jak obraz celu. W miarę zwiększania powiększenia zwiększa się również obraz siatki. W wyniku tego, przy zwiększaniu powiększenia, elementy graficzne siatki stają się pozornie coraz grubsze i zasłaniają coraz większą część pola widzenia, a przy małych powiększeniach siatka jest ledwo widoczna. Pomimo zmiany powiększenia, podziałki znajdujące się na siatce zachowują jednak swoje wymiary kątowe. Dzięki temu określanie odległości i odkładanie poprawek może odbywać się w prosty sposób, niezależnie od nastawionego powiększenia. Gdy siatka jest umieszczona w drugiej płaszczyźnie ogniskowej, to jej pozorna wielkość się nie zmienia. Zmieniają się jednak wymiary kątowe jej elementów, co znacznie utrudnia szacowanie odległości i odkładanie poprawek.

Przykłady omówionych powyżej zachowań siatki są przedstawione na rys. 3.13. Przy siatce typu *FFP* odległość między kolejnymi kominkami wentylacyjnymi na dachu budynku odczytywana jest z siatki MIL-DOT jako 1 tysięczna (kominy pokrywają się z kolejnymi kropkami na siatce), niezależnie od powiększenia. Przy siatce *SFP* jedynie przy powiększeniu  $\times 10$  (zaznaczonym literą „R” jako powiększenie dalmiercze<sup>10</sup>) odległość jest odczytana prawidłowo. Przy powiększeniu  $\times 3$  wydaje się, że kominy są rozstawione w odległości kątowej 0,3 MIL, co nie jest prawdą. Aby uzyskać prawidłowy wynik, należy w takim przypadku wykonać pewne przeliczenia. Po pierwsze, należy określić współczynnik korekcyjny  $k$  jako iloraz powiększenia dalmierczego (w tym wypadku  $\times 10$ ) i powiększenia aktualnego (w tym wypadku  $\times 3$ ). Współczynnik ten wynosi  $k = 10/3$ , czyli ok. 3,3. Prawidłową odległość kątową pomiędzy kominkami można teraz wyliczyć, mnożąc odczytaną odległość kątową (w tym przypadku 0,3 MIL) przez współczynnik  $k$  (wynoszący 3,3). Ostateczny wynik to 1 MIL, czyli tyle samo, ile zostało odczytane bezpośrednio przy powiększeniu wynoszącym  $\times 10$ . Niestety, wykonywanie nawet prostych obliczeń w warunkach dużego stresu może być błędne, więc tej metody nie zaleca się do wykorzystania w sytuacjach taktycznych.

Obydwa rozwiązania mają swoich gorących zwolenników i przeciwników. Zwolennicy pierwszego rozwiązania jako jego zaletę wymieniają możliwość łatwego wykorzystywania siatki do oceny odległości niezależnie od nastawionego powiększenia, gdyż rozmiar kątowy elementów siatki pozostaje niezmienny. Zwolennicy drugiego rozwiązania krytykują rozwiązanie pierwsze za silne przysłanianie celu przy dużym powiększeniu i słabą widoczność siatki przy małym powiększeniu. W drugim rozwiązaniu liniowa wielkość siatki pozostaje natomiast niezmienna. Ta zaleta jest okupiona utrudnioną oceną odległości na podstawie przyrównywania wielkości celu i podziałek siatki. Pewna i prosta ocena odległości może być bowiem wykonana tylko przy jednym, ściśle określonym powiększeniu. Dla siatek MIL-DOT jest to zwykle albo największe powiększenie, albo powiększenie  $\times 10$ .

Celowniki z powiększeniem zmiennym z siatką celowniczą umieszczoną w tylnej płaszczyźnie ogniskowej są, niestety, bardziej podatne na pływanie punktu

<sup>10</sup> Patrz podrozdz. 3.2.

celowania przy zmianach powiększenia. Z dostępnych źródeł wynika, że odchylenie związane ze zmianą powiększenia nawet w renomowanych celownikach może przekraczać jedną minutę kątową (MOA). Problem ten jest jeszcze poważniejszy w tańszych celownikach, o mniej wyrafinowanych rozwiązaniach i mniej dokładnie wykonanych. Niektórzy producenci najlepszych celowników snajperskich (np. US Optics) wytwarzają profesjonalne celowniki tylko z siatką umieszczoną w przedniej płaszczyźnie ogniskowej. Dla wyrobów tej firmy warto się jednak poświęcić i przyzwyczaić do siatki zmieniającej pozornie swoją wielkość. Po kilku miesiącach użytkowania zmiana wielkości siatki przestaje być zauważalnym problemem.

**UWAGA!** W celownikach z powiększeniem zmiennym z siatką znajdującą się w drugiej płaszczyźnie ogniskowej wymiary katowe reprezentowane przez podziałki siatki celowniczej mają wartości nominalne TYLKO W ODNIESIENIU DO JEDNEGO POWIĘKSZENIA. Jest to zazwyczaj albo powiększenie maksymalne, albo powiększenie specjalnie oznaczone na pierścieniu regulacyjnym (np. literą R albo kółkiem).

**Tylko przy tym powiększeniu można w bezpośredni sposób wykorzystywać podziałkę do pomiaru odległości i do odkładania poprawek pionowych oraz poziomych!**

### 3.2. Siatki celownicze

Podstawowym zadaniem siatki celowniczej jest umożliwienie wycelowania broni poprzez naprowadzenie odpowiedniego znacznika na obiekt, do którego celujemy. Znacznikiem tym może być punkt przecięcia się pionowej i poziomej linii, mniejsza lub większa kropka, strzałka, „sierżant”<sup>11</sup> itp. Wiele celowników optycznych przeznaczonych dla myśliwych jest wyposażonych w siatki celownicze, których funkcjonalność praktycznie ogranicza się do spełniania tylko tego zadania. Zupełnie inaczej są konstruowane taktyczne siatki celownicze. Ich forma umożliwia pełnienie dodatkowych funkcji, takich jak ocena odległości czy szybkie odkładanie poprawek pionowych i poziomych. Te dodatkowe funkcje, w przypadku celowników ze zmiennym powiększeniem, lepiej są spełniane, gdy siatka celownicza jest umieszczona w pierwszej płaszczyźnie ogniskowej.

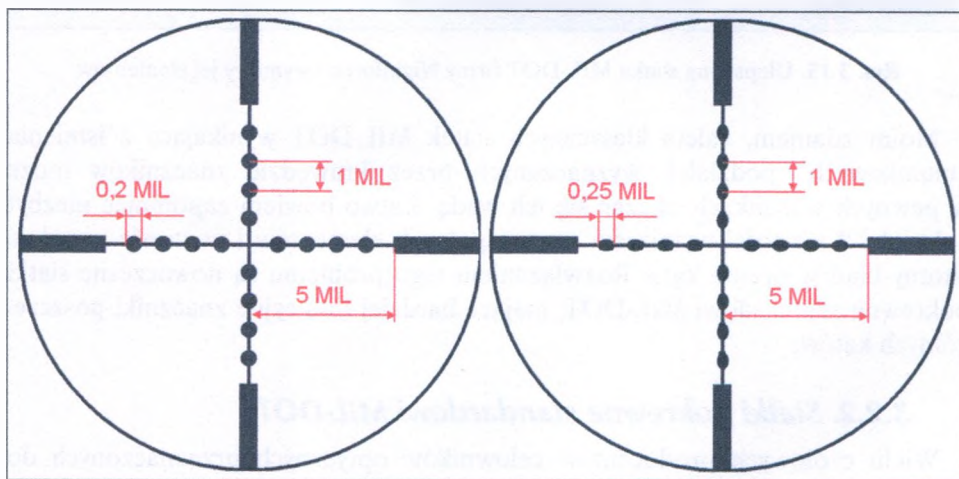
#### 3.2.1. Siatki typu MIL

Siatki typu MIL to siatki oparte na miliradianie jako jednostce miary kątowej. Występują one w dwóch, można powiedzieć klasycznych, wersjach: „US Army MIL-DOT” (z kolistymi „kropkami”) i „USMC MIL-DOT” (z owalnymi „kropka-

<sup>11</sup> „Sierżant” to popularna nazwa znaku  $\Lambda$  przypominającego odwrócone dystynkcje przynależne stopniowi sierżanta.

mi”) oraz w bardzo dużej ilości wersji pokrewnych, opartych na tej samej zasadzie tworzenia siatek MIL, ale korzystających z odmiennych form graficznych. Niestety, w zakresie siatek typu MIL panuje spory bałagan, gdyż (jak już wspomniano w podrozdz. 2.3) bywają stosowane dwie definicje tysięcznych (MIL). Mogło by się wydawać, że siatka US Army powinna być konstruowana na podstawie definicji tysięcznej wg US Army, a siatka USMC – odpowiednio definicji USMC. Niestety, nie zawsze tak jest i większość siatek US Army (z kolistymi znacznikami) jest wyskalowana wg definicji USMC. Na szczęście różnica jest niewielka (mniej niż 2%) i w praktyce można ją pominąć. Tym niemniej dobrym zwyczajem jest sprawdzenie danych dostarczanych przez producentów poszczególnych celowników, wśród których powinny być najważniejsze informacje o siatce celowniczej<sup>12</sup>.

Na rysunku 3.14 są przedstawione klasyczne siatki typu MIL wraz z istotnymi ich wymiarami podanymi w miliradianach. Jak wynika z rysunków, możliwe jest wykorzystywanie nie tylko podstawowej podziałki, w której kolejne znaczniki są rozmieszczone co 1 MIL, ale również wymiarów ułamkowych, jakie występują między poszczególnymi krawędziami znaczników.

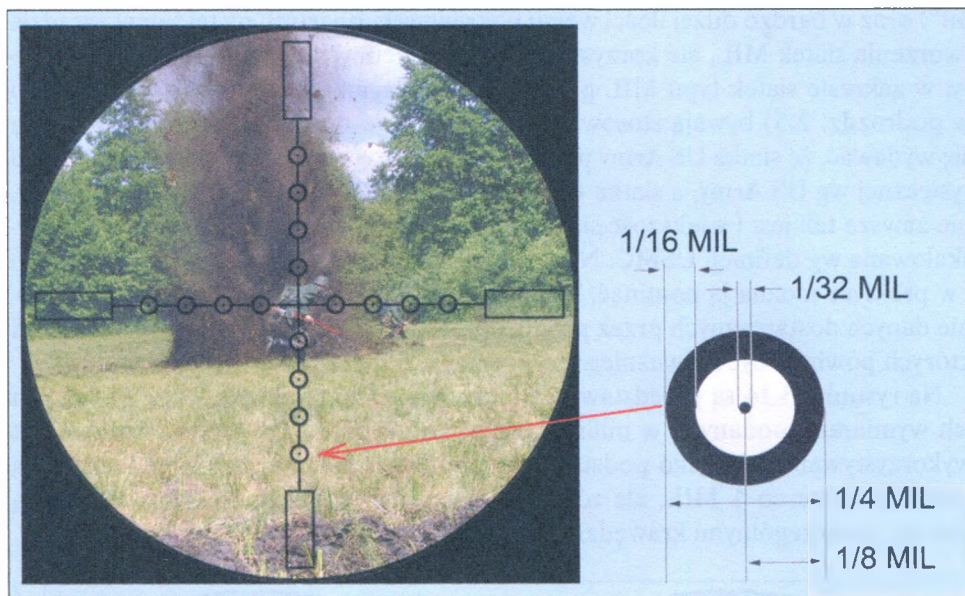


Rys. 3.14. Z lewej – siatka US Army MIL-DOT<sup>13</sup>; z prawej – siatka USMC MIL-DOT

Bardzo ciekawą modyfikacją siatki US Army MIL-DOT jest siatka MIL-DOT opracowana przez firmę Nightforce. Kolisty znaczniki nie są w niej zaciemnione, co zarówno polepsza widoczność celu, jak i wprowadza możliwość uzyskania dalszych „ułamkowych” podziałek (rys. 3.15).

<sup>12</sup> Niestety, nie wszyscy producenci w jasny sposób określają, jaką definicję tysięcznej przyjęli w siatkach celowniczych, a nawet zdarza się, że wiadomości na ten temat są błędne – np. w jednej z publikacji firma CheyTac podała, że celowniki Leupolda mają znaczniki w standardzie 1 MIL = = 3,75 MOA, natomiast w rzeczywistości jest to 1 MIL = 3,375 MOA.

<sup>13</sup> Średnica znacznika (kropki) na siatkach US Army MIL-DOT wynosi 0,18–0,22 MIL w zależności od producenta.



Rys. 3.15. Ulepszona siatka MIL-DOT firmy Nightforce i wymiary jej elementów

Moim zdaniem, zaleta klasycznych siatek MIL-DOT wynikająca z istnienia „ułamkowych” podziałek wyznaczanych przez krawędzie znaczników może w pewnych warunkach okazać się ich wadą. Łatwo bowiem zapomnieć niezbyt „okrągłe”<sup>14</sup> wartości wymiarów poszczególnych elementów i w stresie popełnić istotny błąd w ocenie kąta. Rozwiązaniem tego problemu są nowoczesne siatki pokrewne standardowi MIL-DOT, mające bardziej intuicyjne znaczniki poszczególnych kątów.

### 3.2.2. Siatki pokrewne standardowi MIL-DOT

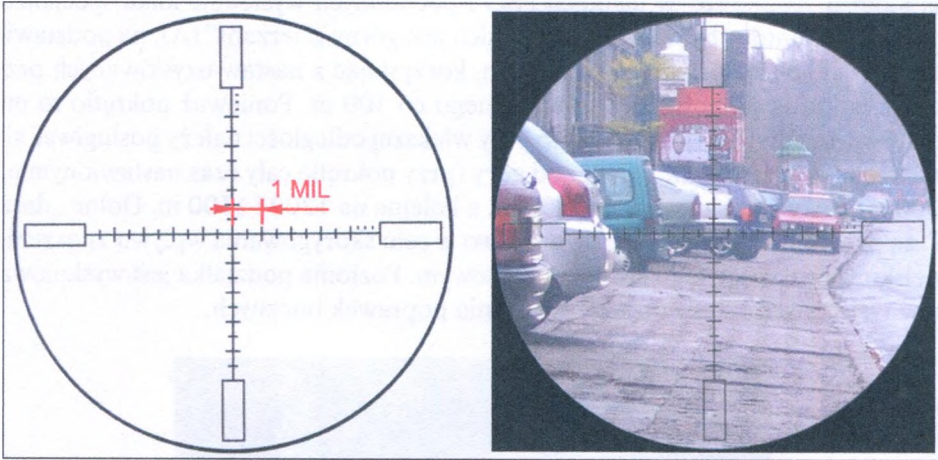
Wielu czołowych producentów celowników optycznych przeznaczonych do zadań taktycznych, a szczególnie snajperskich, opracowało swoje własne siatki celownicze oparte na miliradianach, ale pozbawione kropek charakterystycznych dla systemu MIL-DOT. Dzięki temu siatka mniej przysłania cel i możliwe jest wprowadzenie podziałek ułamkowych o bardziej „okrągłych” wymiarach, takich jak 0,5 lub 0,25 mrad (rys. 3.16).

### 3.2.3. Siatki MOA

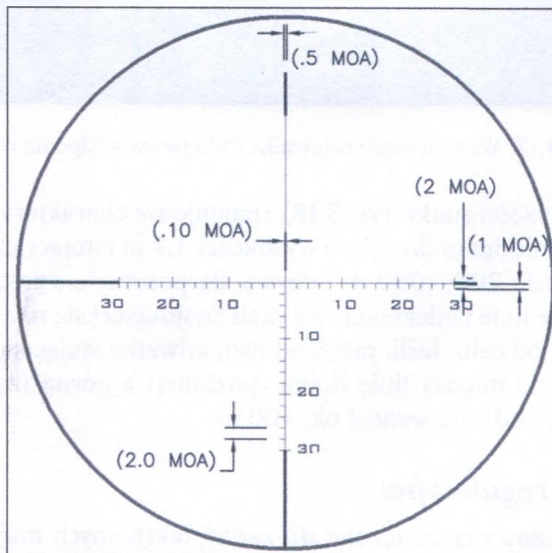
Siatki oparte na minutach kątowych nie są specjalnie popularne wśród snajperów przyzwyczajonych do miliradianów. Tym niemniej niektórzy producenci przygotowują takie siatki, szczególnie dla tych użytkowników, którzy preferują pokręta

<sup>14</sup> W krajach anglosaskich popularne jest podawanie wartości ułamkowych, przy czym mianownik jest potęgą liczby 2 (np. 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, ...).

regulacyjne wyskalowane w minutach kątowych (MOA). Bardzo dobrze jest bowiem stosować te same miary na pokrętkach regulacyjnych i siatkach celowniczych. Na rysunku 3.17 jest przedstawiona siatka celownicza Typu 1 produkcji US Optics, w której podziałki są wyskalowane w minutach kątowych i ich wielokrotnościach.



**Rys. 3.16.** Z lewej – siatka MLR firmy Nightforce, której podziałka ma działki główne odległe o 1 MIL, a działki pomocnicze wyznaczające 0,5 MIL; z prawej strony i na górze – działki rozmieszczone co 0,25 MIL; z prawej – sposób pomiaru kąta widzenia czerwonego samochodu stojącego wzdłuż chodnika z wykorzystaniem działek 0,25 MIL – lewa kraweź samochodu pokrywa się z działką 2 MIL, a prawa – z działką 4,25 MIL, co oznacza, że samochód jest widziany pod kątem  $4,25 - 2 = 2,25$  MIL.

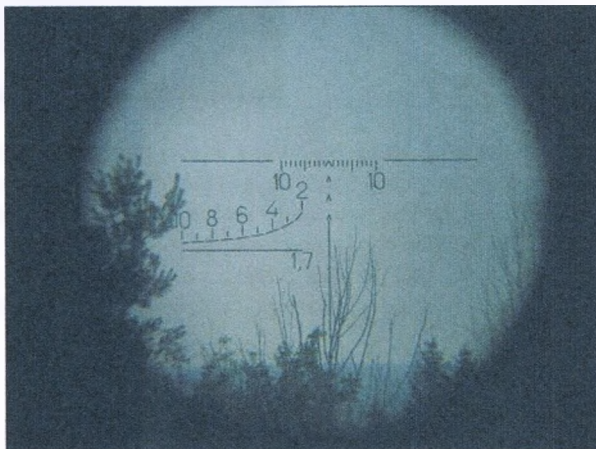


**Rys. 3.17.** Siatka celownicza MOA Typ 1 produkcji US Optics



### 3.2.4. Siatki celowników PSO i pokrewnych

Zupełnie inny pomysł tworzenia snajperskich siatek celowniczych zastosowano w rosyjskich celownikach z rodziny PSO, które występują w wielu wariantach. Siatki są przypisane poszczególnym kalibrom, przy czym najczęściej są wykonywane dla kalibru 7,62×54R. W siatkach PSO i pochodnych występuje kilka specjalizowanych elementów. Najważniejszym z nich jest górny „sierżant” (Λ), na podstawie którego celuje się do odległości 1000 m, korzystając z nastaw uzyskiwanych przy użyciu pokrętła pionowego wyskalowanego co 100 m. Ponieważ pokrętło to ma zakres regulacji tylko do 1000 m, to przy większej odległości należy posługiwać się już kolejnymi „daszkami”. Drugi od góry (przy pokrętła cały czas nastawionym na 1000 m) służy do celowania na 1100 m, a kolejne na 1200 i 1300 m. Dolne „daszki” są przesunięte coraz bardziej w prawo w celu skorygowania wpływu znoszenia pocisku wywołanego jego ruchem obrotowym. Pozioma podziałka jest wyskalowana w tysięcznych i służy do wprowadzania poprawek bocznych.



Rys. 3.18. Wariant siatki celownika PSO [www.wikipedia.com]

W lewej, dolnej części siatki (rys. 3.18) znajduje się charakterystyczny dalmierz wyskalowany w odniesieniu do celu o wysokości 1,7 m (stojący człowiek). Pomiar odległości w zakresie 200–1000 m odbywa się poprzez „wpasowanie” sylwetki celu pomiędzy dwie linie i odczytaniu na skali znajdującej się nad górną linią przybliżonej odległości od celu. Jeśli, przykładowo, sylwetka stojącego człowieka wpasowuje się dokładnie między linię dolną (poziomą) a górną (zakrzywioną) pod cyfrą 4, to odległość od celu wynosi ok. 400 m.

### 3.3. Pokrętła regulacyjne

Celowniki optyczne przeznaczone do zadań taktycznych mają zawsze pokrętła dostosowane do szybkiej i precyzyjnej regulacji, w odróżnieniu od lunet przeznaczonych dla myśliwych, w których pokrętła często są przykryte kapturkami

ochronnymi i niekiedy do regulacji wymagają śrubokrętu lub małej monety. Większości pokręteł snajperskich jest zwykle odsłonięta i stosunkowo duża. Mają one również bardzo wyraźne „kliknięcia”, czyli przeskoiki zapadki blokującej je w określonym położeniu. W warunkach nocnych snajper musi niekiedy dokonywać regulacji nastaw celownika poprzez odliczanie tych kliknięć, gdyż podziałki są zupełnie niewidoczne. Dzięki „klikom” możliwe jest również regulowanie celownika bez przerywania obserwacji celu.

Bardzo ważne przy doborze pokręteł jest zsynchronizowanie ich z typem siatki celowniczej zastosowanej w danym celowniku. Jako pożyteczną zasadę należy przyjąć, że jeśli siatka jest wyskalowana w tysięcznych (MIL-sach), to pokrętła również powinny być wyskalowane w MIL-sach lub ich częściach. W nielicznych przypadkach, gdy siatka bazuje na minutach kątowych (MOA), pokrętła również powinny być oparte na MOA.

Powyższa zasada jest nagminnie łamana w sprzęcie przeznaczonym na rynek cywilny, gdzie w bardzo wielu celownikach, nawet wysokiej klasy, siatce celowniczej opartej na tysięcznych towarzyszą pokrętła wyskalowane w MOA. Utrudnia to pełne wykorzystanie możliwości celownika i wymaga częstego przeliczania jednostek. Jeśli na przykład poprawka obliczona do skompensowania odległości wynosi 6,25 MOA, to można ją bez problemów ustawić na podziałce pokrętła wyskalowanego w MOA. Gdyby jednak z uwagi na brak czasu lub z innych powodów snajper chciał odłożyć ją na siatce celowniczej, to wartość 6,25 MOA musiałby przeliczyć na tysięczne, dzieląc ją przez 3,44, a uzyskaną wartość 1,8 MIL odłożyć następnie na pionowej podziałce siatki celowniczej MIL-DOT.

Jeśli pokrętła i siatka celownicza mają podziałki w tych samych jednostkach, to poprawki można łatwo wprowadzać zarówno poprzez regulację pokrętłami, jak i poprzez odkładanie na siatce. Jest to szczególnie przydatne przy kompensowaniu wpływu wiatru. Mając do wyboru siatkę i pokrętła wyskalowane w MOA lub w MIL-sach, snajper powinien wybrać zestaw wyskalowany w MIL-sach, gdyż znacznie łatwiej korzystać z niego przy określaniu odległości.

Działki elementarne na pokrętłach mogą mieć różne wartości. W pokrętłach wyskalowanych w MOA typowo stosuje się działkę elementarną wynoszącą 1/2 MOA (jedno kliknięcie przesuwają punkt celowania o ok. 15 mm na dystansie 100 m) lub 1/4 MOA (przesunięcie o ok. 7,5 mm). W pokrętłach wyskalowanych w tysięcznych standardem jest 0,1 MOA powodujące przesunięcie punktu celowania o 10 mm na dystansie 100 m.

Bardzo przydatnym dodatkiem do pionowych pokręteł regulacyjnych są ograniczniki ruchu pokrętła. Jeśli celownik jest wyposażony w taki ogranicznik, to ustawia się go tak, aby zatrzymywał ruch pokrętła pionowego w pozycji kilku (zwykle 4, 5 lub 8) klików poniżej pozycji przyjętej jako „zerowa”<sup>15</sup>. Gdy snajper nie może odczytać podziałki pokrętła, a nie jest pewny jak jest ono ustawione, może dokre-

<sup>15</sup> Przy stosowaniu ogranicznika broń powinna być przystrzelana na 100 m. Jeśli jest przystrzelana na większą odległość, to trzeba pozostawić więcej „klików”, aby umożliwić celowanie na mniejszą odległość.

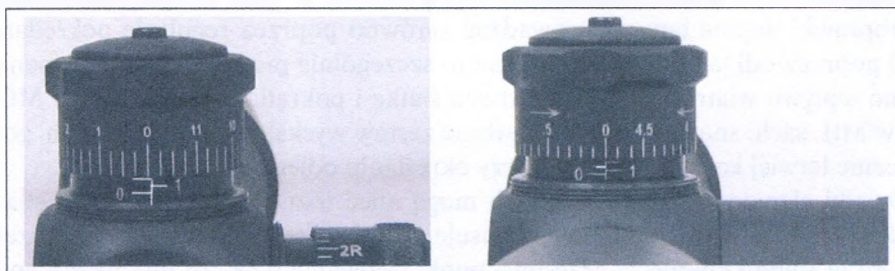
cić pokrętkę do ogranicznika stanowiącego bazę. Następnie, odliczając kliki odpowiadające wymaganej poprawce i dodając ilość klików pomiędzy ogranicznikiem a zerem, może nastawić wymaganą poprawkę. Gdyby ogranicznik nie pozwalał na kilka dodatkowych klików w dół w stosunku do „zera”, to korekcja „w dół” w przypadku szczególnych warunków atmosferycznych byłaby niemożliwa.

### PRZYKŁAD

Założmy, że ogranicznik został ustawiony tak, że pozwala na ustawienie pokrętki 5 klików poniżej „zera” oraz że jeden klik odpowiada 0,1 MIL. Ustawienie poprawki +3,4 MIL wymaga dokręcenia pokrętki do oporu<sup>16</sup>, a następnie odliczenia  $34 + 5 = 39$  klików.

Niektóre celowniki mają również ograniczniki regulacji poziomej do, przykładowo, pół obrotu w lewo i prawo. Zmniejsza to ryzyko popełnienia przez nieuwagę dużego błędu w nastawach.

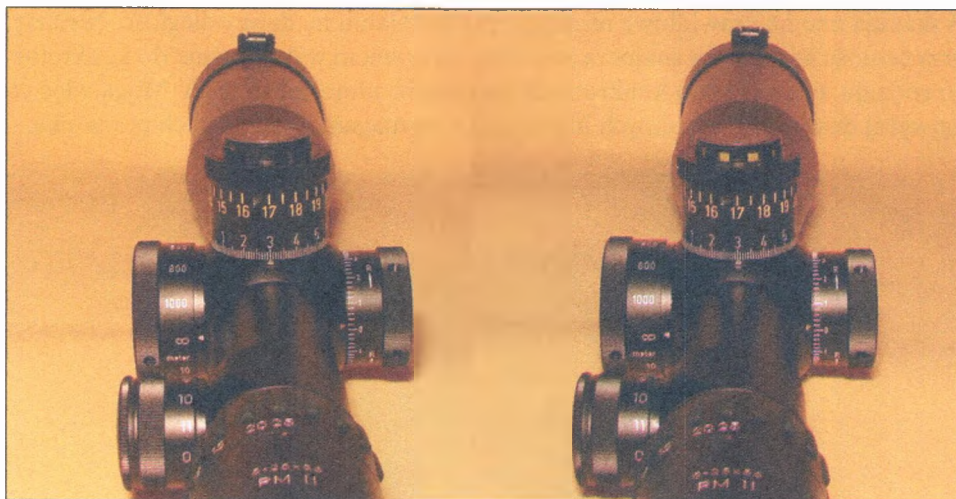
Zazwyczaj pokrętki w celownikach taktycznych obracają się o więcej niż jeden obrót. Kolejne obroty odsłaniają odpowiednie znaczniki na korpusie celownika (rys. 3.19). Zasada odczytywania nastaw jest podobna do zasady odczytu śruby mikrometrycznej. Szczególnym przypadkiem pokręteł wieloobrotowych są pokrętki dwuobrotowe. W pokrętkach tych możliwe jest bardzo przejrzyste opisanie podziałek zarówno dla pierwszego, jak i drugiego obrotu. Przykładowe rozwiązania znajdują się na rys. 3.20 i 3.21.



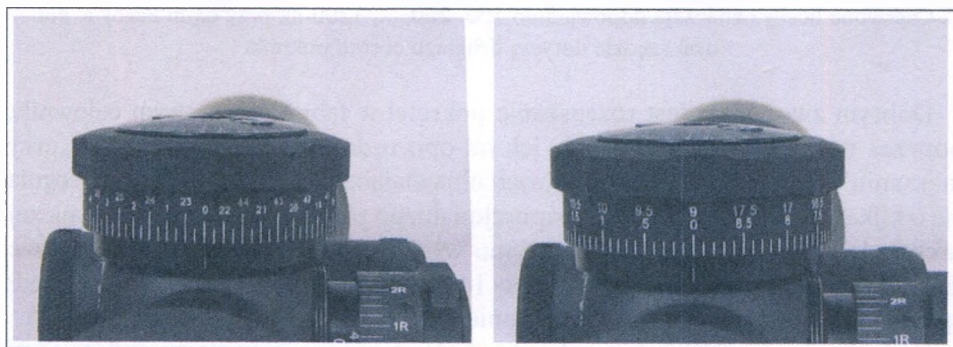
**Rys. 3.19.** Pokrętki wieloobrotowe w celownikach US Optics: z lewej – pokrętło wyskalowane w MOA (z działką elementarną 1/4 MOA); z prawej – wyskalowane w MIL-sach (z działką elementarną 0,1 MIL); pod pokrętkami widać podziałkę wskazującą na wykonaną ilość pełnych obrotów pokrętki [publikacja za zgodą US Optics]

Bardzo wygodne dla użytkownika są pokrętki dwuobrotowe zastosowane w celownikach Schmidt & Bender Police Marksman II. W pokrętkach tych, przy drugim obrocie odsłaniają się żółte okienka wskazujące, że należy odczytywać wartości nastaw zaznaczone żółtymi cyframi (rys. 3.20).

<sup>16</sup> Dokręcanie pokręteł „do oporu” należy wykonywać bardzo ostrożnie i z wyczuciem, gdyż istnieje niebezpieczeństwo uszkodzenia delikatnych elementów regulacyjnych lub tubusu wewnętrznego.



Rys. 3.20. Pokręta w celowniku Schmidt & Bender PM II: z lewej – pokrętko ustawione na wartość 3 MIL (pierwszy obrót); z prawej – pokrętko ustawione na 17 MIL (drugi obrót, na górnej części pokrętki widoczne żółte znaczniki)



Rys. 3.21. Pokręta dwuobrotowe typu EREK w celownikach US Optics: z lewej – pokrętko wyskalowane w MOA (z działką elementarną 1/4 MOA); z prawej – wyskalowane w MIL-sach (z działką elementarną 0,1 MIL); górne opisy dotyczą drugiego obrotu pokrętki [publikacja za zgodą US Optics]

Snajper MUSI znać na pamięć kierunki obrotów pokręteł przesuujące punkt trafienia w górę i w dół oraz w prawo i w lewo. Są one, co prawda, zawsze zaznaczone na pokrętkach lub na obudowie (rys. 3.21), ale oznaczenia te nie zawsze są widoczne z uwagi na położenie głowy i oświetlenie. Odłożenie pod wpływem stresu poprawki w niewłaściwą stronę jest jednym z najczęstszych błędów popełnianych przez strzelców nieposiadających wystarczającej praktyki.

W niektórych celownikach wojskowych na pokrętkach pionowych zamiast (albo obok) podziałek w MIL lub MOA znajdują się również podziałki wyskalowane w metrach lub jardach (rys. 3.22) nazywane BDC (ang. *bullet drop compensation*).

Wskazują one na prawidłowe nastawy przy strzelaniu na daną odległość. Niestety, przydatność ich jest dla snajpera znikoma, są bowiem wykonywane do konkretnego rodzaju amunicji i do konkretnych warunków atmosferycznych. Mogą więc co najwyżej dostarczać zgrubnych informacji o wymaganych nastawach celownika.



Rys. 3.22. Podziałka BDC (w kolorze czerwonym) na pokrętle regulacji pionowej. Czerwone liczby oznaczają odpowiednio 100, 200, ..., 1200 m, przy czym liczby w górnym rzędzie dotyczą drugiego obrotu pokręta

Dobrym zwyczajem jest rozruszanie pokręteł w fabrycznie nowym celowniku poprzez wielokrotne przekręcanie ich od oporu do oporu. Zapobiega to „przymarzaniu” mechanizmów regulacyjnych objawiającemu się tym, że drobne regulacje o kilka klików nie powodują proporcjonalnego przesunięcia siatki celowniczej. Jakkolwiek „przymarzanie” nie powinno występować w celownikach najwyższej klasy, to jednak zdarza się, że niekiedy i tam występują takie problemy. Metoda sprawdzania celownika na „przymarzanie” jest przedstawiona w podrozdz. 3.7.

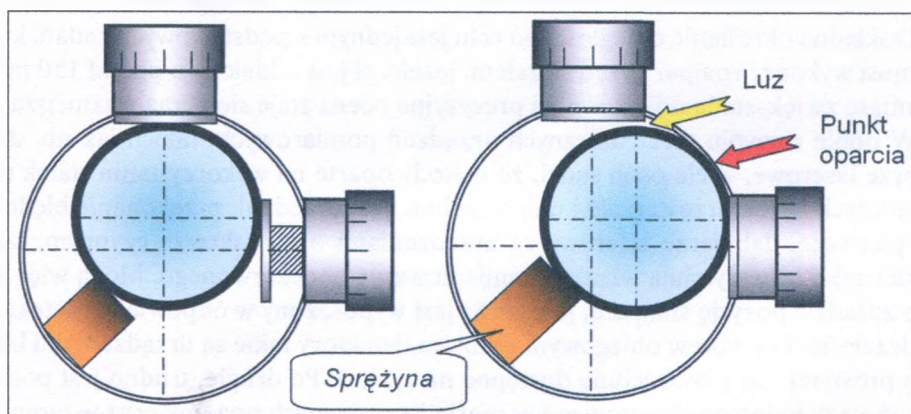
Jeśli wielokrotne obracanie pokrętłami nie eliminuje „przymarzania”, to regulując celownik, zawsze należy dochodzić do wymaganych nastaw, kręcąc pokrętła w tę samą stronę. Eksperymentalnie należy stwierdzić, czy lepszą powtarzalność uzyskuje się, kończąc regulację obrotami w kierunku zgodnym czy przeciwnym do obrotów zegara (zależy to od konstrukcji celownika)<sup>17</sup>. Przykładowo, zmieniając nastawy z 3 MIL na 5,5 MIL, najpierw należy ustawić ok. 6 MIL, a potem zmniejszyć nastawę do 5,5 MIL.

**Dobrym zwyczajem jest, aby po zakończeniu strzelania pokrętła ustawiać w pozycji „zero”** odpowiadającej przystrzelaniu broni (zwykle na 100 lub 300 m). Jest to szczególnie ważne w celownikach z pokrętłami wieloobrotowymi, gdzie łatwo można pomylić się o jeden obrót. Poza tym, tylko pozostawianie pokręteł w pozycji „zero” umożliwia wykonanie regulacji poprzez odliczanie klików, bez obserwowania podziałki.

<sup>17</sup> Podczas ostatecznego regulowania pokręta powinny być wkręcane w kierunku tubusu celownika.

Przy nastawianiu celowników na krańcowe nastawy pojawia się problem związany z możliwością oparcia się tubusu inwersora (wewnętrzznego) o tubus zewnętrzny. Dotknięcie się tych dwóch elementów poważnie zakłóca regulację. Możliwe są przy tym dwie sytuacje. Pokrętło może docisnąć tubus inwersora do tubusu zewnętrznego, co ma miejsce przy wkręcaniu pokrętła. W takiej sytuacji opór staje się bardzo wyraźny, a próba jego pokonania i dalsze dociskanie może uszkodzić celownik. Drugim przypadkiem jest swobodne dojście tubusu inwersora do tubusu zewnętrznego przy odkręcaniu pokrętła. W takim przypadku, pomimo dalszego obracania pokrętła regulacja celownika zostaje wstrzymana. Bardzo ważne jest stwierdzenie, przy jakiej pozycji pokrętła taka sytuacja występuje. Można to łatwo zrobić po zamocowaniu celownika lub karabinu w imadle. Obserwując odległy cel, należy śledzić przesuwanie się siatki spowodowane odkręcaniem pokrętła pionowego. Gdy nastąpi dotknięcie tubusów, siatka – pomimo dalszego kręcenia pokrętłem – przestanie się przesuwać.

Trzeba jednak zdawać sobie sprawę, że jeśli pokrętło regulacji poziomej również jest mocno wkręcone lub wykręcone (np. w celu skorygowania wpływu silnego wiatru), to styk może nastąpić znacznie wcześniej (rys. 3.23). Gdy tak się stanie, to nie tylko dalsze obracanie pokrętłem regulacji pionowej nie będzie przesuwało siatki celowniczej, ale pokręcenie pokrętłem regulacji poziomej może spowodować jednoczesne przesunięcie siatki w pionie! Podobne przesunięcia mogą wystąpić pod wpływem odrzutu i drgań broni, gdyż tubus inwersora nie jest prawidłowo podparty pokrętłami i sprężyną.



Rys. 3.23. Zakłócenia w działaniu pokręteł przy krańcach regulacji: z lewej – prawidłowa współpraca tubusu z pokrętłami; z prawej – przyblokowanie tubusu

Problemy z maksymalnymi nastawami występują oczywiście tylko przy strzelaniu na bardzo dużą odległość, głównie wtedy, gdy zastosowany jest równoległy montaż celownika.

Zakres regulacji w pionie jest różny dla różnych celowników. Zasadą jest, że celowniki z tubusem o większej średnicy mają większy zakres regulacji. Od

Tabela 3.2. Zakres regulacji pionowej dla kilku wybranych celowników optycznych

Producent	Model	Zakres regulacji [MOA]
ZEISS	6-24×56T Victory Diavari	58
Nightforce	8-32×56 NXS	65
Leupold	8.5-25×50 LR/T M1 Mark 4	75
Schmidt & Bender	5-25×56 PM II LP	93
US Optics	SN3 T-Pal 3.2-17×44	90
US Optics	SN9 3.8-22×58	235

pewnego czasu standardem są celowniki o średnicy tubusu zewnętrznego wynoszącej 30 mm, podczas gdy do niedawna dominowały celowniki o średnicy 25,4 mm (1 cal). Coraz więcej firm produkuje jednak również celowniki o średnicy 34, 35, a nawet 40 mm. W tabeli 3.2 są przedstawione zakresy regulacji kilku celowników wysokiej klasy. Na uwagę zasługuje celownik US Optics SN9 przeznaczony do strzelania na bardzo duże odległości, który umożliwia regulację w zakresie aż 235 MOA, pomimo że tubus ma średnicę jedynie 30 mm. Trzeba pamiętać, że jeśli celownik nie jest zainstalowany na pochylonym montażu, to praktycznie jest wykorzystywana jedynie połowa dostępnego zakresu regulacji (patrz podrozdz. 3.6).

### 3.4. Wykorzystanie celownika do określania odległości

Dokładne określenie odległości od celu jest jednym z podstawowych zadań, które musi wykonać snajper przed strzałem, jeżeli cel jest oddalony o ponad 150 m<sup>18</sup>. W miarę zwiększania odległości jej precyzyjna ocena staje się coraz ważniejsza.

W dobie rozwoju elektronicznych urządzeń pomiarowych, takich jak np. dalmierze laserowe, wiele osób sądzi, że metody oparte na wykorzystaniu siatek celowniczych są już przestarzałe i niepotrzebne. Jest to jednak przekonanie błędne. Po pierwsze, dalmierze laserowe są urządzeniami o charakterze czynnym, tzn. w kierunku celu wysyłają wiązkę promieniowania podczerwonego. Mogą więc łatwo zdradzić pozycję snajpera, jeśli wróg jest wyposażony w odpowiedni detektor podczerwieni (a wbrew obiegowym opiniom detektory takie są urządzeniami bardzo prostymi i są powszechnie dostępne na rynku). Po drugie, trudno jest posługiwać się dalmierzami laserowymi w czasie intensywnych opadów oraz w terenie, w którym pomiędzy snajperem a celem znajdują się skały, roślinność lub inne przeszkody mogące odbijać promieniowanie laserowe. Po trzecie, o ile dalmierz laserowy nie jest wbudowany w celownik (a dotychczas takie rozwiązania są rzadko stosowane), snajper, dokonując pomiaru odległości dalmierzem, traci kontrolę przedpola i możliwość oddania natychmiastowego strzału, gdyby sytuacja do tego

<sup>18</sup> Przy odległości mniejszej wystarczy zgrubne oszacowanie, bo błąd oceny o 10 czy 20 m nie będzie miał istotnego znaczenia.

zmuszała. Nie bez znaczenia jest również możliwość zdemaskowania snajpera wykonującego ruchy związane z wykorzystaniem dalmierza. Jako regułę trzeba więc przyjąć, że w miarę możliwości dalmierzem powinien posługiwać się obserwator. Kolejnym problemem występującym przy używaniu dalmierza jest konieczność jego zasilania. Do zasilania dalmierza zazwyczaj są wykorzystywane baterie alkaliczne, które wystarczają na kilkaset do kilku tysięcy pomiarów w temperaturze uznawanej za pokojową. Przy bardzo niskiej temperaturze otoczenia, efektywna pojemność baterii zmniejsza się jednak gwałtownie i może wystarczyć na dokonanie zaledwie kilku lub kilkadziesiąt pomiarów. W temperaturze  $-15^{\circ}\text{C}$  baterie alkaliczne zachowują jedynie ok. 10–20% swojej pojemności znamionowej. W niskiej temperaturze ZDECYDOWANIE najlepiej zachowują się baterie litowe, które są jednak znacznie droższe.

Praktycznie każdy celownik snajperski jest wyposażony w siatkę celowniczą skonstruowaną tak, aby ułatwiała ona ocenę odległości poprzez porównywanie znanej wielkości celu (lub obiektu w jego bezpośredniej bliskości) i kąta, pod jakim jest on widziany. Szczegóły wykorzystania poszczególnych typów siatek celowniczych są omówione w dalszych podrozdziałach, w tym natomiast są podane podstawowe zależności trygonometryczne, które umożliwiają taką ocenę.

Podstawą naszych rozważań jest trójkąt przedstawiony na rys. 3.24, na którym widać cel o wysokości  $H$  widziany z odległości  $L$  pod kątem  $\alpha$ . Korzystając z podstawowych wzorów trygonometrycznych, możemy połączyć ze sobą te wielkości za pomocą następującego wyrażenia:

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{H}{L}$$

Wiemy jednocześnie, że kąt  $\alpha$  wyrażony w radianach wynosi

$$\alpha = \frac{C}{L} \text{ [rad]}$$

a wyrażony w miliradianach (czyli tysięcznych częściach radiana)

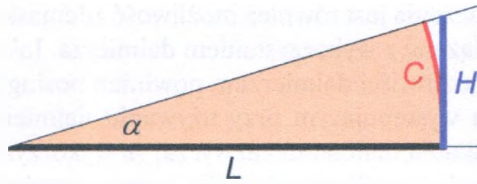
$$\alpha = 1000 \frac{C}{L} \text{ [mrad]}$$

Dla małych kątów  $\alpha$  długość przyprostokątnej  $H$  jest niemal identyczna z długością łuku  $C$ , na podstawie której jest określana wartość kąta  $\alpha$ <sup>19</sup>; można więc zapisać, że

$$C \approx H$$

<sup>19</sup> Dla kąta  $\alpha$  wynoszącego 100 mrad błąd wynosi jedynie ok. 0,3%.





Rys. 3.24. Trójkąt prostokątny

Stosując to uproszczenie, jeśli kąt  $\alpha$  jest wyrażony w radianach, uzyskujemy następujący wzór:

$$\alpha \approx \frac{H}{L}$$

a jeśli kąt  $\alpha$  jest wyrażony w miliradianach

$$\alpha \approx \frac{1000H}{L}$$

$$L \approx \frac{1000H}{\alpha}$$

Ten ostatni wzór stanowi podstawę do oszacowania odległości od celu o znanych wymiarach liniowych za pomocą siatek celowniczych umożliwiających określenie, pod jakim, wyrażonym w miliradianach, kątem cel ten jest widoczny. Trzeba jednak pamiętać, że celowniki z powiększeniem zmiennym, których siatka celownicza jest umieszczona w drugiej płaszczyźnie ogniskowej, pozwalają na proste określenie kąta widzialności celu tylko w odniesieniu do jednego powiększenia (patrz podrozdz. 3.1.4).

W celu określenia odległości od celu za pomocą siatki celowniczej należy:

1. W przypadku celownika z siatką umieszczoną w drugiej płaszczyźnie ogniskowej sprawdzić, czy zastosowane powiększenie zachowuje właściwe wymiary katowe znaczników na siatce, a jeśli tak nie jest, to ustawić takie powiększenie.
2. Oszacować wysokość lub szerokość celu w metrach.
3. Za pomocą siatki celowniczej określić, ilu tysięcznym odpowiada oszacowana wysokość lub szerokość celu. Należy starać się określić kąt z dokładnością do 0,1 tysięcznej, korzystając z wszelkich „bazowych” wymiarów siatki celowniczej<sup>20</sup>.
4. Dokonać obliczenia odległości, mnożąc wysokość (lub szerokość) celu w metrach przez 1000 i dzieląc przez kąt wyrażony w tysięcznych. Uzyskana wartość jest odległością w metrach.

<sup>20</sup> Patrz podrozdz. 3.2 poświęcony popularnym siatkom celowniczym.

Tabela 3.3. Wymiary osób i przedmiotów, które mogą służyć do określania odległości

Opis	Wielkość [m]		
	wysokość	szerokość	długość
Głowa ludzka bez hełmu	0,3	0,25	—
Szerokość człowieka w ramionach	—	0,5	—
Sylwetka ludzka stojąca	1,7-1,8	—	—
Odległość od krocza do czubka głowy	1,0	—	—
Mały samochód osobowy (Toyota Yaris)	1,5	1,7	3,6
Duży samochód osobowy (Ford Mondeo III)	1,4	18	4,7
Autobus przegubowy (Scania)	3,2	2,5	18
Opona (średnica zewnętrzna)	samochód osobowy	—	średnica 0,6
	samochód terenowy i dostawczy	—	średnica 0,7
	samochód ciężarowy	—	średnica 1,0
Kontener 20-stopowy	2,6	2,4	6,1
Kontener 40-stopowy	2,6 (2,9 typ High Cube)	2,4	12,2
Słup telegraficzny	ok. 6	—	—
Kondygnacja w budynku mieszkalnym	3	—	—
Cegła	0,06	0,12	0,25
Wagon kolejowy, osobowy	4	2,9	24

W celu ułatwienia oszacowania wielkości celu korzystne jest zapamiętanie „typowych” wymiarów przedmiotów mogących stanowić cel lub znajdować się w jego pobliżu. Kilka przydatnych informacji na ten temat znajduje się w tab. 3.3. Korzystając z tabeli, trzeba pamiętać, że podane są w niej wartości średnie, od których w szczególnych przypadkach mogą być znaczące odchyłki. Trzeba również pamiętać, że jeśli przedmiot nie jest widziany czołowo, to jego wymiary widziane pod kątem ulegają pozornemu skróceniu.

Na rysunku 3.25 jest przedstawiony przykładowy obraz widziany przez celownik z siatką MP8 wyskalowaną w tysięcznych (MIL). Siatka została ustawiona do pomiaru opartego na wielkości koła samochodowego, którego średnica jest szacowana na 0,7 m. Ponieważ działki o średniej długości są rozmieszczone na tej siatce co jedną tysięczną, więc wielkość kąta, pod jakim jest widziane koło (a dokładniej – średnica zewnętrzna koła) wynosi 4,1 tysięcznych (4,1 MIL). Oznacza to, że odległość od samochodu równa się  $0,7 \cdot 1000/4,1 = 170$  m. W siatkach wyposażonych w dodatkowe działki na krańcach podziałki poziomej i pionowej można ich użyć do bardziej precyzyjnego określania odległości i w takim przypadku pomiaru dokonuje się z boku siatki (rys. 3.16).



**Rys. 3.25.** Widok celu na tle siatki z podziałką w tysięcznych. Działki o średniej długości są rozmieszczone co 1 tysięczną, działki najkrótsze wskazują połówki tysięcznej

Wiele kalkulatorów balistycznych ma wbudowane procedury obliczania odległości na podstawie wielkości kątowej i liniowej przedmiotów. Tym niemniej, zważywszy, że kalkulatory takie nie zawsze są dostępne, a dzielenie w pamięci, szczególnie w stresie, może być zadaniem trudnym, w tab. 3.4 zostały zamieszczone wyniki obliczeń w odniesieniu do kilku typowych wymiarów liniowych i kątowych.

Analizując tablicę, można również wyciągnąć wnioski dotyczące błędów, jakie wystąpią przy niedokładnym oszacowaniu wielkości liniowej lub kątowej. I tak na przykład, jeśli sylwetka człowieka (wysokość 1,8 m) jest widziana pod kątem 2,2 MIL, to odległość od niej wynosi 818 m. Gdyby jednak kąt został „zaokrąglony” do wartości 2 MIL, to wynik obliczeń wyniósłby 900 m. Przy takim błędzie w ocenie odległości pocisk kalibru .338 Lapua Magnum trafi ok. 80 cm powyżej punktu celowania, co w przypadku strzału do sylwetki ludzkiej jest niemal równoznaczne z chybieniem celu. Powyższy przykład wskazuje, jak ważne jest bardzo dokładne odczytywanie wymiarów kątowych z siatki celowniczej.

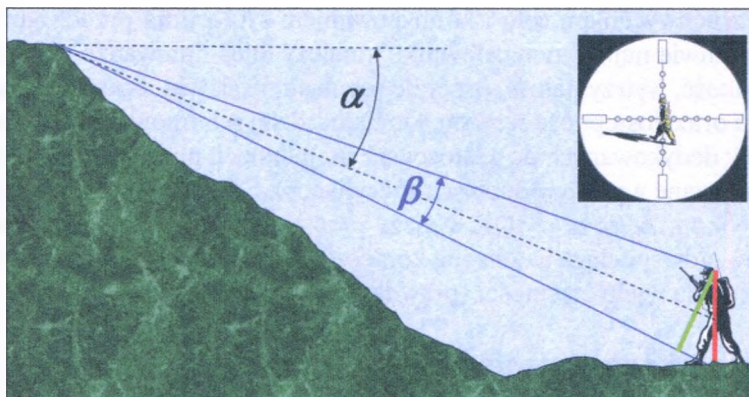
Innym sposobem określania odległości od celu za pomocą celownika optycznego jest wykorzystanie korekcji paralaksy, o ile jest ona zaopatrzona w podziałkę odległościową. Ocena należy wykonywać przy możliwie dużym powiększeniu, gdyż zjawisko rozmycia obrazu przy nieskorygowanej paralaksie jest wtedy najbardziej widoczne. Poprawność regulacji trzeba dodatkowo skontrolować, przesuwając gałkę oczną poza oś optyczną celownika (patrz p. 3.1.3). Po wyostreniu obrazu celu można na pokrętle odczytać przybliżoną odległość od celu. Metoda ta jest jednak znacznie mniej dokładna od metody bazującej na pomiarze za pomocą siatki celownika i nieskuteczna przy ocenie odległości większej niż 300 m.

Tabela 3.4. Tabela przeliczeniowa umożliwiająca ocenę odległości na podstawie wielkości kątowej i liniowej przedmiotów

Przykładowy cel		Szerokość człowieka w ramionach	Odległość od krocza do czubka głowy	Wysokość małego samochodu osobowego	Wysokość sylwetki człowieka	Wysokość typowych drzwi budowlanych	Szerokość autobusu	Wysokość kondygnacji w budynku mieszkalnym	Szerokość typowego transportera opancerzonego	Wysokość wagonu kolejowego
		wymiar liniowy celu [m]								
		0,5	1,0	1,5	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Wymiar kątowy celu odczytany z podziałki celownika [MIL]	0,5	1000	2000	3000	3600	4000	5000	6000	7000	8000
	0,6	833	1667	2500	3000	3333	4167	5000	5833	6667
	0,7	714	1429	2143	2571	2857	3571	4286	5000	5714
	0,8	625	1250	1875	2250	2500	3125	3750	4375	5000
	0,9	556	1111	1667	2000	2222	2778	3333	3889	4444
	1,0	500	1000	1500	1800	2000	2500	3000	3500	4000
	1,1	455	909	1364	1636	1818	2273	2727	3182	3636
	1,2	417	833	1250	1500	1667	2083	2500	2917	3333
	1,3	385	769	1154	1385	1538	1923	2308	2692	3077
	1,4	357	714	1071	1286	1429	1786	2143	2500	2857
	1,5	333	667	1000	1200	1333	1667	2000	2333	2667
	1,6	313	625	938	1125	1250	1563	1875	2188	2500
	1,7	294	588	882	1059	1176	1471	1765	2059	2353
	1,8	278	556	833	1000	1111	1389	1667	1944	2222
	1,9	263	526	789	947	1053	1316	1579	1842	2105
	2,0	250	500	750	900	1000	1250	1500	1750	2000
2,1	238	476	714	857	952	1190	1429	1667	1905	

Tabela 3.4 (cd.)

Przykładowy cel		Szerokość człowieka w ramionach	Odległość od krocza do czubka głowy	Wysokość małego samochodu osobowego	Wysokość sylwetki człowieka	Wysokość typowych drzwi budowlanych	Szerokość autobusu	Wysokość kondygnacji w budynku mieszkalnym	Szerokość typowego transportera opancerzonego	Wysokość wagonu kolejowego
		wymiar liniowy celu [m]								
		0,5	1,0	1,5	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Wymiar katowy celu odczytany z podziałki celownika [MIL]	2,2	227	455	682	818	909	1136	1364	1591	1818
	2,3	217	435	652	783	870	1087	1304	1522	1739
	2,4	208	417	625	750	833	1042	1250	1458	1667
	2,5	200	400	600	720	800	1000	1200	1400	1600
	2,6	192	385	577	692	769	962	1154	1346	1538
	2,7	185	370	556	667	741	926	1111	1296	1481
	2,8	179	357	536	643	714	893	1071	1250	1429
	2,9	172	345	517	621	690	862	1034	1207	1379
	3,0	167	333	500	600	667	833	1000	1167	1333
	3,1	161	323	484	581	645	806	968	1129	1290
	3,2	156	313	469	563	625	781	938	1094	1250
	3,3	152	303	455	545	606	758	909	1061	1212
	3,4	147	294	441	529	588	735	882	1029	1176
	3,5	143	286	429	514	571	714	857	1000	1143
	3,6	139	278	417	500	556	694	833	972	1111
	3,7	135	270	405	486	541	676	811	946	1081
3,8	132	263	395	474	526	658	789	921	1053	
3,9	128	256	385	462	513	641	769	897	1026	
4,0	125	250	375	450	500	625	750	875	1000	



Rys. 3.26. Wpływ kąta pochylenia  $\alpha$  na pozorne skrócenie wymiarów obiektu widzianego pod kątem  $\beta$ ; odcinek czerwony – rzeczywista wysokość celu, odcinek zielony – pozorna wysokość celu

Jeśli pomiar jest wykonywany w odniesieniu do obiektu ustawionego pod kątem (np. przy strzelaniu w górę lub w dół), to trzeba uwzględnić pozorne zmiany wymiarów tego obiektu (rys. 3.26). Na rysunku jest przedstawiona sytuacja, w której snajper celuje pod kątem pochylenia  $\alpha$  (załóżmy, że  $\alpha = 30^\circ$ ) w dół do celu widzianego w celowniku pod kątem  $\beta = 4$  MIL. Gdyby do obliczeń odległości przyjąć wysokość żołnierza szacowaną na 1,8 m, to w wyniku obliczeń uzyskamy bezwzględną odległość od strzelca wynoszącą 450 m. Ponieważ jednak cel jest widziany pod kątem  $30^\circ$ , więc jego wysokość pozorna wynosi  $1,8 \text{ m} \cdot \cos(30^\circ) = 1,56 \text{ m}$ . Po uwzględnieniu tego pozornego „skrócenia” obliczona odległość bezwzględna od celu wyniesie 390 m.

Przy strzelaniu w górę i w dół obliczenia odległości należy, w miarę możliwości, oprzeć na szerokości obiektów (o ile są one ustawione czołowo w kierunku do snajpera). Więcej informacji o strzelaniu pod kątem w górę i w dół znajduje się w podrozdz. 7.9.

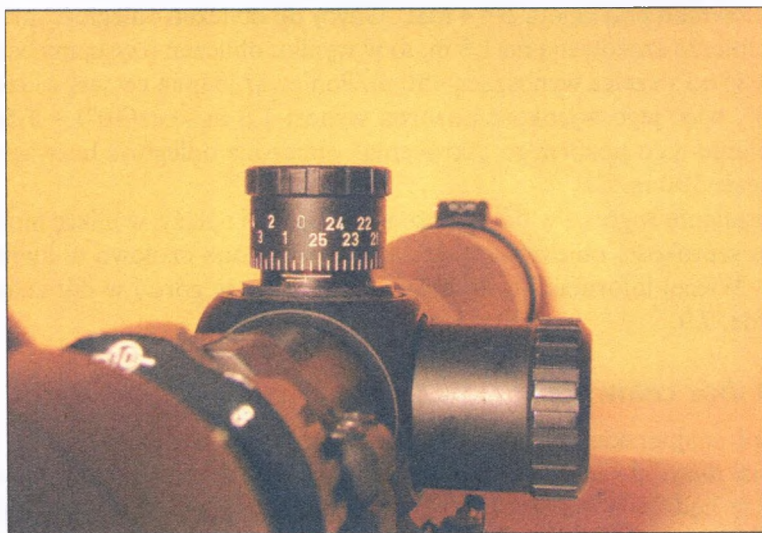
### 3.5. Dobór celownika

W broni snajperskiej trudno przecenić rolę celownika optycznego. Zawsze więc należy dążyć do tego, aby celownik był możliwie jak najlepszy, co niestety oznacza, że będzie to celownik drogi. Cena dobrego celownika jest zazwyczaj zbliżona do ceny dobrego karabinu, a niekiedy jest nawet wyższa. Najbardziej renomowani producenci celowników mają w swojej ofercie celowniki o przeznaczeniu snajperskim. Są one bardzo wytrzymałe, mają pokrętła umożliwiające łatwą regulację, podświetlane siatki celownicze z elementami do określania odległości. Jeśli jest to możliwe, snajper powinien dobrać celownik pod kątem spodziewanych sytuacji taktycznych oraz swoich osobistych preferencji. Nie należy przyjmować, że „większy zawsze jest lepszy”. Zbyt duży obiektyw powoduje, że celownik staje się zbyt ciężki, zbyt duży i łatwo go uszkodzić. Zbyt duże powiększenie powoduje

problemy z uchwyceniem celu i kontrolowaniem sytuacji na przedpolu. Mówiąc więc o „możliwie najlepszym celowniku”, należy mieć na uwadze przede wszystkim jego jakość, wytrzymałość, precyzję regulacji, brak widocznych zniekształceń optycznych oraz dostępność serwisu. Do najbardziej renomowanych producentów celowników dedykowanych do zastosowań snajperskich należą: US Optics (celowniki produkowane wg indywidualnych specyfikacji), Schmidt & Bender, Nightforce, Leupold, Nikon, Zeiss oraz IOR. Należy przestrzec przed częstym zmienianiem celowników, gdyż pociąga to za sobą konieczność zmiany przyzwyczajzeń i ponownego wykonania wielu czynności sprawdzających.

### 3.6. Montaż i zestrzajanie celownika

Celowniki mogą być dostarczane przez producenta z różnymi ustawieniami fabrycznymi. Regułą jest, że celowniki o przeznaczeniu myśliwskim lub uniwersalnym są „wyzerowane” tak, że pokrętła znajdują się w połowie zakresu regulacji. Przy takim ustawieniu środek siatki znajduje się w osi celownika i może być przesuwany o taki sam dystans w górę i w dół (oraz w prawo i w lewo). Tak zbudowany celownik jest przeznaczony do montowania na szynie równoległej do osi lufy (patrz dalsza część niniejszego rozdziału) i praktycznie wykorzystują jedynie połowę dostępnego zakresu regulacji (rys. 3.27).



**Rys. 3.27.** Celownik IOR, w którym po założeniu na montaż równoległy praktycznie jest wykorzystywana tylko połowa zakresu regulacji – przy wyzerowaniu na dystansie 100 m pokrętło jest w połowie odkręcone

Drugi typ regulacji występuje w celownikach snajperskich oraz przeznaczonych do strzelania na dużą odległość (np. Schmidt & Bender PMII). Celowniki te są wyzerowane fabrycznie w krańcowej, dolnej pozycji pokrętła wysokości (rys. 3.28).

Dzięki temu cały zakres regulacji pionowej może być wykorzystany do nastawiania poprawek związanych z odległością strzelania. Celowniki takie wymagają montażu pochylonego, którego pochylenie jest nieznacznie mniejsze niż połowa zakresu regulacji<sup>21</sup>.



**Rys. 3.28.** Celownik S&B, w którym po założeniu na montaż pochylony jest wykorzystywany cały zakres regulacji – przy wyzerowaniu na dystansie 100 m pokrętko jest w pełni wkręcone

Jedną z pierwszych czynności, które trzeba wykonać przed montażem celownika typu „myśliwskiego” jest sprawdzenie, czy środek siatki celowniczej znajduje się w osi celownika. Celowniki renomowanych producentów dostarczane są fabrycznie z wycentrowaną siatką, ale niekiedy jakieś ciekawskie palce obracają pokrętkami regulacyjnymi i nawet fabrycznie nowy celownik może mieć siatkę przesuniętą. W celownikach używanych takie przesunięcie jest regułą.

Teoretycznie można zainstalować celownik bez centrowania siatki, ale trudniej wtedy wykryć błędy geometryczne montażu<sup>22</sup> lub go wyregulować, jeśli nawet konstrukcja to umożliwia. W wyniku takich błędów poważnemu ograniczeniu może ulec dostępny zakres regulacji celownika.

Popularną, bardzo prostą, ale niezbyt dokładną metodą centrowania jest ustawienie pokręteł w środkowym położeniu pomiędzy oporami. Jeśli, przykładowo, pomiędzy pozycją, w której pokrętko jest całkowicie wkręcone, a pozycją, w której jest ono całkowicie wykręcone, następuje obrót pokrętła o 70 MOA, to ustawieniem centralnym jest 35 MOA. Niestety, w wielu celownikach ruch siatki usta-

<sup>21</sup> Przykładowo, jeśli zakres regulacji pionowej celownika wynosi 85 MOA, to montaż powinien być pochylony o 40 MOA.

<sup>22</sup> Montażem nazywa się zespół łączący celownik z karabinem.



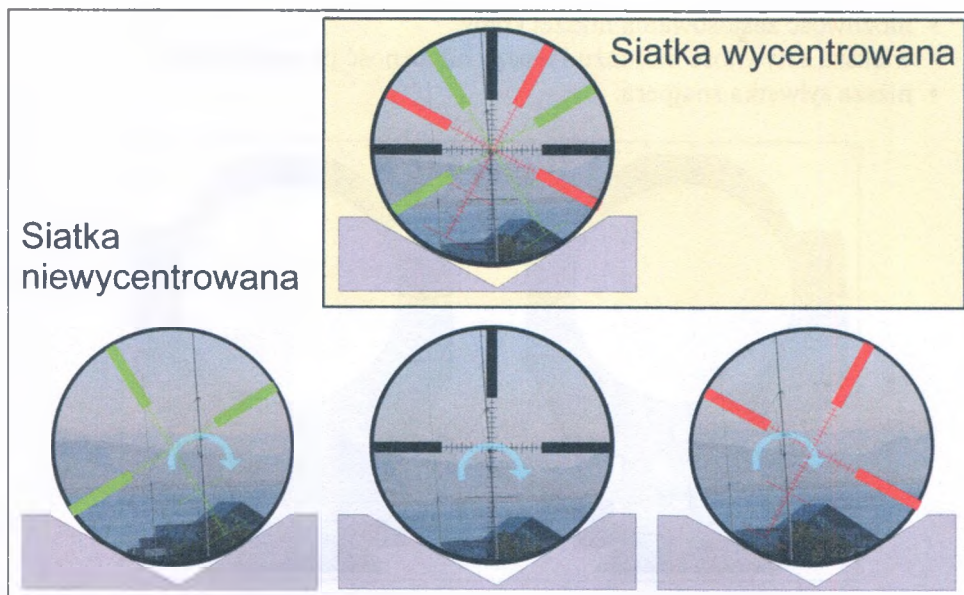
je zanim jeszcze pokrętko dojdzie do oporu, co powoduje powstawanie błędów w centrowaniu.

Dokładniejszą metodą jest obserwowanie obrazu podczas osiowego obracania celownika. Celownik należy ustawić na pryzmach (mogą być one zaimprovizowane, tak jak np. na rys. 3.29) i obserwować obraz, obracając celownik o kilkadziesiąt stopni zgodnie i przeciwnie do kierunku obrotów wskazówek zegara. Zamiast pryzm można również użyć dolnych części obejm celownika zamontowanych na karabinie, który musi być stabilnie zamocowany np. w imadle rusznikarskim. Jeśli celownik jest wycentrowany, to obraz „celu” pozostanie nieruchomy, a jedynie siatka będzie się obracać wokół swojego środka. Jeśli jednak celownik nie jest wycentrowany, to obraz celu będzie przesuwiał się zarówno w pionie, jak i w poziomie (ale oczywiście nie będzie się obracać). Metodą prób i błędów należy wtedy tak kręcić pokrętkami regulacyjnymi, aby wyeliminować tę mimośrodowość i uzyskać nieruchomy obraz celu. Jest to przedstawione na rys. 3.30. Aby zaoszczędzić czas, można najpierw wstępnie wycentrować siatkę poprzez ustawienie pokręteł w połowie zakresu ich obrotu (pierwsza metoda), a następnie dokonać sprawdzenia i ewentualnej korekty, posługując się metoda druga.

Celowniki dostarczane z wyzerowaniem w skrajnym, dolnym położeniu nie wymagają centrowania w kierunku pionowym. Konieczne jest jednak w ich przypadku określenie optymalnego pochylenia szyny montażowej.



Rys. 3.29. Zaimprovizowane stanowisko do centrowania celownika



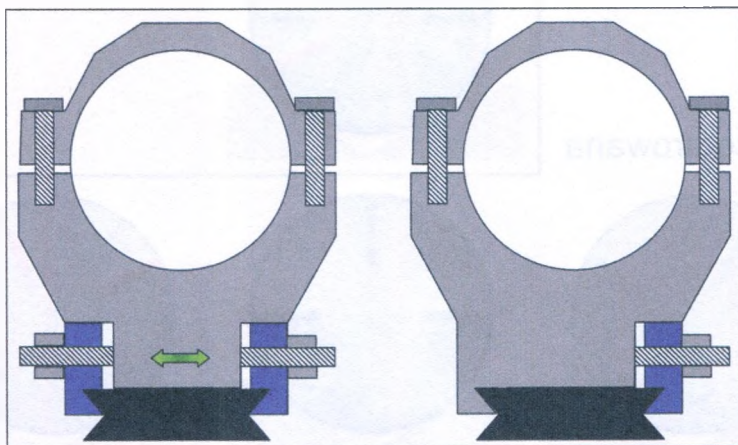
**Rys. 3.30.** Efekt obracania celownika wokół jego osi: obraz dla celownika z wycentrowanym środkiem siatki celowniczej (górna część rysunku); obraz dla siatki celowniczej nieustawionej w osi celownika (jakkolwiek siatka obraca się wokół swojego środka, to obraz celu przemieszcza się mimośrodowo) (dolna część rysunku)

Istnieje wiele rodzajów montażu łączących celownik optyczny z karabinem. W zastosowaniach taktycznych, a szczególnie snajperskich, dominują obecnie montaż oparte na uniwersalnych szynach Picatinny. Niektóre karabiny są jednak wyposażane w szyny nieodpowiadające temu standardowi i wymagające albo specjalnego, dedykowanego montażu, albo zastosowania elementu przejściowego. Większość montażu jest pozbawiona jakiegokolwiek regulacji, ale niektóre firmy produkują montaż pozwalające na wprowadzenie niewielkich korekt w płaszczyźnie poziomej podczas instalowania pierścieni mocujących (rys. 3.31). Niektóre montaż zbudowane są tak, aby możliwe było szybkie zdejmowanie i zakładanie celownika bez konieczności ponownego przystrzeliwania broni (rys. 3.32). Dobrze wykonany montaż tego typu zapewnia powtarzalność ustawienia celownika lepszą niż 1 MOA.

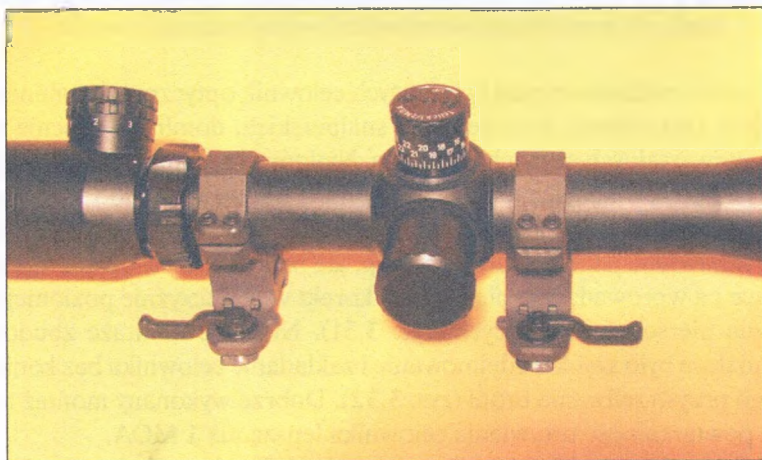
Zazwyczaj istnieje możliwość doboru do celownika i karabinu montażu o różnej wysokości. W broni snajperskiej należy dążyć do tego, aby celownik był umieszczony możliwie nisko. Wystarczy więc zastosowanie takiego montażu, który gwarantuje prześwit 1,5–2,0 mm pomiędzy celownikiem (wyposażonym we wszystkie niezbędne akcesoria) a lufą czy komorą zamkową karabinu. Wyjątkiem są jedynie te sytuacje, gdy jest przewidywane alternatywne stosowanie przystawki noktowizyjnej o znacznej średnicy zewnętrznej wymuszającej wyższe zamocowanie celownika. Zalety niskiego montażu są następujące:

- korzystniejszy tor lotu pocisku w stosunku do linii celowania,

- możliwość zastosowania niższej kolby,
- większa sztywność montażu i lepsza odporność na uszkodzenia,
- niższa sylwetka snajpera.

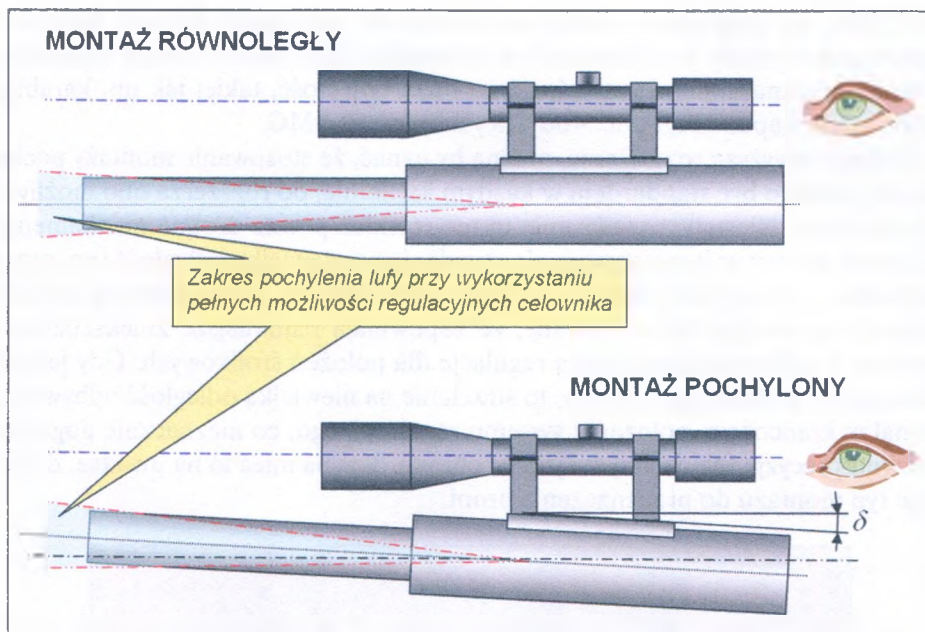


Rys. 3.31. Różne typy obejm mocujących: z lewej – obejmą umożliwiającą nieznaczną regulację w poziomie; z prawej – obejmą bez jakiegokolwiek możliwości regulacji



Rys. 3.32. Obejmy wyposażone w zamki umożliwiające łatwe zdejmowanie celownika

Montaż celownika może być wykonany tak, aby oś celownika była równoległa do osi przewodu lufy (montaż równoległy) albo aby oś celownika była pochylona o pewien kąt (zwykle 20, 30 lub 40 MOA) w stosunku do przewodu lufy (montaż pochylony). Pochylenie celownika ZAWSZE jest skierowane ku wylotowi lufy (rys. 3.33). Wybór właściwego rozwiązania zależy głównie od tego, na jakie odległości będzie wykonywane strzelanie.



Rys. 3.33. Montaż równoległy i montaż pochylony

Znaczna większość celowników jest montowana tak, aby w pozycji zerowej<sup>23</sup> siatka znajdowała się w połowie zakresu regulacji góra-dół, wynoszącego zazwyczaj 60–90 MOA<sup>24</sup>. Oznacza to, że do wykorzystania pozostaje praktycznie tylko połowa zakresu regulacji czyli 30–45 MOA, bo regulację „w dół” od pozycji zerowej wykonuje się sporadycznie i tylko w bardzo małym zakresie, np. w celu skompensovania różnic w amunicji lub złożeniu strzelca. Dla typowego pocisku kalibru .308 Win. oznacza to – przy niskiej temperaturze i wysokim ciśnieniu atmosferycznym – możliwość wprowadzania poprawek jedynie do odległości 700–850 m.

Prostym rozwiązaniem problemu jest wstępne pochycenie celownika ku przodowi, tak aby przy strzelaniu na odległość 100 m pokrętko regulacyjne znalazło się w pobliżu dolnego zakresu regulacji. Typowe montaże pochylone zmieniają kierunek ustawienia celownika od 20 do 40 MOA. Załóżmy, że celownik ma zakres regulacji góra-dół wynoszący 80 MOA i został on zamontowany na montażu pochylonym o 30 MOA. Oznacza to, że przy ustawieniu do strzelania na 100 m celownik będzie miał tylko 10 MOA regulacji w dół i aż 70 MOA w górę<sup>25</sup>. Teraz będzie można nastawiać na nim poprawki aż do odległości 1050 m dla kalibru

<sup>23</sup> Pozycja zerowa to pozycja, w której następuje przystrzelanie broni na dystansie 100 m.

<sup>24</sup> Celowniki o większej średnicy korpusu (30, 34 mm) mają większe możliwości regulacji niż podobne celowniki o cieńszych korpusach (25,4 mm).

<sup>25</sup> Zakres w dół to połowa zakresu regulacji minus pochycenie (czyli  $0,5 \cdot 80 - 30 = 10$ ), a w górę – to połowa zakresu regulacji plus pochycenie (czyli  $0,5 \cdot 80 + 30 = 70$ ).

.308 Win., co przekracza praktyczną donośność skuteczną dla tego kalibru<sup>26</sup>. Stosowanie montażu pochylonych jest szczególnie korzystne, a wręcz niezbędne w broni przeznaczonej do strzelania na dużą odległość, takiej jak np. karabiny kalibru .338 Lapua Magnum, .408 CheyTac czy .50 BMG.

Śledząc powyższe rozważania, można by uznać, że stosowanie montażu pochylonych powinno być standardem w każdym karabinie, bo rozszerza ono możliwości celowania. Niestety, rozwiązanie to ma również pewne drobne mankamenty, o ile broń ma być wykorzystywana do strzelania na niewielką odległość (np. przez snajperów policyjnych). Układy optyczne i mechaniczne celowników są bowiem z natury rzeczy tak skonstruowane, że zapewniają najmniejsze zniekształcenia optyczne i najbardziej precyzyjną regulację dla położenia środkowych. Gdy jednak zastosowany jest montaż pochyły, to strzelanie na niewielką odległość odbywa się niemal w krańcowym położeniu systemu regulacyjnego, co nieznacznie pogarsza zarówno precyzję regulacji, jak i jakość obrazu. Trzeba mieć to na uwadze, dobierając typ montażu do przeznaczenia broni.



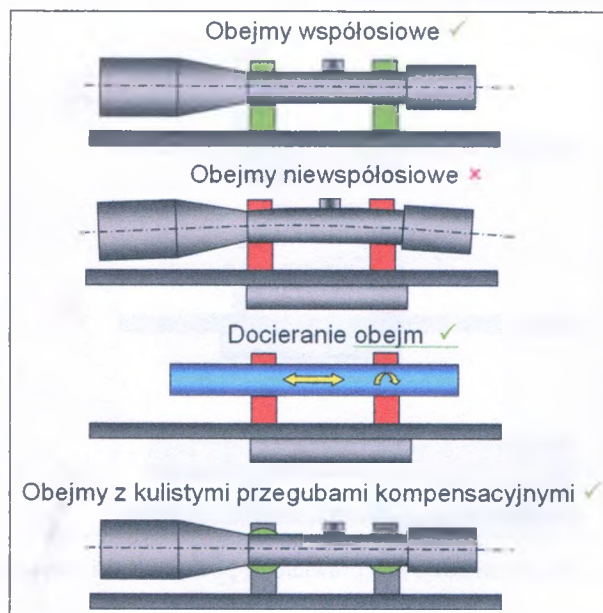
Rys. 3.34. Montaż typu monolitycznego z trzema obejmami (karabin SAKO TRG-42, celownik US Optics)

Prawidłowo dobrany i wyregulowany montaż musi bardzo pewnie utrzymywać celownik w niezmiennym położeniu w stosunku do lufy oraz NIE MOŻE wprowadzać dodatkowych naprężeń zginających korpus celownika. Im większy jest odrzut broni i im cięższy jest celownik, tym masywniejszy musi być montaż. Obec-

<sup>26</sup> Dla kalibru .308 Win. i typowych pocisków, takich jak Lapua Silver Jacket 185 gr, pocisk znacznie traci na celności na dystansie większym niż 800 m, gdyż jego prędkość zmniejsza się i wynosi mniej niż prędkość dźwięku.

nie w karabinach przeznaczonych do strzelania bardzo mocną amunicją, np. .338 Lapua Magnum, .408 CheyTac czy .50 BMG, stosuje się powszechnie montaż wyposażony w trzy masywne obejmy, często połączone ze wspólną bazą (tzw. *monolityczne*) (rys. 3.34). Montaż z trzema obejmami musi być wykonany szczególnie starannie, gdyż jakiegokolwiek niewspółosiowości poszczególnych obejm powodują przy ich stosowaniu szczególnie duże naprężenia w celowniku.

W celu wyeliminowania naprężeń zginających korpus celownika, jakie nieuchronnie pojawiają się przy braku współosiowości obejm (rys. 3.35), można stosować dwie metody. Pierwsza z nich polega na docieraniu wewnątrz obejm za pomocą specjalnego wałka pokrytego pastą ścierną. Wałek o średnicy mniejszej od średnicy korpusu celownika o ok. 0,05 mm wykonany ze stosunkowo miękkiego metalu (np. miedzi lub miękkiej stali nierdzewnej) pokrywa się pastą ścierną (np. stosowaną do docierania zaworów w silnikach spalinowych pastą o ziarnistości „320”) i wykonując ruchy spiralne, przesuwa się go wewnątrz bardzo lekko dokręconych obejm. Pasta ścierna zbiera cząsteczki metalu z obejm, doprowadzając ich otwory do współosiowości. Metodę tę można stosować zarówno do montażu z dwoma, jak i z trzema obejmami. Czasem zamiast gładkiego wałka i pasty ściernej stosuje się specjalny ręczny rozwiertak.

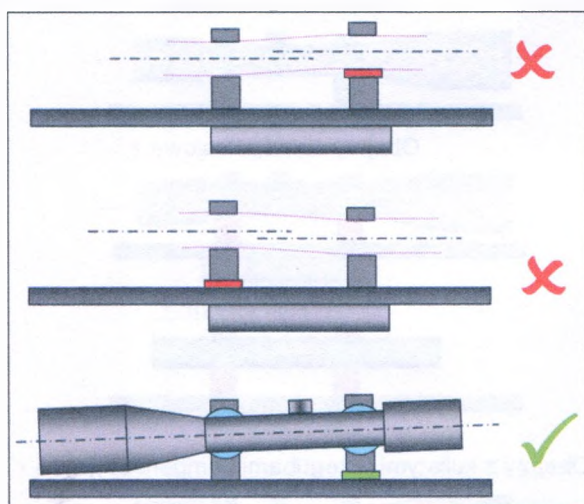


Rys. 3.35. Błędy geometryczne w montażach i ich eliminowanie

Drugą metodą jest zastosowanie obejm z kulistymi wkładkami powodującymi prawidłowe ustawienie osi obu elementów mocujących korpus lunety, nawet jeśli pierścienie nie są idealnie ustawione względem siebie. W przypadku montażu z trzema obejmami wkładki kuliste mogą nie wystarczać do wyeliminowania na-

prężeń, jeśli któraś z obejm jest przesunięta i nie znajduje się w osi pozostałych obejm. Jedynym sposobem wyeliminowania nieprawidłowości jest w takim przypadku przesunięcie jednej obejm, np. przez dodanie odpowiednio grubej podkładki pomiędzy jedną z obejm a bazę, o ile jest to konstrukcyjnie możliwe.

Zdarza się, że podczas osadzania celownika potrzebne okazuje się pochylenie jego osi, gdyż nie jest możliwe uzyskanie właściwego zakresu regulacji. Niekiedy zapada decyzja, aby pod jedną z obejm (jeśli jest ona przykręcana do podstawy) zamocować podkładkę. Podkładkę zakłada się z przodu, jeśli nie udaje się wyregulować celownika na małe odległości, a z tyłu – jeśli konieczne jest powiększenie zakresu w kierunku odległości większych. Zabieg taki jest możliwy praktycznie tylko wtedy, gdy są stosowane obejm z kulistymi przegubami kompensacyjnymi<sup>27</sup>. W innych przypadkach tubus celownika będzie podlegał silnym naprężeniom (rys. 3.36). Naprężenia te można co prawda zniwelować poprzez docieranie otworów (patrz rys. 3.35), ale zabieg ten w przypadku grubszych podkładek może być bardzo trudny lub wręcz niemożliwy do prawidłowego przeprowadzenia ze względu na ilość materiału, który należałoby usunąć. Nigdy nie należy wkładać podkładek do wnętrza cylindrycznego otworu mocującego celownik! Podkładki mogą być co najwyżej ustawiane pod obejmą, jeśli jest to konstrukcyjnie możliwe i gdy planowane jest dotarcie otworów.



Rys. 3.36. Prawidłowe i nieprawidłowe pochylenie osi celownika

Prawidłowy montaż celownika powinien przebiegać w następujący sposób:

- Karabin ustawić stabilnie, najlepiej w imadle rusznikarskim, i wypoziomować górną płaszczyznę szyny montażowej w kierunku poprzecznym do osi lufy.

<sup>27</sup> Niektórzy producenci obejm z przegubami dostarczają specjalne kuliste wkładki mimośrodowe, które umożliwiają pochylenie celownika o 10 lub 20 MOA. Takie rozwiązanie jest zdecydowanie najlepsze.

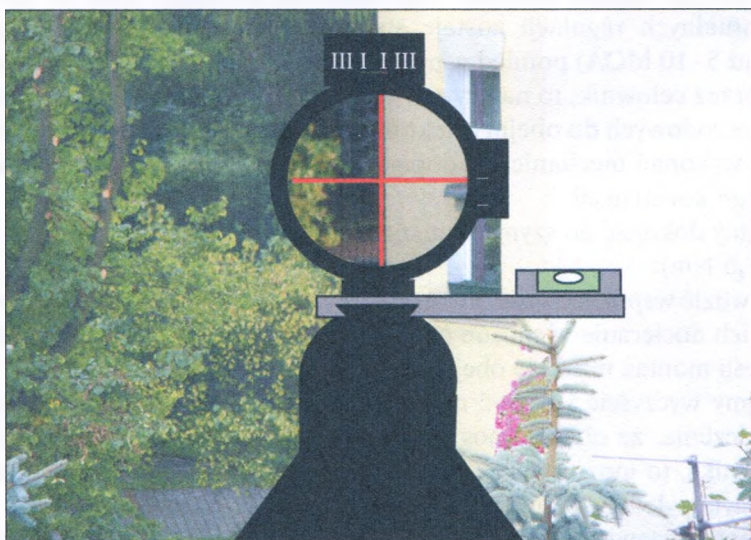
- Na szynie umieścić obejmę w takich miejscach, aby były rozstawione jak najszerzej i jednocześnie zapewniały ustawienie celownika w odpowiedniej odległości od oka. **UWAGA! Oprócz pierścieni mocujących celownik nie może dotykać karabinu w innych miejscach. Musi być zachowany prześwit pomiędzy tubusem celownika a lufą oraz komorą zamkową wynoszący przynajmniej 1,5 mm.**
- Obejmy lekko dokręcić do szyny i zdjąć ich pokrywy.
- Na dolne części obejmę założyć celownik z wycentrowaną siatką (jeśli jest stosowany montaż pochylony, to pokrętło pionowe należy ustawić w dół na kąt odpowiadający pochyleniu montażu) i lekko dokręcić górne pokrywy.
- Na lufę założyć *boresighter*<sup>28</sup> i sprawdzić, czy celownik jest w miarę dobrze skierowany. W przypadku braku *boresightera* można – patrząc przez przewód lufy – zgrubnie określić punkt, w który powinien być skierowany celownik (rys. 3.37). Korzystając z celowania przez otwór lufy trzeba pamiętać, że oko musi być ustawione dokładnie w osi lufy. Trzeba więc przemieszczając oko w górę i w dół oraz w prawo i w lewo, odnaleźć środek przewodu lufy. Łatwiej jest ustawić prawidłowo broń, jeśli zachowana jest odległość oka od komory naboju wynosząca ok. 30–50 cm. Jeśli montaż umożliwia przeprowadzenie regulacji ustawienia w kierunku poziomym, to należy dokonać odpowiedniej regulacji. Jeśli po dokonaniu ewentualnych regulacji zostaje stwierdzona duża odchyłka (powiedzmy ponad 5–10 MOA) pomiędzy punktem skierowania lufy a punktem celowania przez celownik, to należy rozważyć konieczność zastosowania wkładek mimośrodowych do obejm (niektóre obejmę umożliwiają ich zastosowanie) albo wykonać mechaniczne dopasowanie montażu w sposób odpowiedni do jego konstrukcji.
- Obejmy dokręcić do szyny momentem zalecanym przez producenta (zwykle ok. 7,5 Nm).
- Sprawdzić współosiowość otworów obejm i w razie konieczności przeprowadzić ich docieranie w sposób omówiony powyżej (ten krok nie jest wymagany, jeśli montaż ma dwie obejmę wyposażone we wkładki kuliste).
- Obejmy wyczyścić i ułożyć na nich celownik. Jeśli spodziewamy się z doświadczenia, że obejmę mogą mieć problem z pewnym ustaleniem pozycji celownika, to można pokryć powierzchnie ich styku z korpusem celownika drobnym pyłem z kałafonii, co znacznie zwiększa tarcie.
- Celownik ustawić w takiej pozycji, aby odpowiednie linie siatki celowniczej miały przebieg pionowy lub poziomy (górną powierzchnię szyny przez cały czas musi być wypoziomowana). Dużą pomocą w prawidłowym ustawieniu celownika może być zgranie pionowej belki siatki z krawędzią pionową ściany odległego o kilkaset metrów budynku (rys. 3.38).

<sup>28</sup> *Boresighter* to urządzenie laserowe lub kolimatorowe do zgrubnego ustawiania celownika optycznego.





Rys. 3.37. Celowanie przez lufę. Otwór wylotowy lufy powinien być widoczny centrycznie w stosunku do stożka przejściowego w komorze nabojej



Rys. 3.38. Regulacja położenia siatki celowniczej względem pionu i poziomu

- Śruby pokryw obejm mocujących dokręcić „krzyżowo” odpowiednim momentem (najczęściej ok. 1,7–2,3 Nm), kontrolując cały czas, czy nie nastąpiło skrócenie celownika i czy szczeliny w obejmach z obu stron są podobne.
- Za pomocą *boresightera* lub patrząc przez przewód lufy, ustawić wstępnie pokrętła celownika.

Po zakończeniu wstępnej regulacji celownika należy dokonać precyzyjnej regulacji wymagającej przystrzelania broni z użyciem amunicji, która będzie typową amunicją dla danego karabinu. Bardziej szczegółowe informacje o przystrzeliwaniu broni znajdują się w podrozdz. 7.1. Nawet najbardziej starannie zamontowany celownik, szczególnie jeśli jest fabrycznie nowy, wymaga pewnego okresu „układania” się na karabinie. Oznacza to, że po oddaniu kilku lub kilkunastu strzałów trzeba sprawdzić dokręcenie wszystkich śrub i wkrętów oraz położenie celownika.

**UWAGA!** Po dokręceniu śrub i wkrętów montażu celownika zawsze trzeba sprawdzić, czy nie nastąpiło przesunięcie zera!

Czasem zdarza się, że po oddaniu pierwszych strzałów strzelec odczuwa pewien dyskomfort polegający na kłopotach z szybkim i naturalnym uchwyceniem właściwego położenia oka względem okularu celownika. Może to być spowodowane zarówno niewłaściwą regulacją kolby karabinu, jak i nieprawidłową pozycją celownika. Stosunkowo najłatwiej jest stwierdzić, czy baka<sup>29</sup> kolby ma odpowiednią wysokość. Jeśli kość policzkowa pewnie oparta o bakę sytuuje oko naprzeciwko obiektywu celownika, dokładnie na wysokości jego osi, to baka ma prawidłową wysokość. Jeśli tak nie jest, to trzeba ją wyregulować. W nowoczesnych karabinach snajperskich służą do tego albo pokrętła regulacyjne, albo wyjmowane podkłady (rys. 3.39). W ostateczności bakę można opiłować lub nakleić na nią poduszeczkę pokrytą skórą.



Rys. 3.39. Regulacja baki kolby za pomocą śrub (z lewej) i podkładek (z prawej)

Trochę więcej problemów jest z regulacją odległości oka od obiektywu. Można jej bowiem dokonywać zarówno poprzez regulację długości kolby, jak i przesuwanie wzdłużne celownika. Jako regułę należy przyjąć, że w pierwszej kolejności dłu-

<sup>29</sup> Górna część kolby, o którą opiera się policzek strzelca.

gość kolby ustawiamy tak, aby broń była składna i aby było wygodnie ją trzymać. Następnie celownik przesuwamy do przodu lub do tyłu tak długo, aż znajdzie się w zalecanej odległości od źrenicy, co objawia się czystym, niezacienionym i wypełniającym cały obiektyw obrazem. Jeśli jednak montaż lunety nie umożliwia jej optymalnego ustawienia, bo obejmą opierają się na elementach regulacyjnych, to zbliżamy się do ideału tak bardzo jak jest to możliwe, a dalszej regulacji dokonujemy ponownie poprzez zmianę położenia stopki kolby. **Prawidłowe ułożenie oka względem celownika jest bowiem ważniejsze niż drobna niewygoda wynikająca z nieznacznie za długiej lub za krótkiej kolby!**

Oprócz mechanicznego zestrojenia celownika z bronią i strzelcem, konieczne jest również zestrojenie optyczne. Praktycznie wszystkie celowniki mają regulację okularu umożliwiającą dopasowanie celownika do ewentualnych drobnych wad wzroku strzelca. Zazwyczaj możliwa jest korekcja o  $\pm 3$  dioptrie, co ze znacznym zapasem pokrywa potrzeby nawet strzelców używających okularów<sup>30</sup>.

**UWAGA!** Regulacja znajdująca się w okularze służy jedynie do ostrego uchwycenia obrazu siatki celowniczej. Jeśli ostremu obrazowi siatki nie towarzyszy ostry obraz celu, to należy wyregulować paralaksę, lub gdy nie ma takiej możliwości – uznać, że celownik jest uszkodzony.

Jeśli celownik jest fabrycznie nowy, to jego okular powinien być ustawiony w pozycji odpowiadającej „idealnemu” wzrokowi. Przed dalszymi regulacjami warto jest zaznaczyć to położenie, nawet tymczasowo, bo w niektórych celownikach ułatwia to znacznie powrót do „rozsądnych” nastaw, w przypadku gdy regulacja się nie powiedzie (do takich celowników należą celowniki Nightforce mające wieloobrotową regulację i niemające żadnych własnych znaczników).

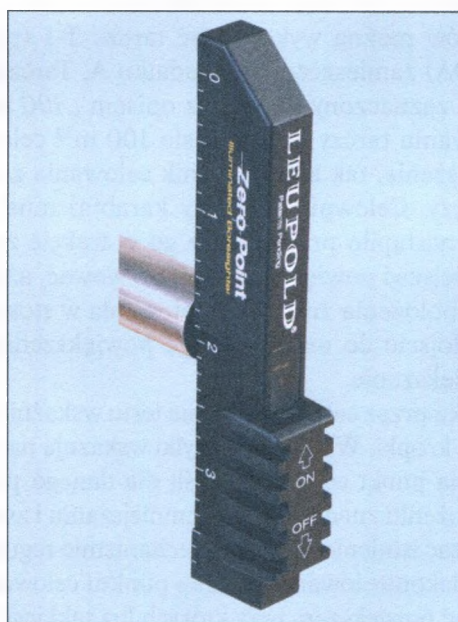
Regulację okularu przeprowadza się, patrząc przez celownik na pogodne niebo (**ale nie w słońce!**) i kręcąc odpowiednim pierścieniem na okularze (czasem jest on zabezpieczony przeciwnakrętką). Przy prawidłowym ustawieniu obraz siatki celowniczej musi być wyraźny i ostry. Cała siatka powinna mieć ten sam odcień. Podczas dokonywania regulacji nie należy wpatrywać się w siatkę i „na siłę” wyostriać wzrok. Po skierowaniu wzroku we właściwy punkt w obiektywie siatka celownicza powinna być natychmiast ostro widoczna. Regulację przeprowadza się tak długo, aż stan ten zostanie osiągnięty. W praktyce jest to zazwyczaj kilka prób polegających na kręceniu pierścienia w dwie strony z coraz mniejszą amplitudą.

<sup>30</sup> O ile oczywiście strzelec zamierza używać okularów podczas strzelania. Bez okularów, przy dużych wadach wzroku, zakres korekcji może okazać się niewystarczający. Z mojego doświadczenia wynika jednak, że lepiej jest strzelać w okularach niż je zdejmować i dokonywać korekcji za pomocą okularu celownika.

### 3.7. Testowanie celownika

#### 3.7.1. Określanie wpływu zmiany powiększenia na położenie wskaźnika celowania

Celowniki ze zmiennym powiększeniem mają stosunkowo skomplikowany mechanizm przesuwający zespoły soczewek podczas zmian powiększenia. W praktyce zawsze, nawet w najlepszych celownikach, przy przesuwaniu występują pewne luzy lub odchyłki od teoretycznego położenia. Oznacza to, że zmiana powiększenia może prowadzić do mniejszych lub większych odchyłek w położeniu wskaźnika celowania, szczególnie w celownikach, w których siatka jest umieszczona w drugiej płaszczyźnie ogniskowej. Oprócz tego, po ponownym ustawieniu powiększenia wyjściowego wskaźnik celowania również może nie wrócić na to samo miejsce. Jeśli odchyłki są mniejsze niż  $1/8$  MOA, to można je uznać za nieistotne dla snajpera, jeśli jednak są większe, to trzeba zdawać sobie sprawę z ich istnienia i stosować procedury minimalizujące ich wpływ.



Rys. 3.40. Bore-sighter kolimatorowy firmy Leupold mocowany magnetycznie do wylotu lufy

Testowanie wpływu powiększenia można w warunkach polowych przeprowadzić trzema metodami. Pierwsza metoda wymaga założenia na lufę przyrządu *bore-sighter*<sup>31</sup> (rys. 3.40). Niestety, za jej pomocą możliwe jest wykrycie jedynie bardzo

<sup>31</sup> *Bore-sighter* (nie znalazłem polskiej nazwy tego urządzenia) to urządzenie umożliwiające zgrubne ustawienie celownika w stosunku do osi przewodu lufy. *Bore-sightery* działają albo na podstawie kolimatora, albo lasera rzutującego punkt stanowiący przedłużenie osi lufy na tarczę.

dużych nieprawidłowości. Druga metoda wymaga zamontowania broni w sztywnym imadle i powieszenia specjalnej tarczy testowej na dystansie 100 m. Trzecia metoda polega na strzelaniu do tarczy umieszczonej w odległości 100 m. Wszystkie te metody mają swoje wady i zalety, a wybór którejś z nich zależy zazwyczaj od sytuacji.

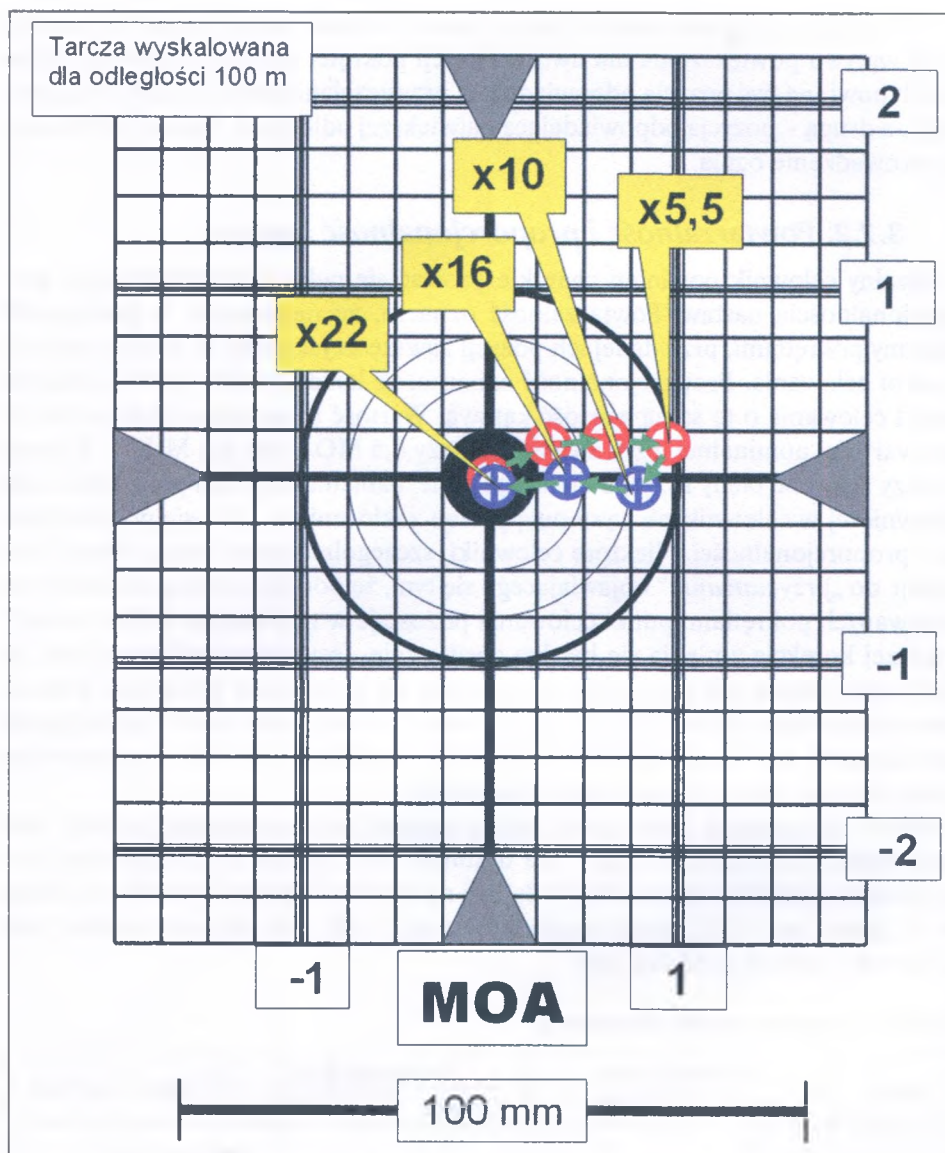
Pozornie może się wydawać, że zastosowanie *boresightera* jest metodą najlepszą. Niestety, dokładność tego przyrządu jest bardzo mała, bo zazwyczaj siatka, wg której następuje ustawianie celownika, ma podziałkę wynoszącą 4 MOA, podczas gdy prowadząc test, chcielibyśmy wykryć odchyłki ok. 20 razy mniejsze. Niezbyt wygodne jest również strzelanie, szczególnie z tego powodu, że na wynik testu wpływają predyspozycje strzelca oraz jakość broni i amunicji. Jeśli celownik jest zamontowany na karabinie dużego kalibru, to dodatkowym, bardzo istotnym czynnikiem może być również koszt zużytej amunicji i zużycie lufy. Najlepiej więc, gdy tylko jest to możliwe, korzystać ze stanowiska z imadłem. Dodatkową zaletą takiego rozwiązania jest możliwość wykonania testu celownika bez jego zakładania na karabin, a jedynie mocując go do przytwierdzonej gdzieś na stałe szyny Picatinny lub Weavera.

Do wykonania testów można wykorzystać tarcze T-1 (podziałki w MIL) lub T-1A (podziałki w MOA) zamieszczone w dodatku A. Tarcza musi być skopiowana w taki sposób, aby zaznaczony odcinek z opisem „100 mm” uzyskał długość 100 mm. Po zamocowaniu tarczy na dystansie 100 m<sup>32</sup> celownik należy ustawić na największe powiększenie, tak aby wskaźnik celowania został zgrany z czarną kropką w środku tarczy. Celownik (lub cały karabin) musi być na tyle pewnie zamocowany, aby nie nastąpiło przesunięcie go w trakcie zmiany powiększenia. Następnie należy zmniejszać powiększenie i obserwować, a w razie potrzeby również notować, zmiany położenia znacznika celowania w stosunku do siatki zaznaczonej na tarczy. Po dojściu do najmniejszego powiększenia w podobny sposób należy zwiększać powiększenie.

W idealnym celowniku przez cały czas trwania testu wskaźnik powinien znajdować się w środku centralnej kropki. Wszelkie odchyłki wskazują na to, że zmiany powiększenia będą wpływać na punkt celowania. Jeśli dla danego powiększenia wystąpią wyraźne różnice w położeniu znacznika przy zmniejszaniu i zwiększaniu powiększenia, to będzie to oznaczać istnienie luzów w mechanizmie regulacji i w konsekwencji będzie prowadzić do niekontrolowanych zmian punktu celowania. Przy eksploatacji celownika należy unikać powiększeń, przy których luz taki jest największy.

Na rysunku 3.41 są przedstawione wyniki przykładowego testu wpływu powiększenia. Wskazują one na to, że zmiana powiększenia z  $\times 22$  na  $\times 5,5$  powoduje przesunięcie znacznika celowania o ok. 1 MOA w prawo (czyli punkt trafienia przesunie się o ok. 1 MOA w lewo). Mechanizm zmiany powiększenia wykazuje luzy powodujące niepowtarzalność ustawienia wskaźnika do ok. 1/4 MOA, przy czym dla powiększenia  $\times 10$  luz ten jest większy niż dla innych powiększeń.

<sup>32</sup> Teoretycznie próbę można wykonać również na dystansie 50 m, zmniejszając tarczę dwukrotnie, ale przy pełnym powiększeniu nie wszystkie celowniki umożliwiają całkowite wyeliminowanie paralaksy na takiej odległości.



Rys. 3.41. Wyniki testu wpływu powiększenia na położenie wskaźnika celowania. Czerwone symbole wskazują na położenie znacznika przy zmniejszaniu powiększenia, a niebieskie – przy zwiększaniu. Opis w żółtych ramkach określa powiększenie

Podobny test można wykonać, strzelając do kilku tarcz T-1 (lub T-1A) z odległości 100 m przy różnych powiększeniach. Tak jak poprzednio, najpierw należy zmniejszać powiększenie, a potem je zwiększać. Strzały muszą być oddawane bardzo dokładnie, a do każdej tarczy należy oddać przynajmniej 5 strzałów przy danym powiększeniu.

Do pełnego przeprowadzenia diagnostyki celownika korzystne jest wykonanie testu wpływu powiększenia dla dwóch pozycji pokręteł regulacji pionowej. Jedną z nich powinna być pozycja odpowiadająca przystrzelaniu broni (nazywana „zerową”), a drugą – pozycja odpowiadająca największej odległości, z jakiej przewiduje się prowadzenie ognia.

### 3.7.2. Powtarzalność i proporcjonalność nastaw

Idealny celownik powinien charakteryzować się pełną powtarzalnością i proporcjonalnością nastaw. Powtarzalność oznacza, że niezależnie, w jaki sposób kręcimy pokrętłami, przy danej ich pozycji zawsze uzyskujemy to samo położenie punktu celowania. Proporcjonalność oznacza, że każdy kolejny „klik” przesuwają punkt celowania o tę samą wartość kątową. Wartość ta powinna także odpowiadać wartości nominalnej (czyli zwykle 0,25 czy 0,5 MOA albo 0,1 MIL<sup>33</sup>). Z uwagi na luzy i drobne błędy kształtu elementów mechanizmu regulacji położenia siatki celowniczej w celownikach występują pewne zakłócenia w zakresie powtarzalności i proporcjonalności. Niektóre celowniki, szczególnie nowe, mają również tendencję do „przymarzania” objawiającego się tym, że pomimo drobnych korekt wykonywanych pokrętłami punkt celowania pozostaje w tym samym miejscu, a przy większej korekcie zmienia się bardzo gwałtownie. Jest to spowodowane tym, że gęsty smar stawia tak duży opór, że sprężyny nie są w stanie przesunąć elementów mechanizmu i elementy te nie zachowują kontaktu ze śrubami regulacyjnymi powiązanych z pokrętłami. Ma to miejsce przy wykręcaniu śrub, co zazwyczaj następuje przy zwiększaniu nastaw pionowych.

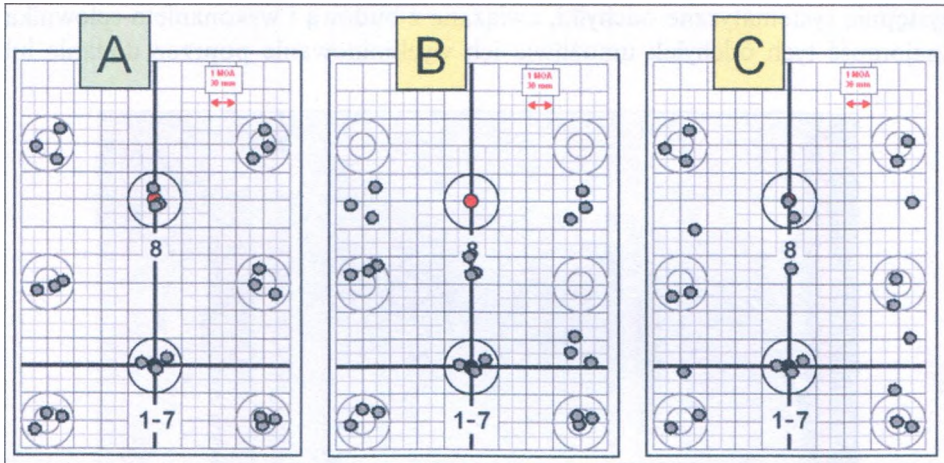
Przed wykonaniem testu, który można nazwać *testem okienkowym* (ang. *box test*), należy przystrzelać karabin na dystansie 100 m. Do wykonania testu jest przydatna specjalna tarcza. Może nią być np. tarcza T-2 zamieszczona w dodatku A (patrz rys. A.3), którą trzeba powiększyć tak, aby odcinek opisany jako „100 mm” miał długość 100 mm.

Tabela 3.5. Nastawy do testu okienkowego

Seria	Nastawa pionowa		Nastawa pozioma		Punkt celowania
	MOA	MIL	MOA	MIL	
1	0	0	0	0	1-7
2	2 G	0,6 G	4 L	1,2 L	1-7
3	3 D	0,9 D	4 L	1,2 L	1-7
4	8 D	2,4 D	4 L	1,2 L	1-7
5	8 D	2,4 D	4 P	1,2 P	1-7
6	3 D	0,9 D	4 P	1,2 P	1-7
7	2 G	0,6 G	4 P	1,2 P	1-7
8	0	0	0	0	8

<sup>33</sup> W niektórych celownikach 0,1 MIL jest oznaczany jako 1 cm na odległości 100 m. Oba oznaczenia są tożsame.

Test składa się z 8 serii po 3 strzały. Podczas pierwszych 7 serii punktem celowania jest czarne kółko oznaczone „1-7”. Ostatnią, ósmą serię oddaje się, celując do kółka czerwonego oznaczonego „8”. W tabeli 3.5 są przedstawione nastawy celownika, jakie powinny być ustawione podczas strzelania w każdej z serii. W tabeli podano zarówno wartości dla celowników z pokrętłami wyskalowanymi w MOA, jak i MIL. Nastawy podane w tabeli należy uzyskiwać pojedynczym ruchem pokręteł (nie wolno przekręcać pokręteł zbyt daleko, a potem wracać).



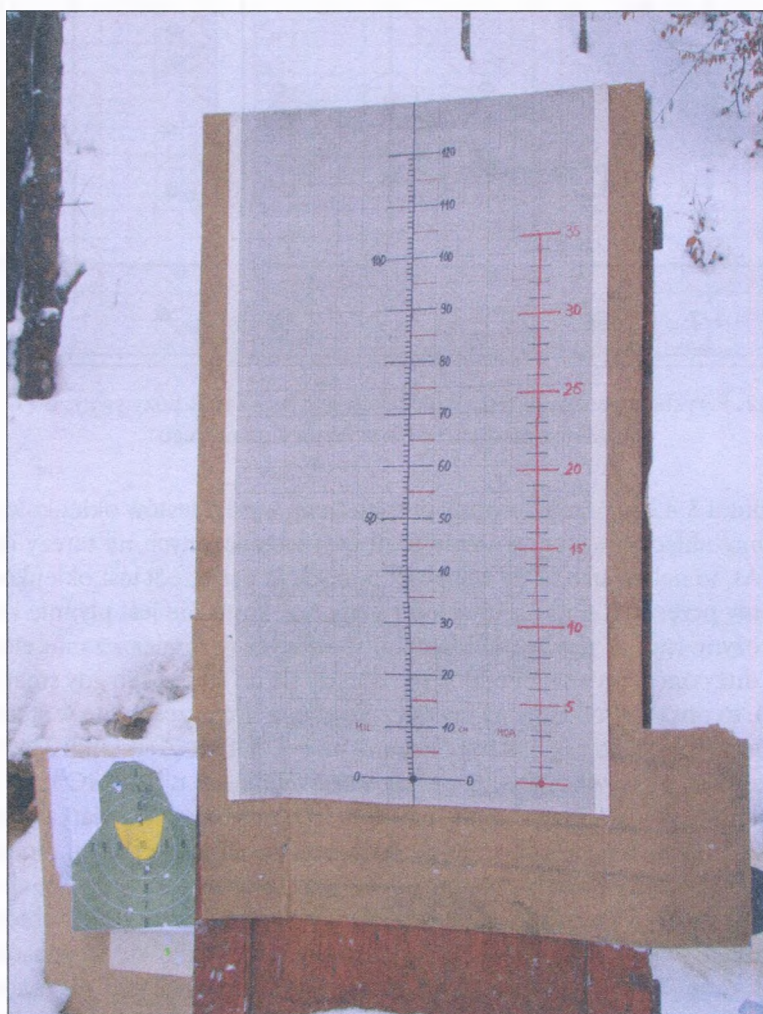
Rys. 3.42. Przykładowe wyniki testów okienkowych: A - wynik pozytywny; B i C - problemy z mechanizmem przesuwu pionowego

Na rysunku 3.42 są przedstawione przykładowe wyniki testów okienkowych. Jeśli przestrzeliny układają się centrycznie w polach zaznaczonych na tarczy okręgami (rys. 3.42A), to należy uznać, że celownik pomyślnie przeszedł test okienkowy. Gdy mechanizmy przesuwu siatki celowniczej mają luz, który nie jest płynnie kasowany przez sprężyny (np. w nowym celowniku, w którym przemieszczanie elementów napotyka duży opór, bo powierzchnie nie dotarły się do siebie, lub gdy smar jest bardzo gęsty), to poszczególne grupy przestrzelin mogą być przesunięte w stosunku do znaczników na przykład tak, jak to pokazano na rys. 3.42B. Z rysunku 3.42 wynika, że w przesuwie pionowym występuje luz odpowiadający ok. 2 MOA. W wyniku występowania tego luzu i oporów w mechanizmie regulacyjnym siatka celownicza „przywarza” i przy niewielkiej zmianie ustawienia pokrętła regulacji pionowej nie zmienia swojego położenia. Na rysunku 3.42C widać podobną sytuację, ale mechanizm jest luźniejszy i pierwszy strzał oddany po regulacji powoduje odblokowanie mechanizmu i wykasowanie luzu. Jeśli celownik zachowuje się w sposób przedstawiony na rys. 3.42B i C, to jego w miarę poprawne działanie można uzyskać, dochodząc do wymaganych nastaw zawsze poprzez wkręcanie śrub regulacyjnych. Oznacza to, że powiększając poprawkę pionową, najpierw trzeba powiększyć ją nadmiernie, a potem „zjechać” w dół. W przypadku z rys. 3.42C, jeśli winę za „przy-



marzanie” ponosi sprężyna, mogą być problemy z samoczynnymi zmianami położenia siatki celowniczej. Oczywiście problemy mogą dotyczyć również mechanizmu przesuwu poziomego albo obu przesuwów jednocześnie.

Kolejnym testem bardzo przydatnym dla strzelców, którzy muszą strzelać na dużą odległość bez możliwości oddania strzałów próbnych (a taka jest specyfika strzelania snajperskiego), jest sprawdzenie proporcjonalności pokręteł regulacyjnych. Teoretycznie każdy „klik” powinien przesuwać siatkę celowniczą o tę samą odległość kątową. W praktyce jednak, szczególnie przy dużych nastawach, występują systematyczne odchyłki, związane z budową i wykonaniem celownika. Znajomość tych odchyłek umożliwia ich wyeliminowanie poprzez dodanie lub

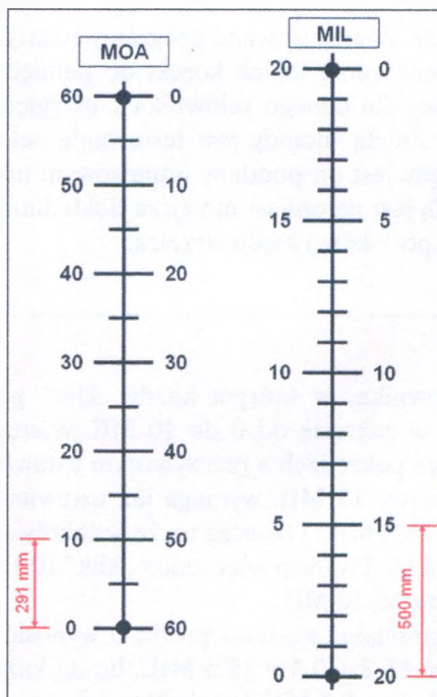


Rys. 3.43. Tarcza do testowania celownika ustawiona w odległości 100 m od stanowiska strzeleckiego

odjęcie kilku klików w stosunku do ich ilości obliczonej dla podziałki nominalnej. Z uwagi na to, że zdecydowanie ważniejsza jest proporcjonalność przesuwu pionowego, można nie wykonywać tego testu dla przesuwu poziomego. Test jest szczególnie potrzebny, jeśli celownik jest zamocowany do montażu pochylego, bo w takiej sytuacji przystrzelanie broni na dystansie 100 lub 300 m odbywa się przy nastawach zbliżonych do krańca regulacji, a tam odchyłki bywają największe.

Test można wykonać dwoma metodami. Pierwsza polega na tym, że celując zawsze w ten sam punkt, oddajemy strzały przy różnych nastawach celownika. Odstępy między średnimi punktami trafienia poszczególnych serii strzałów porównujemy następnie ze zmianami w nastawach. Druga metoda nie wymaga oddawania strzałów. Celownik, lub cały karabin, ustawiamy w imadle, celujemy w punkt referencyjny i sprawdzamy, czy punkt celowania będzie przemieszczać się zgodnie ze zmianami nastaw celownika.

Tarczę do sprawdzania proporcjonalności i skalowania pokręteł trzeba wykonać samodzielnie, gdyż musi mieć ona stosunkowo duże wymiary. Przykładowa tarcza jest przedstawiona na rys. 3.43. Jeśli zakres regulacji pionowej celownika od położenia „zero” do górnego krańca wynosi 60 MOA (ok. 20 MIL), to wysokość tarczy powinna być większa niż 2,0 m. Oczywiście można użyć mniejszej tarczy i okresowo przenosić punkt celowania, ale jest to metoda mniej dokładna. Tarczę należy wykonać z tektury lub papieru wg wymiarów podanych na rys. 3.44. Przez środek tarczy należy narysować linię pionową, a następnie



Rys. 3.44. Tarcza do testowania proporcjonalności nastaw celownika

podziałkę w postaci krótkich poziomych linii rozmieszczonych co 145 mm (odpowiada to kątowni 5 MOA) lub co 100 mm (odpowiada to kątowni 1 MIL). Linie należy rysować bardzo dokładnie, gdyż na ich podstawie będziemy oceniać jakość celownika. Tarcza powinna być zawieszona w odległości wynoszącej dokładnie 100 m. Tarcza przedstawiona na rys. 3.44 ma charakter uniwersalny – nadaje się zarówno do testowania celowników z pokrętłami wyskalowanymi w minutach kątownych, jak i w tysięcznych. Może być wykorzystana albo do strzelania (podziałki z lewej strony odpowiedniej linii pionowej i celowanie w dolną kropkę), albo do badania celownika nieruchomo zamocowanego w imadle (podziałki z prawej strony i rozpoczęcie testu od kropki górnej).

Wykonanie testu ze strzelaniem polega na ustawieniu celownika do strzelania na 100 m, wycelowaniu w dolną kropkę i oddaniu strzału, który powinien trafić w tę kropkę. Następnie należy oddać serie po trzy strzały, zwiększając nastawy pionowe o 5 MOA lub 1 MIL, w zależności od celownika. Średnie punkty trafienia kolejnych serii powinny układać się na przecięciach pionowej linii z poziomymi liniami podziałki. Jeśli w uprzednio wykonanym teście okienkowym (patrz powyżej) celownik miał tendencję do „przymarzania”, to zmieniając nastawy, należy zastosować opisaną procedurę minimalizującą to zjawisko (schodzenie do zadanej nastawy „z góry”).

Jeśli test wskazuje, że przestrzeliny są przesunięte w stosunku do zaznaczonej podziałki, to na podstawie pomiarów punktów trafienia można przygotować tabelkę z informacjami, jakie jest rzeczywiste ustawienie celownika przy konkretnych nastawach na pokrętłach. Zaawansowane programy balistyczne, jak na przykład *FFS*, umożliwiają wprowadzenie takich korekt do pamięci i automatycznie podają prawidłowe nastawy dla danego celownika z uwzględnieniem odchyłek od wartości nominalnych. Zaletą metody jest testowanie celownika w warunkach typowych, tzn. wtedy, gdy jest on poddany impulsowemu uderzeniom związanym z odrzutem broni. Wadą jest natomiast mniejsza dokładność badania wynikająca z naturalnego rozrzutu pocisków i błędu strzelca.

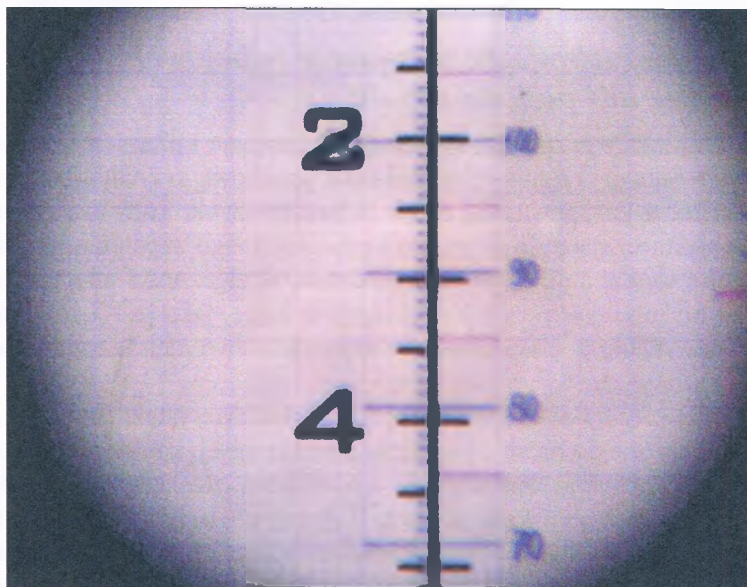
### PRZYKŁAD

Załóżmy, że test celownika, w którym każdy „klik” powinien odpowiadać 0,1 MIL, wykazał, że w zakresie od 0 do 10 MIL występuje pełna zgodność pomiędzy nastawami na pokrętłach a rzeczywistym ustawieniem celownika, natomiast uzyskanie nastawy 15 MIL wymaga już ustawienia pokrętła regulacji pionowej w położeniu 15,5 MIL. Oznacza to, że w zakresie 10–15 MIL pokrętło „gubi” 0,5 MIL. Średni błąd wynosi więc jeden „klik” (0,1 MIL) na każdą kolejną tysięczną, począwszy od 10 MIL.

Jeśli więc podczas strzelania nastawa powinna wynosić 13,2 MIL, to na pokrętłach trzeba ustawić  $13,2 + 0,3 = 13,5$  MIL (bo do każdej tysięcznej pomiędzy 10 a 13 trzeba dodać po 0,1 MIL korekcji).

Wykonanie testu z wykorzystaniem imadła polega na takim zamocowaniu karabinu lub celownika, aby przy nastawach do strzelania na 100 m celownik był wyceLOWANY w górną kropkę na tarczy. Następnie należy powiększać nastawy pionowe o 5 MOA lub 1 MIL i obserwować, czy znacznik celowania na siatce celowniczej przesunął się na odpowiednią linię poziomą. Jeśli to nie nastąpiło, to trzeba zwiększyć lub zmniejszyć nastawy na celowniku i zanotować, przy jakich nastawach znacznik pokrył się z odpowiednią linią podziałki.

Pozornie mogło by się wydawać, że używając celownika bardzo renomowanej firmy, gwarantujemy jakość niewymagającą samodzielnego weryfikowania. Niestety, nie jest to takie proste. Osobiście przekonałem się o tym, gdy po roku użytkowania sprawdziłem celownik „z najwyższej półki”. W czasie sprawdzania okazało się, że celownik, w którym „klik” nominalnie powinien przesunąć punkt celowania o 0,1 MIL, w rzeczywistości przesunął go aż o 0,107 MIL. Ta pozornie niewielka różnica powodowała jednak na dystansie 1200 m błąd wynoszący ponad 1 m. Dzięki sprawdzeniu celownika zostały wyjaśnione rozbieżności pomiędzy rzeczywistymi a obliczonymi nastawami, jakie pojawiały się przy strzelaniu na dużą odległość i które przez rok były kompensowane przez manipulowanie wartością współczynnika balistycznego. Przy okazji wyszło na jaw, że również znaczniki na siatce (MIL-DOT) nie były rozmieszczone co 1 MIL, a co ok. 1,1 MIL (rys. 3.45). Na szczęście dobre programy balistyczne umożliwiają kompensację takich błędów, a celownik pod każdym innym względem był doskonały, warto więc było tymczasowo zaakceptować tę wadę, tym bardziej że producent zaoferował natychmiastową naprawę.



Rys. 3.45. Rozbieżność pomiędzy podziałką na tarczy a podziałką na siatce celowniczej, która nominalnie powinna wynosić 1 MIL

## 4. Balistyka wewnętrzna

Balistyka wewnętrzna to nauka zajmująca się zjawiskami zachodzącymi w przewodzie lufy od chwili zainicjowania strzału aż do chwili, gdy pocisk opuści lufę. Trzeba zdawać sobie sprawę z tego, że jakkolwiek wszystkie zjawiska związane ze strzałem zachodzą bardzo szybko, to jednak pomiędzy momentem zwolnienia przez urządzenie spustowe kurka lub bijnika a wylotem pocisku z lufy w typowym karabinie upływa kilka milisekund<sup>34</sup>. Wszelkie zmiany położenia broni, jakie wystąpią w tym czasie, będą miały wpływ na tor lotu pocisku.

Strzelec podejmując decyzję o oddaniu strzału, naciska na język spustowy i powoduje aktywowanie mechanizmu uderzającego, który w zależności od konstrukcji broni opiera się albo na obrotowym kurku, albo na bijniku wykonującym ruch posuwisty. Ponieważ w przyrodzie żadne zjawisko nie zachodzi „natychmiast”, więc pomiędzy aktywowaniem mechanizmu uderzeniowego a uderzeniem iglicy o spłonkę upływa pewien czas. W literaturze anglojęzycznej czas ten nazywa się *lock time* – zależy on od szczegółów konstrukcyjnych mechanizmów, a w szczególności od masy poszczególnych elementów i siły sprężyn. Na przykład w karabinach Remington M700 ze standardową masą iglicy i standardową siłą sprężyny wynosi on 2,5 ms [19], a po zastosowaniu silniejszej sprężyny i iglicy wykonanej z tytanu zmniejsza się do ok. 1,6 ms. Oryginalne karabiny Mauser wz. 98 charakteryzowały się jeszcze dłuższym czasem reakcji mechanizmu uderzeniowego, który wynosił aż 4–5 ms. Sportowe karabiny Anschütz 2000 mają natomiast bardzo krótki czas reakcji, wynoszący jedynie ok. 1,5 ms.

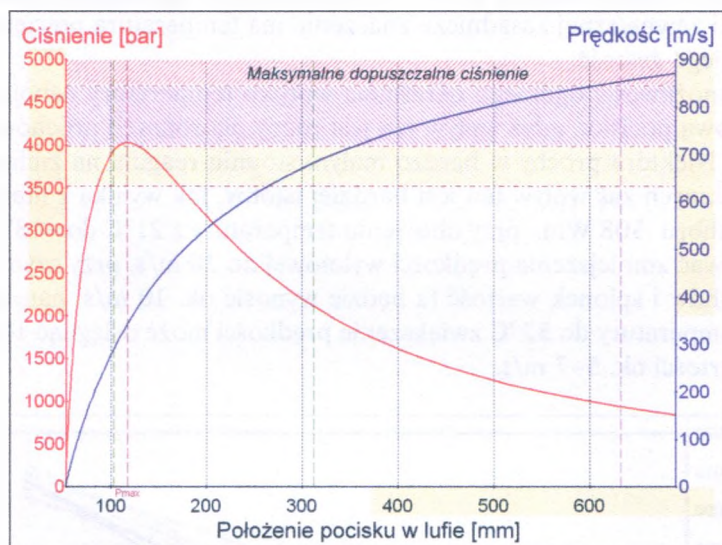
### 4.1. Zjawiska zachodzące w komorze nabojeowej i przewodzie lufy podczas strzału

Po uderzeniu iglicy w spłonkę następuje jej inicjacja i płomień przedostaje się poprzez otwór (otwory) ogniowy do ładunku prochowego znajdującego się w łusce. Bardzo istotne jest, aby następowało to bardzo szybko i aby intensywność płomienia była wystarczająca do pewnego i powtarzalnego zapalenia ładunku. Rozpalenie prochu wymaga upływu pewnego czasu. W zależności od charakterystyki prochu oraz od tego, jak proch jest ułożony w łusce, jaka jest jego temperatura i jak duży opór stawia pocisk, następuje szybsze lub wolniejsze narastanie ciśnienia gazów prochowych.

Poszczególne prochy strzelnicze mają różne charakterystyki prędkości palenia. Prochy przeznaczone do broni o krótkich lufach i małych kalibrach palą się znacznie szybciej niż prochy przeznaczone do amunicji stosowanej w broni o długich lufach i dużych, ciężkich pociskach. Dobrze dobrany proch powinien niemal w pełni wypełniać dostępną dla niego objętość łuski, dzięki czemu nabój nie będzie czuł na kierunek swojego ustawienia. Jeśli bowiem łuska jest wypełniona tylko częściowo

<sup>34</sup> Milisekunda [ms] to jedna tysięczna część sekundy.

wo, to proces palenia prochu będzie inaczej przebiegał w zależności od tego, czy w chwili strzału proch był zgromadzony w tylnej, czy przedniej części łuski. W broni długolufowej najlepiej sprawdzają się prochy o progresywnej charakterystyce intensywności palenia, to znaczy takie, w których intensywność palenia zwiększa się wraz z czasem palenia (przynajmniej do pewnego momentu). Prochy te lepiej przekazują energię pociskowi i obniżają ciśnienie maksymalne występujące w początkowej fazie ruchu pocisku.



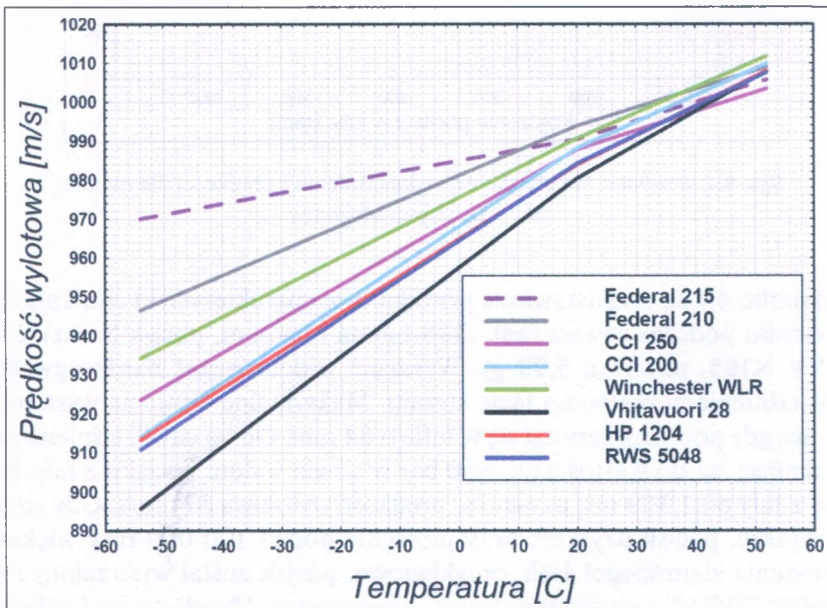
Rys. 4.1. Przykładowa charakterystyka ciśnienia i prędkości dla naboju kal. .338 Lapua Magnum

Na rysunku 4.1 są przedstawione przykładowe charakterystyki ciśnienia i prędkości pocisku podczas strzału (kal. .338 Lapua Magnum, pocisk Scenar 250 gr, proch VV N165, naważka 5,99 g). Wyraźnie widoczny jest bardzo gwałtowny przyrost ciśnienia w pierwszej fazie strzału. Maksymalne ciśnienie występuje po ok. 0,6 ms, gdy pocisk przesunął się w lufie o 64 mm. Od tej chwili ciśnienie zaczyna się obniżać, aż do wartości ok. 860 bar w chwili wylotu pocisku z lufy. Pocisk wylatuje z lufy po 1,359 ms, uzyskując prędkość wylotową 874 m/s. Gdy ciśnienie jest najwyższe, pocisk uzyskuje przyspieszenie ponad 100 000 razy większe od przyspieszenia ziemskiego! Jeśli, przykładowo, pocisk został wystrzelony z karabinu SAKO TRG42 o skoku gwintu lufy wynoszącym 12 cali, to w chwili wylotu z lufy prędkość obrotowa pocisku będzie wynosić 172 000 obr/min. Prędkość tę można obrazowo porównać z maksymalną prędkością obrotową typowego silnika samochodowego, która zazwyczaj wynosi 4500–7000 obr/min.

#### 4.2. Wpływ temperatury na zjawisko strzału

W zakresie balistyki wewnętrznej wpływ temperatury naboju<sup>35</sup> objawia się zmianami prędkości wylotowej i czasu lotu w przewodzie lufy. Zmiana prędkości wylotowej wpływa następnie na trajektorię lotu pocisku, co jest już jednak przedmiotem zainteresowania balistyki zewnętrznej. Czas lotu w przewodzie lufy może mieć również wpływ na przesunięcie punktu trafienia związane z drganiami lufy. Dla balistyki wewnętrznej znaczenie ma jedynie temperatura naboju bezpośrednio przed zainicjowaniem strzału i temperatura przewodu lufy, podczas gdy dla balistyki zewnętrznej zasadnicze znaczenie ma temperatura powietrza, która wpływa na jego gęstość.

Nie ma możliwości ogólnego określenia wpływu temperatury naboju na prędkość wylotową pocisku, gdyż wpływ ten jest różny dla różnych prochów, spłonek i kalibrów. Niektóre prochy w bardzo małym stopniu reagują na zmiany temperatury, dla innych zaś wpływ ten jest bardziej istotny. Jak wynika z literatury, dla naboju kalibru .308 Win., przy obniżeniu temperatury z 21°C do -18°C, można się spodziewać zmniejszenia prędkości wylotowej do 20 m/s, przy czym dla większości prochów i spłonek wartość ta będzie wynosić ok. 10 m/s, natomiast przy wzroście temperatury do 52°C zwiększenie prędkości może osiągnąć 14 m/s przy typowej wartości ok. 5-7 m/s.

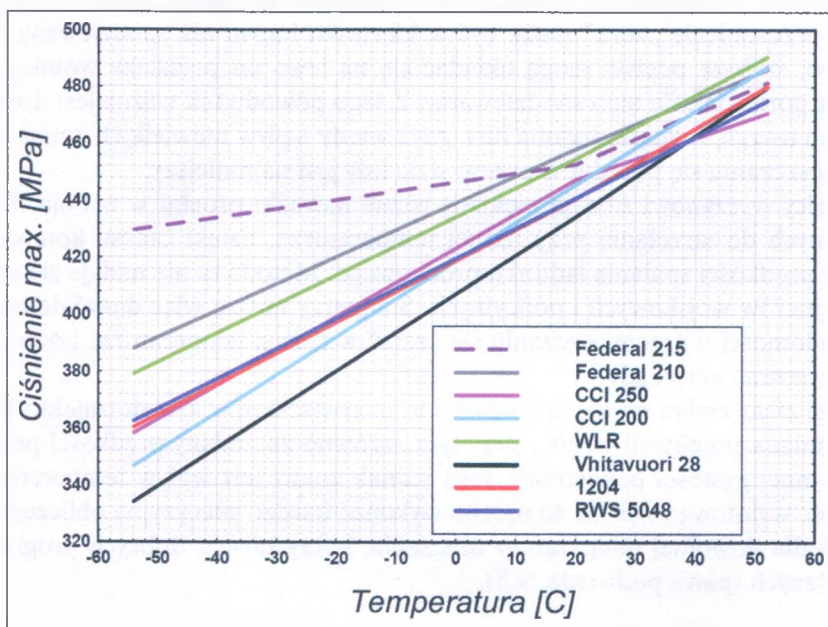


Rys. 4.2. Wpływ spłonki na prędkość wylotową w amunicji testowej kal. 300 Winchester Magnum [dane udostępnił Pan Sven-Eric Johansson, Nordic Ballistics, Szwecja]

<sup>35</sup> Dla szybkości palenia się prochu ważna jest szczególnie temperatura ładunku prochowego, spłonki i łuski.

Wpływ zmiany prędkości wylotowej nie jest specjalnie istotny przy strzelaniu na małą odległość, ale przy dużej odległości musi już być brany pod uwagę. Przykładowo, dla typowego pocisku Lapua kal. .308 Win., 185 gr, Silver Jacket zmiana prędkości wylotowej o 10 m/s na dystansie 800 m powoduje przesunięcie punktu trafienia o ok. 22 cm.

Jak wynika z badań prowadzonych w Szwecji, bardzo duże znaczenie dla wpływu temperatury na prędkość wylotową pocisku i maksymalne ciśnienie gazów prochowych ma spłonka. Badania przeprowadzone były dla amunicji kalibru .300 Winchester Magnum elaborowanej pociskami Norma Vulcan 180 gr i prochem RP15; wyniki są przedstawione na rys. 4.2 i 4.3.



Rys. 4.3. Wpływ spłonki na maksymalne ciśnienie gazów prochowych w amunicji testowej kal. 300 Winchester Magnum [dane udostępnił Pan Sven-Eric Johansson, Nordic Ballistics, Szwecja]

Jak wynika z rysunków, zdecydowanie najmniejszy wpływ temperatury na prędkość wylotową pocisku i na ciśnienie maksymalne uzyskano przy zastosowaniu spłonki Federal 215. Wpływ ten był przy tym bardzo równomierny w całym zakresie mierzonej temperatury, od  $-54$  do  $+52^{\circ}\text{C}$ , i wynosił ok.  $0,3$  m/s na każdy stopień zmiany temperatury. Dla porównania, dla spłonek Vhitavuori 28 w tym samym zakresie wpływ był ponad 3 razy większy i wynosił średnio ponad 1 m/s na stopień Celsjusza, przy tym w zakresie niskich temperatur przekraczał nawet  $1,14$  m/s na stopień Celsjusza.

Zgodnie z informacjami, jakie posiadam, firma Lapua elaboruje swoją amunicję kal. .338 Lapua Magnum takim samym prochem i takimi samymi spłonkami, jakie



były użyte w omówionym teście. Można więc przyjąć, że przynajmniej dla tej amunicji wpływ temperatury również jest podobny. Ponieważ podobny współczynnik ( $0,3 \text{ m/s}^\circ\text{C}$ ) jest domyślnie proponowany przez bardzo dobry program balistyczny *FFS Delta III* firmy *Lex Talus Corporation*, można przyjąć, że przy braku innych danych wartość ta dobrze opisuje wpływ temperatury na prędkość wylotową pocisku.

Zmienność prędkości spowodowana zmianami temperatury ma stosunkowo skomplikowany wpływ na tor lotu pocisku. Po pierwsze, w wyniku zmian profilu prędkości przemieszczania się pocisku w lufie pocisk opuszcza lufę po innym czasie, czyli w innej fazie drgań lufy (patrz podrozdz. 4.3). Stosunkowo mała różnica tego czasu może prowadzić do wylotu pocisku w innym kierunku niż miało to miejsce przy przystrzeleniu broni. Zmienia się więc położenie „zera”<sup>36</sup>. Paradoksalnie, przesunięcie „zera” może być w kierunku innym niż spodziewany. Przykładowo, szybsze pociski mogą układać się na lewo od pocisków wolniejszych, a nie na górze, jak się tego spodziewamy. Z tego powodu tak ważne jest dobranie amunicji uwzględniające drgania lufy, gdyż wtedy wpływ niewielkich zmian czasu przemieszczania się pocisku w przewodzie lufy jest najmniejszy.

Strzelcy wyczynowi stosują niekiedy różne naważki prochu w nabojach przeznaczonych do strzelania przy różnej temperaturze, dzięki czemu kompensują zmiany prędkości spalania ładunku prochowego. Metoda ta nie nadaje się jednak dla snajperów wojskowych i policyjnych. Snajperzy muszą więc dążyć do uzyskania wiadomości o przemieszczaniu się „zera” w różnej temperaturze i odpowiednio korygować przyrządy.

Drugi efekt zmian prędkości pocisku to oczywiście inny kształt trajektorii jego lotu. Zmiana trajektorii wynika przy tym zarówno ze zmiany prędkości pocisku, jak i z innej gęstości powietrza<sup>37</sup>. Jeśli jednak znany jest wpływ temperatury na prędkość wylotową pocisku, to można wykonać bardzo precyzyjne obliczenia poprawek dla dowolnej temperatury otoczenia, korzystając z dobrych programów balistycznych (patrz podrozdz. 5.5).

### 4.3. Drgania lufy, odrzut i podrzut broni

W trakcie oddawania strzału na karabin oddziałują bardzo duże siły związane z gwałtownym wzrostem ciśnienia w komorze nabojeowej oraz z ruchem pocisku w lufie. Powodują one trzy typy oddziaływań mających wpływ na celność strzału, które są szczegółowo omówione w [2].

Pierwszym zjawiskiem jest **odrzut**. Siła gazów prochowych, która wypycha pocisk z lufy poprzez denko łuski oddziałuje również na zamek, powodując jego ruch oraz wszystkich elementów z nim związanych w kierunku przeciwnym do kierunku lotu pocisku. Zgodnie z zasadą zachowania pędu<sup>38</sup> pęd broni równa się pędowi

<sup>36</sup> „Zero” to średni punkt trafienia na dystansie, na którym broń jest przystrzelana.

<sup>37</sup> Gęstość powietrza (masa właściwa) maleje wraz ze wzrostem temperatury, co zmniejsza opór aerodynamiczny.

<sup>38</sup> Pęd jest iloczynem masy i prędkości.

pocisku i gazów prochowych, co w przypadku broni swobodnie zawieszonej (tzn. niepodpartej w kierunku wzdłużnym) nadaje jej prędkość  $V$  daną wzorem

$$MV = m_p v_p + m_l v_l \approx (m_p + 0,5m_l)v_p$$

czyli

$$V \approx \frac{(m_p + 0,5m_l)v_p}{M}$$

gdzie:  $M$  – masa broni (a dokładniej masa powiązana z zamkiem) [kg],  $m_p$  – masa pocisku [kg],  $m_l$  – masa ładunku prochowego [kg],  $V$  – prędkość odrzutu broni (a dokładniej masy powiązanej z zamkiem) [m/s],  $v_p$  – prędkość pocisku [m/s],  $v_l$  – średnia prędkość ładunku (gazów prochowych) [m/s].

Interpretacja wzoru jest następująca: im większa jest masa pocisku i ładunku miotającego oraz im większa jest prędkość wylotowa, tym większa jest prędkość odrzutu swobodnego broni, natomiast zwiększenie masy broni zmniejsza tę prędkość.

Zjawisko odrzutu broni wpływa niekorzystnie na celność, gdyż broń wykonuje ruch w czasie, w którym pocisk jest jeszcze w lufie. Ruch ten, z uwagi na specyfikę podparcia broni, w warunkach rzeczywistych wytrąca ją z pozycji, którą zajmowała w chwili naciśnięcia języka spustowego i może spowodować odchyłkę lotu pocisku. Dodatkowo, jeśli odrzut broni jest duży, to strzelec przewidując wystąpienie odrzutu w chwili zainicjowania strzału, podświadomie napina mięśnie, destabilizując broń w najbardziej krytycznym momencie.

Broń o dużym odrzucie powinna być wyposażona w efektywnie działający hamulec wylotowy. Przykład hamulca jest przedstawiony na rys. 4.4. Trzeba jednak pamiętać, że hamulec zaczyna swoje działanie w ostatniej fazie przebywania pocisku w lufie, praktycznie wtedy, gdy pocisk już lufę opuszcza i gdy zanika odrzut. Dzięki skierowaniu części gazów prochowych w bok (ewentualnie również ku górze i ku dołowi) zostaje ograniczony wpływ pędu gazów, a w niektórych rozwiązaniach występuje nawet „ciąg wsteczny”, jeśli gazy są kierowane w pewnym stopniu ku tyłowi. Gazy prochowe uderzając w przegrody hamulca, również wywierają siłę skierowaną ku wylotowi lufy, która częściowo niweluje siłę odrzutu. Dzięki hamulcowi zmniejsza się więc energia, którą musi pochłonąć ciało strzelca, ale nie zmniejsza się impuls występujący w początkowej fazie strzału. Impuls ten powinien zostać przejęty przez specjalnie dostosowany trzewik kolby. Trzewik powinien charakteryzować się odpowiednią elastycznością i powodować rozkład nacisku na możliwie dużą powierzchnię barku strzelca.

Przy zastosowaniu prawidłowego trzewika i hamulca wylotowego proces odrzutu jest następujący. W pierwszej fazie, gdy pocisk przemieszcza się w przewodzie lufy i broń gwałtownie cofa się (trwa to ok. 0,0015 s), trzewik i ciało strzelca ulegają ściśnięciu, łagodząc odczucie zjawiska odrzutu. W chwili wylotu pocisku z lufy następuje uderzenie gazów prochowych w elementy hamulca wylotowego,



Rys. 4.4. Hamulec wylotowy na lufie karabinu Sako TRG 42

w wyniku czego na lufę działa siła skierowana ku przodowi. Siła ta pomaga wyhamować ruch karabinu ku tyłowi, zmniejszając energię, jaką strzelec przejmuje od karabinu.

Hamulec wylotowy powoduje, że po pierwszym, bardzo gwałtownym przyspieszeniu ku tyłowi, które trwa typowo ok. 0,0015 s, następuje niemal równie gwałtowne przyspieszenie broni ku przodowi (gdy gazy uderzają w hamulec). Z uwagi na elastyczność podparcia broni (ugięcie ramienia i trzewika) następuje swoista kompensacja obu impulsów, co strzelec odczuwa jako znaczne zmniejszenie odrzutu. Niestety, celownik optyczny jest przytwierdzony do karabinu w sposób sztywny i w związku z tym oba impulsy oddziałują na niego z pełną siłą. Jeśli celownik nie jest zaprojektowany do broni z hamulcem wylotowym, to impuls wytwarzany przez hamulec może szybko doprowadzić do uszkodzenia celownika. Jest to sytuacja znana użytkownikom wiatrówek sprężynowych, które ze względu na odwrotny do karabinów kierunek impulsu związanego z ruchem tłoka mają tendencję do niszczenia celowników optycznych.

Ze zjawiskiem odrzutu łączy się zjawisko **podrzutu**. Gdyby oś przewodu lufy przebiegała przez środek ciężkości broni oraz punkt wzdłużnego podparcia broni, to w wyniku odrzutu broń cofałaby się, zachowując cały czas ten sam kierunek lufy. Zazwyczaj jednak środek ciężkości broni nie leży w osi lufy, a co ważniejsze – broń jest podparta poniżej tej osi. W wyniku tego powstaje para sił (rys. 4.5) tworząca moment obracający broń. Moment ten powoduje zazwyczaj podrzucenie lufy (czasem również ruch broni w płaszczyźnie poziomej). Z uwagi na to, że podrzut zaczyna się w chwili, gdy pocisk zaczyna swój ruch w przewodzie lufy, w chwili gdy pocisk lufę opuszcza, jest ona już skierowana w inne miejsce.



Rys. 4.5. Podrzut broni

Odchylenie osi przewodu lufy w wyniku podrzutu można skorygować w procesie przystrzeliwania broni pod warunkiem, że przy każdym strzale podrzut będzie miał identyczny przebieg. Aby to nastąpiło, każdy strzał musi być oddany w taki sam sposób – broń musi być identycznie podparta, a siła nacisku rąk i kości policzkowej na kolbę musi być bardzo podobna.

Karabin snajperski powinien być tak dopasowany do sylwetki strzelca i jego sposobu strzelania, aby wręcz wymuszał prawidłowe i powtarzalne ułożenie w stosunku do ciała strzelca. Służą do tego liczne elementy regulacyjne widoczne na rys. 4.6. Nawet jeśli broń jest idealnie dopasowana, to strzelec nadal musi starać się zachować zbliżone siły nacisku kości policzkowej, rąk i barku na elementy broni.

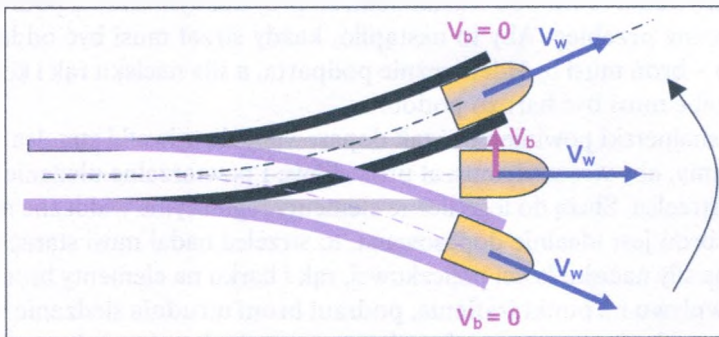
Oprócz wpływu na punkt trafienia, podrzut broni utrudnia śledzenie celu przez celownik po oddaniu strzału, a w broni maszynowej zdecydowanie utrudnia celne oddawanie kolejnych strzałów, o ile broń nie jest zamontowana na bardzo masywnej podstawie.

Dynamiczne zjawiska związane ze strzałem wprawiają broń, a przede wszystkim jej lufę, w **drgania**. W wyniku drgań koniec lufy nie jest w chwili wylotu pocisku skierowany tak, jak był skierowany tuż przed zainicjowaniem strzału. W najbardziej ogólnym przypadku wylot lufy jest odchylony od położenia spoczynkowego i porusza się z pewną prędkością prostopadłą do kierunku przewodu (rys. 4.7).

Najlepiej, aby chwila wylotu pocisku z lufy była zsynchronizowana z drganiami lufy w ten sposób, że pocisk opuszcza lufę wtedy, gdy jest ona najbardziej wychylona. W tym bowiem czasie lufa zatrzymuje się na nieskończenie krótką chwilę i zaczyna przyspieszać w drugą stronę. W konsekwencji pocisk niemal nie uzyskuje składowej prędkości prostopadłej do wylotu lufy, która powodowałaby



Rys. 4.6. Kolba regulowana ułatwiająca prawidłowe złożenie podczas strzału i mogąca zmniejszyć ramię działania siły odrzutu



Rys. 4.7. Położenie lufy w chwili wylotu pocisku. Składowa prędkości prostopadła do wylotu lufy wynosi zero tylko wtedy, gdy lufa jest maksymalnie wygięta

jego dalsze znoszenie, oraz nawet jeśli pocisk wyleci z lufy kilka mikrosekund<sup>39</sup> wcześniej lub później, to i tak lufa będzie skierowana w ten sam punkt. Problem ten jest szczegółowo omówiony w [2]. „Dostrojenie” do drgań lufy może odbyć się zarówno poprzez wpływanie na częstotliwość drgań lufy (np. przez założenie odpowiednich ciężarków), jak i poprzez dobór amunicji.

Powyższe rozważanie ma sens tylko wtedy, gdy drgania lufy przy kolejnych strzałach są bardzo powtarzalne. Aby lufa drgała w sposób powtarzalny, musi

<sup>39</sup> Mikrosekunda [ $\mu\text{s}$ ] to jedna milionowa część sekundy.

być podparta tylko w rejonie komory zamkowej<sup>40</sup> i podparcie to musi być bardzo pewne<sup>41</sup>. Dotknięcie lufą do jakiegokolwiek obiektu, szczególnie przy jej wylocie, wpływa znacząco na postać, amplitudę i częstotliwość drgań, co przyczynia się do zmiany punktu trafienia. Im lufa jest sztywniejsza, tym mniej się wygina i staje się mniej wrażliwa na ewentualne zakłócenia drgań.

**UWAGA!** Podczas precyzyjnego strzelania należy zapewnić pełną swobodę drgań lufy. Lufa nie powinna dotykać do żadnych obiektów, nie wolno kłaść na nią ręki ani żadnych ciężkich przedmiotów. Wyjątkiem może być jedynie siatka maskująca.

Strzelcy z dużym doświadczeniem wiedzą, że dla poszczególnych egzemplarzy karabinów lepsze skupienie można uzyskać, stosując inny typ amunicji. Często zdarza się, że bardzo dobra amunicja, nazwijmy ją *X*, źle sprawuje się w bardzo dobrym karabinie *A*, natomiast w karabinie *B* pozwala na uzyskanie bardzo dobrej celności. Takie zachowanie zazwyczaj jest spowodowane dopasowaniem lub brakiem dopasowania amunicji do drgań lufy. Wyczynowi sportowcy elaborują własną amunicję tak, aby chwila wylotu pocisku z lufy przypadała na jej maksymalne ugięcie.

<sup>40</sup> Jest to tak zwana „lufa pływająca”, będąca obecnie standardem w karabinach snajperskich.

<sup>41</sup> Jednym z częstych powodów utraty celności przez karabin jest rozluźnienie połączenia komory zamkowej i łoża. Połączenie to powinno być często sprawdzane. Jeśli w czasie sprawdzenia zaistnieje konieczność dokręcenia śrub mocujących, to broń należy powtórnie przystrzelać.

## 5. Balistyka zewnętrzna

Balistyka zewnętrzna zajmuje się lotem pocisku od chwili opuszczenia przewodu lufy do chwili uderzenia w cel. Ze względu na pocisk, na kształt trajektorii ma wpływ przede wszystkim współczynnik balistyczny pocisku ( $BC$ ), będący swoistą miarą jego doskonałości balistycznej, kierunek i wartość prędkości wylotowej oraz kierunek i wartość prędkości obrotowej pocisku. Ze względu na atmosferę, główny wpływ na trajektorię pocisku ma prędkość i kierunek wiatru oraz gęstość powietrza.

Ponieważ powodem oddania strzału przez snajpera jest chęć trafienia w cel, więc w niniejszym rozdziale zostanie omówiony wpływ poszczególnych czynników przede wszystkim na punkt trafienia ( $POI$ <sup>42</sup>), nie zaś na energię pocisku.

Balistyka zewnętrzna jest nauką, która nieustannie się zmienia, co oznacza, że opis lotu pocisku nadal nie jest doskonały. Istnieje obecnie kilka różnych podejść do zagadnień balistycznych, z których najważniejsze to obliczanie oporu aerodynamicznego na podstawie klasycznych krzywych balistycznych (np. krzywej  $G1$ ), na podstawie modelu Pejsy oraz na podstawie pomiarów dokonywanych przy użyciu radaru dopplerowskiego. Wiele interesujących, ciągle uaktualnianych informacji na ten temat można znaleźć w [12].

### 5.1. Współczynnik balistyczny

Współczynnik balistyczny  $BC$  (ang. *ballistic coefficient*) jest miarą określającą zdolność pocisku do przeciwstawiania się spowolnieniu jego ruchu powodowanemu przez opór powietrza. Ruch jakiegokolwiek ciała materialnego w ośrodku gazowym lub ciekłym napotyka na opór zależny od gęstości tego ośrodka<sup>43</sup>, prędkości ruchu względem ośrodka, powierzchni czołowej i współczynnika oporu wynikającego z kształtu ciała będącego w ruchu –  $C_d$  (ang. *drag coefficient*). Szczególne problemy wiążą się właśnie z określeniem współczynnika  $C_d$ , gdyż w przypadku pocisków naddźwiękowych współczynnik ten ma wartość zmienną, silnie zależną od prędkości. Dla ciał poruszających się w atmosferze z prędkością mniejszą niż prędkość dźwięku współczynnik  $C_d$  ma wartość niemal stałą, co znacznie ułatwia obliczenia aerodynamiczne dla samochodów, ale niestety nie dla pocisków karabinowych, z których zdecydowana większość porusza się szybciej od fali dźwiękowej.

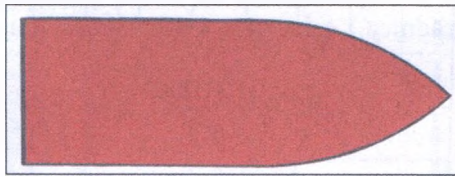
**UWAGA!** W literaturze polskiej współczynnik balistyczny niekiedy jest definiowany jako odwrotność współczynnika  $BC$ , co oznacza, że większa wartość współczynnika świadczy o większej podatności na opór aerodynamiczny. W niniejszej książce jest jednak konsekwentnie stosowana definicja przyjęta w większości krajów świata, gdyż dostępne dane dotyczące pocisków i programy komputerowe są na niej oparte.

<sup>42</sup>  $POI$  – ang. *point of impact*.

<sup>43</sup> Gęstość to stosunek masy do objętości, czyli inaczej masa właściwa.

W XIX wieku w Europie były prowadzone bardzo intensywne prace związane z balistyką. W celu określenia własności aerodynamicznych pocisków były wykonywane testy, w których wystrzelivano pociski o różnym kształcie i wielkości. Około 1850 r. Francis Bashforth zaproponował, aby wykonać bardzo dokładne badania dla pocisku o ściśle określonym kształcie i wielkości, a następnie obliczenia wykonane dla innych pocisków (o innym kształcie i wielkości) odnieść do pocisku wzorcowego z wykorzystaniem pewnego współczynnika korekcyjnego.

W latach 1875–1881 Krupp przeprowadził testy balistyczne dla wzorcowego pocisku o masie 1 funta i kalibrze 1 cala. Pocisk miał długość 3 kalibrów (czyli 3 cali), a część ostrołukowa miała promień równy 2 kalibrom (2 calom). Kształt pocisku wzorcowego jest przedstawiony na rys. 5.1.



Rys. 5.1. Kształt pocisku wzorcowego użytego w badaniach Kruppa, który jest podstawą modelu oporu aerodynamicznego oznaczanego obecnie jako  $G1$

W wyniku badań określono zależność współczynnika oporu aerodynamicznego od prędkości. Jest ona przedstawiona na rys. 5.2. Jak wynika z rysunku, do prędkości ok. 200 m/s współczynnik oporu jest stały i przybiera wartość ok. 0,2. Współczynnik zwiększa się gwałtownie przy prędkości dźwięku (340 m/s) i przybiera wartość ok. 0,66 przy prędkości 470 m/s. Przy większej prędkości współczynnik się zmniejsza i stabilizuje na poziomie ok. 0,5.

Ponieważ zależności zostały uzyskane dla pocisku o ściśle określonym kształcie i masie, więc zastosowanie ich do innych pocisków wymaga dokonania pewnej korekcji. Wiadomo na przykład, że pociski o większej masie przy identycznej wielkości zewnętrznej będą mniej podatne na zmniejszanie prędkości pod wpływem oporu powietrza, podobnie jak pociski o bardziej opływowym kształcie.

Do porównania własności aerodynamicznych konkretnego pocisku z pociskiem wzorcowym wprowadzono tzn. współczynnik kształtu  $i$  (ang. *form factor*). Jest on definiowany jako iloraz współczynnika oporu powietrza danego pocisku  $C_d$  i współczynnika oporu pocisku wzorcowego  $C_{d0}$  uzyskanego dla tej samej prędkości

$$i = \frac{C_d}{C_{d0}}$$

Należy zwrócić uwagę, że współczynnik kształtu stanowi porównanie doskonałości kształtu geometrycznego wpływającego na opór aerodynamiczny (czyli na siłę, która hamuje pocisk w locie), ale nie uwzględnia w żadnym stopniu masy pocisku, która przekłada się na siłę bezwładności, czyli „siłę napędową” podtrzymującą

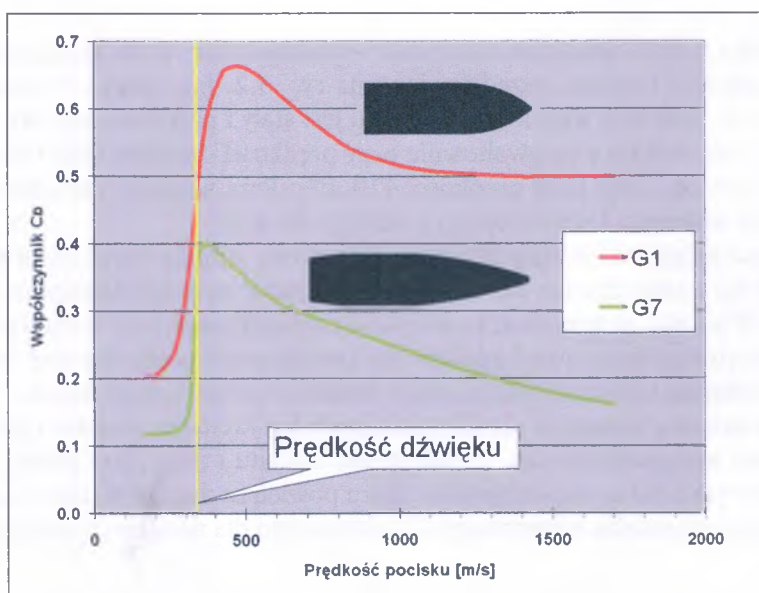


ruch pocisku. Ponieważ siła bezwładności zależy od masy pocisku i jego opóźnienia, więc czym większa jest masa, tym mniejsze jest opóźnienie wywołane danym oporem powietrza<sup>44</sup>.

Współczynnik korekcyjny łączący cechy aerodynamiczne oraz masę pocisku i pozwalający na prowadzenie obliczeń dla dowolnych pocisków, przyjmując za podstawę zależności uzyskane dla pocisku wzorcowego, został nazwany współczynnikiem balistycznym *BC*. Czym większy jest ten współczynnik, tym pocisk jest doskonalszy i mniej istotne jest oddziaływanie oporu powietrza, a w konsekwencji pocisk mniej wyhamowuje na skutek oddziaływania powietrza, w którym się porusza. Ponieważ współczynnik *BC* koryguje wpływ oporu powietrza dla pocisków o innych parametrach niż pocisk wzorcowy, więc dla pocisku wzorcowego jego wartość zawsze wynosi 1. Współczynnik *BC* został określony na podstawie pocisku o masie 1 funta i średnicy 1 cala, więc wzór ma następującą postać<sup>45</sup>:

$$BC = \frac{W/7000}{d^2i}$$

gdzie: *BC* – współczynnik balistyczny, *W* – masa pocisku [gran], *d* – kaliber pocisku [cal], *i* – współczynnik kształtu.



Rys. 5.2. Zależność współczynnika oporu powietrza od prędkości dla pocisku wzorcowego użytego przez Kruppa (*G1*) oraz pocisku o kształcie łódkowym – ze zwężeniem części dennej (*G7*)

<sup>44</sup> Siła bezwładności jest co do wartości równa sile oporu powietrza, lecz jej zwrot jest przeciwny.

<sup>45</sup> W liczniku współczynnik 7000 umożliwia przeliczenie granów na funty (1 lb = 7000 gr).

Niestety, kształt pocisku wzorcowego zdecydowanie odbiega od kształtu współczesnych pocisków karabinowych. W związku z tym obliczenia oparte na krzywej *G1* są obarczone błędami mogącymi mieć istotne znaczenie przy bardzo precyzyjnym strzelaniu. Z tego powodu wiele instytucji badawczych prowadziło i nadal prowadzi badania nad pociskami wzorcowymi o innych kształtach. Dla strzelców karabinowych najważniejszy jest pocisk wzorcowy zastosowany do stworzenia modelu *G7*. Pocisk ten jest bardzo wysmukły i ma zwężenie części dennej typowe dla współczesnych pocisków *VLD*<sup>46</sup>. Na rysunku 5.2 oprócz charakterystyki *G1* przedstawiona jest do porównania charakterystyka *G7*. Mimo że wartości współczynników określonych na podstawie różnych modeli pozornie bardzo się różnią, wyniki obliczeń nie różnią się aż tak bardzo, gdyż modele obliczeniowe uwzględniają różnice parametrów pocisków wzorcowych.

**UWAGA!** Modele *G1* i *G7* bazują na zupełnie innych pociskach wzorcowych i w związku z tym nie można zamiennie stosować współczynników *BC* określonych dla tych modeli.

Pociski komercyjne są charakteryzowane przez wytwórców w odniesieniu do modelu *G1* i tylko ten model można stosować do obliczeń. Trochę inna sytuacja jest z karabinowymi pociskami wojskowymi, których współczynniki balistyczne również bywają podawane w odniesieniu do modelu *G7*. Gdy tylko jest taka możliwość (tzn. gdy znany jest współczynnik *BC* dla modelu *G7* i kalkulator balistyczny obsługuje ten model), w odniesieniu do pocisków karabinowych należy korzystać właśnie z modelu *G7*. Stanowi on znacznie lepsze odwzorowanie zachowania się pocisku, szczególnie przy prędkości nieznacznie większej od prędkości dźwięku.

Ponieważ model *G1* bazuje na kształcie pocisku znacznie odbiegającym od kształtu współczesnych pocisków karabinowych, więc jego dokładność bywa niezadowalająca szczególnie dla pocisków o bardzo wysmukłym kształcie. W związku z tym wielu producentów pocisków chcąc lepiej dopasować obliczenia do wyników pomiarów, podaje różne współczynniki *BC* dla różnych zakresów prędkości, a nie uśrednioną wartość dla całego zakresu prędkości. W ten sposób jest poprawiana dokładność obliczeń.

W tabeli 5.1 są przedstawione współczynniki balistyczne *BC* kilku popularnych pocisków stosowanych w karabinach snajperskich. Współczynniki te odnoszą się do modelu *G1* i tylko w nim mogą być stosowane.

Jak wynika z tabeli, najlepsze pociski karabinowe mają współczynnik *BC* zbliżony do 1,0, a nawet większy. Pociski te szczególnie dobrze nadają się do rażenia celów na dużym dystansie oraz przy silnym wietrze.

<sup>46</sup> *VLD* – ang. *very low drag* – pocisk o bardzo niskim oporze aerodynamicznym.

Tabela 5.1. Współczynniki balistyczne BC (wg. modelu *G1*) dla kilku popularnych pocisków karabinowych

Kaliber	Producent pocisku	Oznaczenie pocisku	Masa pocisku [gr] ([g])	Zakres prędkości [m/s]	Współczynnik BC
.223 Rem.	produkcja wojskowa	SS109	62	poniżej 490	0,280
				490-562	0,295
				562-817	0,313
				ponad 817	0,325
	produkcja wojskowa	M855	62	poniżej 562	0,280
				562-647	0,292
				647-817	0,296
				ponad 841	0,301
.308 Win. (7.62×51)	produkcja wojskowa	M80	149	poniżej 545	0,370
				545-613	0,378
				613-749	0,383
				ponad 749	0,393
	produkcja wojskowa	M2	152	poniżej 565	0,348
				565-691	0,382
				691-756	0,395
				ponad 756	0,405
	produkcja wojskowa	M118	172 (11,2)	poniżej 344	0,300
				344-432	0,375
				432-494	0,449
				ponad 494	0,468
	Lapua	Scenar i Silver Jacket	167 (10,9)	cały zakres	0,470
	Lapua	Scenar i Silver Jacket	185 (12,0)	cały zakres	0,521
Lapua	Subsonic	200 (13,0)	cały zakres	0,382	
.338 Lapua Magnum	Lapua	Scenar i Silver Jacket	250 (16,2)	cały zakres	0,675
	Lapua	Lock Base	250 (16,2)	cały zakres	0,662
7.62×54R	Polska	PSŁB	148	cały zakres	0,447
	Polska	ŁPS	148	cały zakres	0,538
	Rosja	7N1 Snajperskie	152	cały zakres	0,498
.408 CheyTac	Lost River	HB	419	cały zakres	0,945

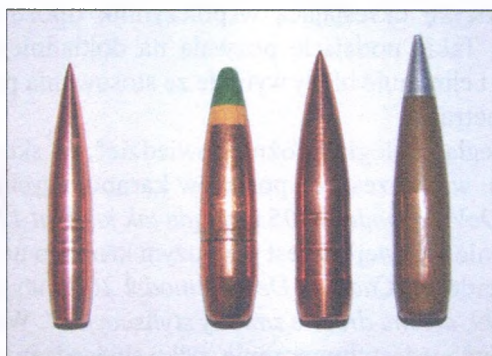
Tabela 5.1 (cd.)

Kaliber	Producent pocisku	Oznaczenie pocisku	Masa pocisku [gr] ([g])	Zakres prędkości [m/s]	Współczynnik <i>BC</i>
.50 BMG	produkcja wojskowa	M33	647	cały zakres	0,670
	produkcja wojskowa	M8API	622,5	cały zakres	0,650
	Hornady	A-max	750	cały zakres	1,050
	Lost River	J40	773	cały zakres	1,062

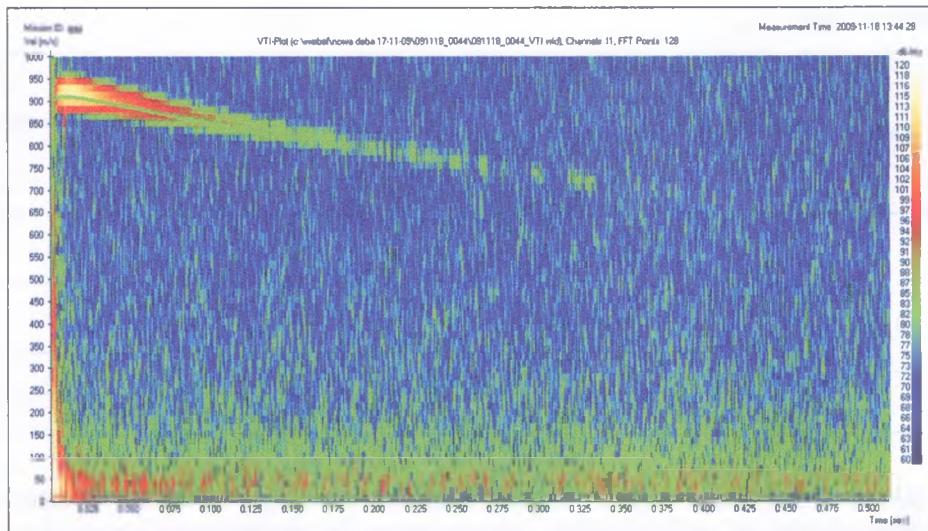
Jakkolwiek wartość współczynnika *BC* zależy od wielu szczegółów konstrukcyjnych pocisku, to ogólnie można jednak przyjąć, że współczynnik się zwiększa, gdy:

- pocisk jest wykonany z materiału o większej gęstości właściwej,
- pocisk jest długi i smukły,
- pocisk ma łódkowatą część denną,
- powierzchnia zewnętrzna pocisku jest gładka.

Na rysunku 5.3 jest przedstawiony wielofunkcyjny pocisk kal. .50 BMG typu Mk211 o klasycznym kształcie oraz bardzo nowoczesne pociski monolityczne kal. .408 CheyTac i kal. .50 BMG. Pomimo znacznie mniejszej masy pocisk .408 CheyTac, mający bardzo aerodynamiczny kształt, uzyskuje znacznie wyższy współczynnik  $BC = 0,95$  niż pocisk .50 BMG Mk211., dla którego  $BC = 0,58$ .



Rys. 5.3. Od lewej kolejno: pocisk kal. .408 CheyTac Jaguar o bardzo dużym współczynniku balistycznym  $BC$  wynoszącym 0,95; pocisk kal. .50 BMG Mk211 ( $BC = 0,58$ ); monolityczny pociski kal. .50 BMG produkcji firmy Jaguar oraz pocisk Hornady A-Max ( $BC = 1,05$ )

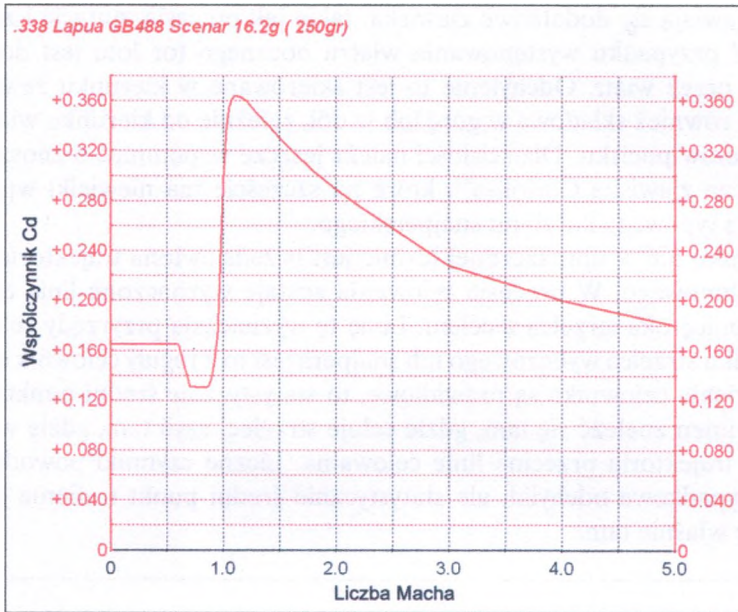


Rys. 5.4. Zapis prędkości pocisku w funkcji czasu lotu uzyskany za pomocą radaru dopplerowskiego dla pocisku Naturalis kal. .338 Lapua Magnum [pomiar wykonany przez WITPiS]

Klasyczne podejście do zagadnień balistycznych oparte na charakterystykach uzyskanych dla pocisków wzorcowych oraz współczynniki balistyczne  $BC$  staje się już przestarzałe. Rozwój technik pomiarowych pozwala obecnie na stosunkowo proste i szybkie określenie parametrów aerodynamicznych pocisku, na przykład poprzez obserwowanie jego lotu za pomocą radaru dopplerowskiego. Radar dopplerowski mierzy prędkość pocisku na części lub na całej drodze jego lotu (rys. 5.4), co umożliwi określenie opóźnienia pocisku spowodowanego oporem powietrza. Dla każdego typu pocisku można więc uzyskać indywidualną, bardzo dokładną charakterystykę określającą współczynnik oporu aerodynamicznego w funkcji prędkości. Takie podejście pozwala na dokładniejsze opisanie ruchu pocisku w powietrzu i eliminuje błędy wynikłe ze stosowania pocisku wzorcowego o odmiennych parametrach.

Posługując się odległą analogią, można powiedzieć, że skorzystanie z krzywej  $G1$  w odniesieniu do współczesnych pocisków karabinowych przypomina tłumaczenie, że „Cadillac DeVille model 2005 wygląda tak jak Fiat 125p, tylko jest o 20% większy”. Zastosowanie krzywej  $G7$  jest już dużym krokiem naprzód, bo można je porównać z tłumaczeniem: „Cadillac DeVille model 2005 wygląda zasadniczo podobnie jak model 1999, ale ma drobne zmiany stylizacyjne”. Wykorzystanie radaru dopplerowskiego to już nie jest tłumaczenie, tylko stwierdzenie: „Ten samochód to właśnie Cadillac DeVille model 2005”.

Dobre balistyczne programy komputerowe mają opcje umożliwiające wprowadzanie zindywidualizowanych danych udostępnianych przez producentów pocisków oraz dostrajanie obliczeń do wyników strzelań kontrolnych wykonanych na znanych



Rys. 5.5. Charakterystyka aerodynamiczna pocisku kal. .338 Lapua Scenar 250 gr uzyskana metodami pomiarowymi (liczba Macha to wielokrotność prędkości dźwięku wynoszącej ok. 340 m/s) [z materiałów firmowych firmy Lapua]

odległościach. Przykładowy przebieg współczynnika oporu  $C_d$  uzyskanego za pomocą pomiarów radarowych dla pocisku kal. .338 Lapua Scenar, 250 gr jest przedstawiony na rys. 5.5. Można go porównać z charakterystykami standardowymi przedstawionymi na rys. 5.2. Wyraźnie widać, że charakterystyka dla pocisku Lapua jest bardziej podobna do charakterystyki  $G7$  niż do  $G1$ , ale i w tym przypadku występują istotne różnice, szczególnie przy prędkości dźwięku (1 Macha).

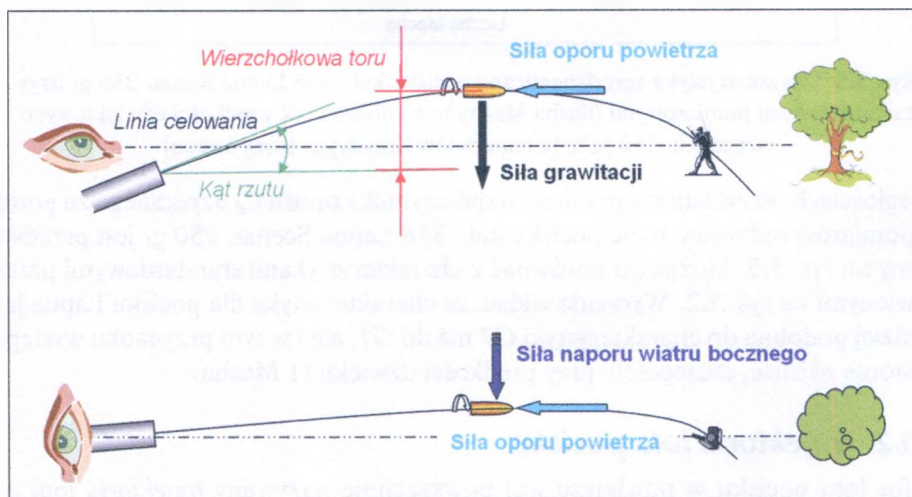
## 5.2. Trajektoria lotu pocisku

Tor lotu pocisku w powietrzu jest powszechnie nazywany *trajektorią lotu pocisku* albo *krzywą balistyczną*. Znajomość trajektorii lotu pocisku i wpływu na nią różnych czynników ma podstawowe znaczenie dla każdego strzelca chcącego trafić w odległy cel. Tor lotu pocisku karabinowego jest skomplikowaną krzywą przestrzenną wynikającą z działania siły grawitacyjnej, sił i momentów aerodynamicznych oraz sił i momentów związanych z ruchem obrotowym pocisku.

Z pewnym uproszczeniem można powiedzieć, że „motorem napędowym” pocisku po jego wylocie z lufy jest siła bezwładności służąca do pokonania siły hamującej, jaką stanowi opór powietrza. Na pocisk działa jednocześnie siła grawitacji (ciężkości) powodująca opadanie pocisku w kierunku środka Ziemi („opad”). Opadanie to jest kompensowane pochyleniem lufy w płaszczyźnie pionowej (kątem rzutu), co wytwarza składową prędkość przeciwną do kierunku opadania pocisku. Ze względu na ruch obrotowy pocisku (niezbędny do zapewnienia jego stabi-

lizacji) pojawiają się dodatkowe zjawiska, takie jak precesja, nutacje i znoszenie boczne. W przypadku występowania wiatru bocznego tor lotu jest dodatkowo odchylany przez wiatr. Odchylenie to jest skierowane w kierunku zawietrznym i wykazuje również składową w górę lub w dół, zależnie od kierunku wiatru i kierunku obrotów pocisku. Dla ścisłości należy jeszcze wspomnieć o znoszeniu wynikającym ze zjawiska Coriolisa<sup>47</sup>, które na szczęście ma niewielki wpływ przy strzelaniu z typowego karabinu snajperskiego.

Na rysunku 5.6 w uproszczonej formie jest przedstawiona trajektoria lotu pocisku karabinowego. W procesie celowania zostaje wyznaczona linia celowania łącząca źrenicę oka strzelca z celem. Linie tę wyznaczają przyrządy celownicze. W przypadku strzelca wyborowego lub snajpera jest to z reguły celownik optyczny. Jeśli ustawienia celownika są prawidłowe, to statystycznie średni punkt trafienia (POI) powinien znaleźć się tam, gdzie celuje strzelec, czyli tam, gdzie w zadanej odległości trajektoria przecina linię celowania. Liczne czynniki powodują oczywiście przypadkowe odchyłki, ale statystycznie średni punkt trafienia powinien znaleźć się właśnie tam.



**Rys. 5.6.** Trajektoria pocisku widziana z boku i z góry oraz najważniejsze siły wpływające na jej przebieg (w celu zwiększenia czytelności rysunku zaznaczono jedynie siły zewnętrzne)

<sup>47</sup> Siła Coriolisa jest siłą pozorną, której efekt polega na odchyleniu od linii prostej toru ruchu ciała poruszającego się w układzie obracającym się, jakim na przykład jest Ziemia. Na powierzchni Ziemi siła Coriolisa powoduje odchylenie w kierunku zachodnim toru pocisku poruszającego się ku równikowi, a w kierunku wschodnim, gdy pocisk porusza się w stronę któregoś z biegunów. Oznacza to, że na półkuli północnej pociski zawsze odchylają się w prawo, z wyjątkiem strzałów w kierunku wschodnim lub zachodnim, przy których nie odchylają się w ogóle (w poziomie). Dodatkowo efekt Coriolisa powoduje nieznaczne zmiany w wysokości punktu trafienia. W praktyce, dla broni strzeleckiej wpływ efektu Coriolisa przy strzelaniu na dystansie 1000 m jest nie większy niż kilka centymetrów. Dobre programy balistyczne umożliwiają wprowadzenie korekty tego zjawiska, jeśli znany jest kierunek strzelania i pozycja geograficzna stanowiska ogniowego.

W broni strzeleckiej przyrządy celownicze są zazwyczaj umieszczone kilka centymetrów (5–8) ponad osią przewodu lufy, więc jak to wynika z rysunku – pocisk przecina linię celowania pierwszy raz w stosunkowo niewielkiej odległości od wylotu lufy, wznosi się ponad linię celowania na maksymalną wysokość zwaną *wierzchołkową toru lotu* i następnie zaczyna opadać, aby ponownie przeciąć linię celowania w punkcie, w którym znajduje się cel. Trzeba pamiętać, że w niektórych, bardzo specyficznych sytuacjach, pocisk tylko raz styka się z linią celowania, nie wzlatając ponad nią. Ma to na przykład miejsce przy strzelaniu pociskami kalibru .308 Win. do celu na dystansie ok. 80 m.

Kąt, pod którym jest ustawiona lufa w chwili wylotu pocisku, jest nazywany *kątem rzutu* i przy strzelaniu do celów znajdujących się na tym samym poziomie wynosi zazwyczaj kilka–kilkadziesiąt minut kątowych.

Opór powietrza zależy od kwadratu prędkości. Ponieważ pocisk wylatuje z lufy z bardzo dużą prędkością, zaczyna więc na niego działać duża hamująca siła oporu powietrza. Tak więc pocisk stosunkowo gwałtownie wyhamowuje swój ruch w kierunku, w którym leci (zazwyczaj zbliżonym do poziomego) i jednocześnie przyspiesza jednostajnie z przyspieszeniem ziemskim w kierunku pionowym<sup>48</sup>. W konsekwencji tor lotu jest niesymetryczny i ze stosunkowo płaskiego w początkowej fazie lotu pocisku, w miarę wzrostu odległości staje się coraz bardziej stromy – skierowany w dół (bo maleje prędkość w kierunku poziomym, a wzrasta prędkość w kierunku pionowym).

Powyższe rozważania dotyczyły ruchu w płaszczyźnie pionowej. Przemieszczaniu się pocisku do celu i jego wznoszeniu oraz opadaniu towarzyszy jednak dodatkowo znoszenie w płaszczyźnie poziomej (czyli w prawo lub w lewo). Najważniejszym czynnikiem powodującym boczne znoszenie pocisku jest działanie wiatru. Istotna jest przy tym składowa wiatru skierowana prostopadle do kierunku strzału. Wiatr powoduje znoszenie pocisku, którego wartość zwiększa się bardzo szybko w miarę zwiększania odległości od wylotu lufy. Oczywiście pocisk przemieszcza się w tym samym kierunku co wiatr. Co więcej, bocznemu znoszeniu towarzyszy jednocześnie pewne podniesienie lub obniżenie trajektorii lotu wynikające z wpływu zjawiska żyroskopowego związanego z ruchem obrotowym pocisku. Zagadnienie to będzie szczegółowo omówione w podrozdz. 5.6 poświęconym wpływowi wiatru. Należy pamiętać, że przy prawoskrętnym gwincie lufy wiatr z lewej strony obniża punkt trafienia a wiatr z prawej strony podwyższa punkt trafienia o kilka–kilkanaście procent odległości, na jaką pocisk jest znoszony w kierunku bocznym. Dla luf z lewym gwintem oddziaływanie wiatru w kierunku pionowym jest odwrotne.

Wiatr nie jest jedynym powodem bocznego znoszenia pocisków. Drugi powód jest związany ze zjawiskiem żyroskopowym. W jego wyniku oś wzdłużna pocisku<sup>49</sup> ustawia się pod pewnym kątem do toru, po jakim pocisk się porusza, co

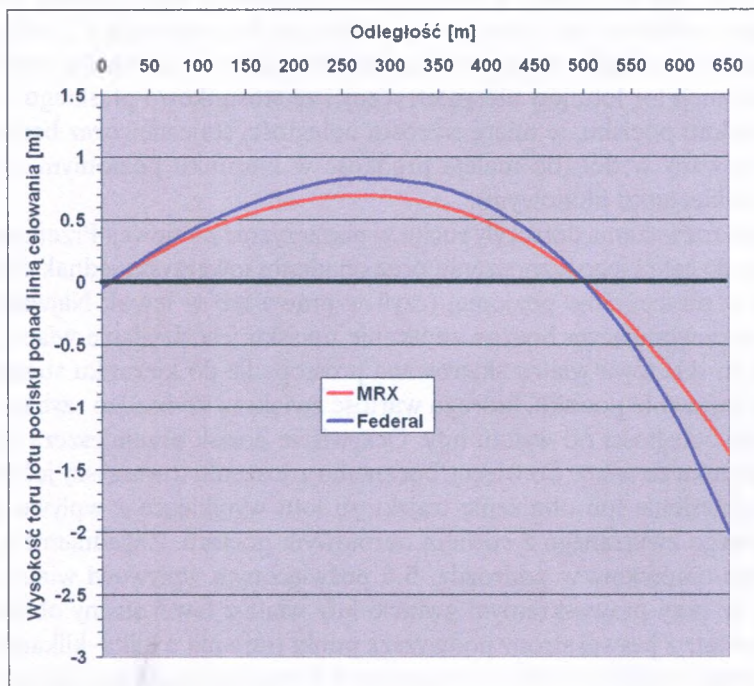
<sup>48</sup> Jest to dopuszczalne uproszczenie dla pocisku karabinowego pomijające opór powietrza w kierunku pionowym ze względu na krótki czas lotu i płaskość toru.

<sup>49</sup> Dokładniej mówiąc, średnia pozycja osi pocisku, który wykonuje ruchy oscylacyjne zwane precesją i nutacją.



powoduje znoszenie boczne nazywane *derywacją* (ang. *spin drift*)<sup>50</sup>. Pocisk wystrzelony z lufy o prawym gwincie jest znoszony w prawo, a wystrzelony z lufy o lewym gwincie – w lewo.

Ze względów praktycznych duże znaczenie ma płaskość toru lotu pocisku. W zależności od wartości współczynnika balistycznego oraz prędkości wylotowej, pocisk może dążyć do celu różnymi torami. Im dłuższy czas musi upłynąć od chwili wylotu pocisku z lufy do chwili trafienia w cel, tym wyżej pocisk musi się wznieść w najwyższym punkcie swojego toru. Zasadniczo, im większa jest prędkość pocisku i im większa jest wartość współczynnika balistycznego, tym bardziej płaski jest tor lotu pocisku. Analizując wpływ prędkości i współczynnika balistycznego, trzeba sobie jednak zdawać sprawę, że pociski cięższe mają z reguły większy współczynnik balistyczny, ale jednocześnie mniejszą prędkość wylotową, w związku z czym trudno jest porównywać różne pociski bez przeprowadzenia obliczeń balistycznych.



**Rys. 5.7.** Porównanie trajektorii dwóch różnych pocisków kalibru .308: pocisk Barnes MRX o współczynniku  $BC = 0,552$ , masie 11,66 g i prędkości początkowej 799 m/s (kolor czerwony); pocisk Federal Soft Point o współczynniku balistycznym  $BC = 0,313$ , masie 9,72 g i prędkości początkowej 860 m/s (kolor granatowy)

<sup>50</sup> Określenie *derywacja* bywa również rozumiane szerzej, jako całkowite znoszenie boczne uwzględniające wpływ wiatru, czyli tak jak ma to miejsce w lotnictwie.

Na rysunku 5.7 jest przedstawione porównanie trajektorii dwóch pocisków różniących się masą, współczynnikiem balistycznym i prędkością wylotową. Jak wynika z rysunku, przy strzelaniu na średnią i dużą odległość, pocisk Barnes MRX, pomimo mniejszej prędkości wylotowej, wykazuje bardziej płaski tor lotu niż szybszy, ale też lżejszy pocisk Soft Point. W konsekwencji, jeśli ocena odległości od celu jest obarczona błędem, to pocisk MRX trafi bliżej punktu celowania niż pocisk Soft Point. Zakładając na przykład, że cel znajduje się w odległości 520 m, a nie w odległości 500 m, na którą został ustawiony celownik, błąd w punkcie trafienia dla pocisku MRX wyniesie ok. 12 cm, a dla pocisku Soft Point ok. 17 cm.

Z płaskością toru lotu wiąże się pojęcie odległości strzału bezwzględnego. Jest ona definiowana jako odległość, przy której wierzchołkowa toru lotu pocisku jest równa wysokości celu. Pojęcie to wprowadzono, aby umożliwić oddawanie strzałów bez konieczności regulowania przyrządów celowniczych. Po prostu przy nastawieniu celownika na odległość strzału bezwzględnego możliwe jest rażenie bez regulacji celownika celów o określonych wymiarach (najczęściej sylwetki o wysokości 0,5 m), które znajdują się bliżej niż wynosi ta odległość. Dla snajperów pojęcie odległości strzału bezwzględnego ma niewielką wartość, gdyż od snajpera wymaga się precyzyjnego trafienia w mały cel. Dopuszczalne pole trafienia w wielu przypadkach może wynosić tylko kilka centymetrów. Tak więc, o ile płaskość toru lotu pocisku ma znaczenie bardzo duże, to już praktyczne znaczenie wartości odległości strzału bezwzględnego jest drugorzędne, bo każdy strzał powinien być poprzedzony regulacją celownika.

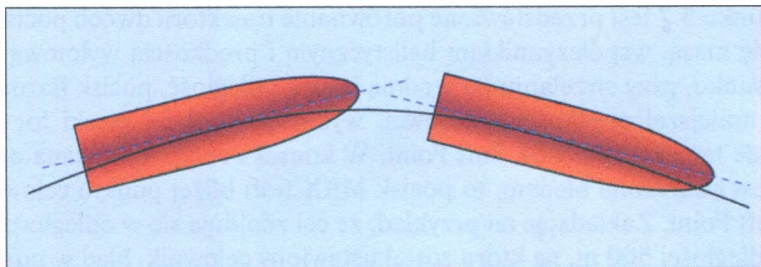
### 5.3. Stabilizacja żyroskopowa

W celu zapewnienia dobrej celności i zasięgu strzału pocisk musi być prawidłowo ustawiony w stosunku do swojego toru lotu. Najlepiej, aby oś pocisku była zawsze styczna do toru (rys. 5.8). Niestety, niestabilizowany pocisk karabinowy lub pistoletowy ma tendencję do koziółkowania, a nawet przyjmowania ostatecznego ustawienia „tyłem do przodu”, czyli częścią denną w kierunku lotu. Jest to spowodowane występowaniem momentu wywracającego, który wynika z tego, że środek naporu powietrza znajduje się przed środkiem ciężkości typowego pocisku. Zjawisko to jest przedstawione na rys. 5.9.

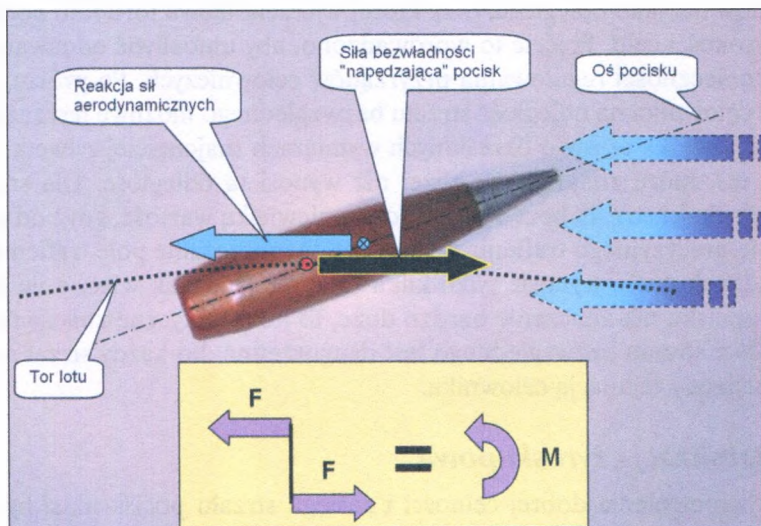
Ponieważ każde kątowe odchylenie osi pocisku od kierunku naporu powietrza powoduje, że siła oporu powietrza i siła bezwładności („napędzająca” pocisk w jego środku ciężkości) przestają leżeć na tej samej prostej, to powstaje moment obrotowy<sup>51</sup>. Moment ten usiłuje obrócić pocisk wokół jego poprzecznej osi i jeśli nie napotka wystarczająco silnego oporu od momentu stabilizującego, to pocisk coraz bardziej będzie pogłębiał swoje odchylenie.

Przesunięcie środka naporu przed środek ciężkości powoduje, że pocisk jest „pchany” siłą bezwładności. Jak powszechnie wiadomo, obiekty, które są pchane, mają tendencję do zbaczania z zamierzonego toru ruchu, jeśli nic ich nie stabili-

<sup>51</sup> Dwie przeciwnie skierowane siły  $F$  działające na ramieniu  $r$  dają moment  $M$  o wartości  $Fr$ .



Rys. 5.8. Pocisk ustawiający się stycznie do toru swojego lotu



Rys. 5.9. Siły i momenty działające na lecący pocisk

zuje. Wynika to z tzw. momentu destabilizującego, który pogłębia odchylenia, tym większego, im środek ciężkości jest bardziej odległy od środka naporu. Tendencji tej nie obserwuje się natomiast w przypadku obiektów ciągniętych, które co najwyżej nieznacznie „zarzucają”, gdyż powstały moment koryguje ich odchylenia.

Aby pocisk był ciągnięty przez siłę bezwładności, należy przesunąć środek ciężkości przed środek naporu powietrza. Zabieg ten znany jest od wielu wieków i wykorzystywany przy konstruowaniu strzał do łuków i bełtów do kusz. Podobny efekt uzyskuje się dzięki dodaniu stateczników do pocisków moździerzowych i bomb lotniczych. W broni strzeleckiej możliwe jest również przesunięcie środka ciężkości przed środek naporu, co jest powszechnie stosowane w pociskach do broni gładkolufowej (rys. 5.10). Takie przesunięcie jest uzyskiwane albo poprzez wykonanie drażnienia w części dennej pocisku, co przesuwa środek ciężkości ku przodowi (np. pociski W8), albo poprzez dodanie w części dennej lekkiego elementu stabilizującego (pociski typu Breneke), co przesuwa ku tyłowi środek naporu. Niestety, pociski przedstawione na rys. 5.10 nie wykazują tak dobrej stabilizacji,



Rys. 5.10. Pociski, których stabilizacja jest uzyskiwana poprzez przesunięcie środka naporu za środek ciężkości

aby nadawały się do strzelań precyzyjnych, a dodatkowo mają małe współczynniki balistyczne.

Zdecydowanie lepsze wyniki można otrzymać, wykorzystując zjawisko żyroskopowe. Zjawisko to pozornie przeczy prawom fizyki i nie jest zgodne z naszą intuicją. Szczegółowe omówienie zjawiska żyroskopowego zdecydowanie wykracza poza zakres tej książki, ale warto zapamiętać następujące informacje:

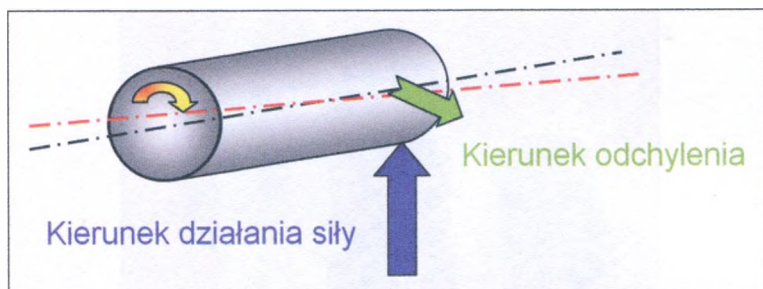
- zjawisko żyroskopowe występuje wtedy, gdy dane ciało obraca się wokół swojej osi z pewną prędkością obrotową – im prędkość ta jest większa, tym zjawisko żyroskopowe jest silniejsze;
- na skutek zjawiska żyroskopowego szybko obracające się ciało przeciwstawia się próbom zmiany kierunku osi swojego obrotu w przestrzeni – oddziaływanie to występuje tylko przy zmianach kierunku ustawienia osi obrotu (pochyleniu osi), a nie występuje przy równoległych przesunięciach tej osi;
- działanie siły bocznej na obracający się pocisk powoduje reakcję w postaci uchybu odchylnego o kąt  $90^\circ$  (zgodnie z kierunkiem obrotu żyroskopu) w stosunku do kierunku działania siły<sup>52</sup> (rys. 5.11);
- obracający się obiekt wykonuje skomplikowane ruchy w przestrzeni trójwymiarowej przypominające kołysanie się i „młynkowanie”<sup>53</sup> – ruchy te są nazywane precesją i nutacją.

Aby zjawisko żyroskopowe mogło ustabilizować pocisk karabinowy, musi się on obracać z bardzo dużą prędkością. W zależności od kalibru i masy, a raczej długości pocisku, może ona być nawet większa niż 200 000 obr/min.

Po wylocie z lufy pocisk nieuchronnie, prędzej czy później, na skutek przypadkowych oddziaływań napierającego na niego powietrza i niewyważenia, odchyli się

<sup>52</sup> Właśnie ta cecha jest najmniej zgodna z intuicją, gdyż jesteśmy przyzwyczajeni do tego, że efekt działania siły (przesunięcie) jest zgodny z kierunkiem działania tej siły.

<sup>53</sup> Zjawisko to można łatwo obserwować w zabawkach typu „bąk”, w których oś wykonuje dobrze widoczne ruchy oscylacyjne.



Rys. 5.11. Kierunek odchylenia żyroskopu pod wpływem działania siły zewnętrznej

minimalnie od kierunku swojego lotu. Jeśli stabilizacja nie będzie wystarczająca, to nie zapewni ona wystarczająco dużego momentu przywracającego pociskowi prawidłowe ukierunkowanie. W wyniku tego odchylenie osi pocisku nie zostanie skorygowane. Co gorsza, coraz większe odchylenie będzie zwiększać moment wywracający pocisk, gdyż coraz większe będzie ramię działania pary sił (siły bezwładności i naporu powietrza). W konsekwencji nastąpi bardzo szybkie obrócenie pocisku bokiem w stosunku do kierunku lotu, a następnie tyłem do kierunku lotu. Jeśli pocisk będzie leciał wystarczająco długo, to po kilku oscylacjach może nawet w miarę stabilnie ustawić się częścią denną do przodu.

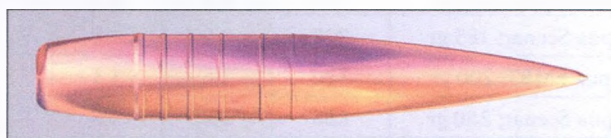
Koziółkowanie pocisku ma katastrofalny wpływ na jego celność, gdyż podczas koziółkowania bardzo zmienia się opór powietrza i powstają siły boczne do kierunku ruchu, co powoduje niekontrolowane zmiany toru lotu. Zazwyczaj na dystansie 50–100 m od wylotu lufy koziółkujący pocisk odchyła się w sposób niekontrolowany o kilkanaście lub kilkadziesiąt centymetrów od toru, jakim by podążał, gdyby zachowywał prawidłowe ustawienie.

Zbyt mała stabilizacja żyroskopowa jest więc katastrofalna dla celności pocisków. Nie oznacza to jednak, że im większa stabilizacja, tym lepiej. Przy zbyt dużej stabilizacji oś pocisku „sztywno” trzyma się kierunku, jaki uzyskała w chwili wylotu z lufy. Oznacza to, że pocisk nie pochyla się zgodnie ze swoją trajektorią. Przy strzałach na większą odległość, gdy tor staje się bardziej stromy, powoduje to zwiększenie oporów, mniejszy zasięg i gorszą celność.

Skok gwintu lufy (zwyczajowo wyrażany w calach) jest parametrem decydującym o stabilizacji pocisku. Powinien być dobrany odpowiednio do parametrów pocisków, które mają być z danej lufy wystrzeliwane.

Ogólna zasada mówi, że im większa jest masa pocisku, a co za tym idzie również jego długość, tym krótszy musi być skok gwintu, aby była zapewniona właściwa stabilizacja pocisku. Do niedawna przy określaniu optymalnego skoku gwintu wystarczało uwzględnienie jedynie masy pocisku, bo pociski karabinowe miały z grubsza bardzo podobny kształt i były wykonane z podobnych materiałów. Z chwilą jednak, gdy wprowadzono monolityczne pociski o bardzo małym oporze powietrza (VLD), które mają bardzo wysmukły kształt i w stosunku do masy zwiększoną długość, konieczne stało się uwzględnianie ich odmienności

przy doborze skoku gwintu. Monolityczne pociski VLD wymagają wyraźnie krótszych skoków gwintu luf niż odpowiadające im masą pociski o klasycznej konstrukcji. Przykładowo, dla karabinów kalibru .338 Lapua Magnum strzelających pociskami standardowymi o masie 250 gr (16,2 g) w zupełności wystarcza skok gwintu 12". Gdy jednak mają być stosowane dobrze sprawujące się na dystansach dochodzących do 1400 m cięższe pociski o masie 300 gr (19,4 g), to wymagany jest już skok gwintu 10". Jeśli natomiast stosowane mają być pociski VLD, jak na przykład widoczny na rys. 5.12 pocisk o masie 290 gr skonstruowany przez Lutza Möllera (19 g), to wymagany jest skok gwintu wynoszący zaledwie 7", najlepiej progresywny.



Rys. 5.12. Pocisk LM105 kalibru .338 o masie 290 gr [reprodukcja zdjęcia za zgodą autora – Lutza Möllera]

Przy ocenie stabilizacji pocisku często stosowanym pojęciem jest **współczynnik stabilności żyroskopowej**  $S_g$  (ang. *gyroscopic stability factor*). Jest to stosunek momentu stabilizującego pocisk związanego ze zjawiskiem żyroskopowym do momentu wywracającego pocisk w związku z oddziaływaniami aerodynamicznymi. Minimalnym warunkiem stabilności pocisku w locie jest, aby współczynnik ten wynosił 1. W praktyce współczynnik powinien być jednak większy ( $S_g > 1,2$  dla wyczynowych pocisków najwyższej jakości i  $S_g > 1,5$  dla pocisków wojskowych), co zapewniałoby wymaganą stabilizację przy niskiej temperaturze oraz stabilizację pocisków nieznacznie uszkodzonych.

Współczynnik stabilności lekko się zwiększa wraz ze zwiększeniem prędkości w zakresie powyżej prędkości dźwięku. Współczynnik zwiększa się również w miarę oddalania się pocisku od wylotu lufy, gdyż prędkość obrotowa pocisku jest wolniej wytracana niż prędkość liniowa. Gdy jednak prędkość pocisku maleje do prędkości zbliżonej do 350 m/s (tzn. prędkości dźwięku), to następuje gwałtowny przyrost oporów aerodynamicznych. W konsekwencji zmniejsza się współczynnik stabilności żyroskopowej. Może on zmniejszyć się tak bardzo, że pocisk utraci stabilizację i zacznie koziółkować.

Współczynnik stabilności można z pewnym przybliżeniem obliczyć we własnym zakresie, znając podstawowe parametry pocisku (masę, średnicę, długość, kształt, prędkość) oraz skok gwintu lufy, temperaturę i ciśnienie powietrza. Wzory do takich obliczeń opracował Don Miller [6, 8]. Są one również dostępne w postaci kalkulatora on-line [17].

W celu zaoszczędzenia Czytelnikowi konieczności prowadzenia samodzielnych obliczeń zamieściłem w tab. 5.2 współczynniki stabilności żyroskopowej obliczone dla kilku popularnych pocisków snajperskich.

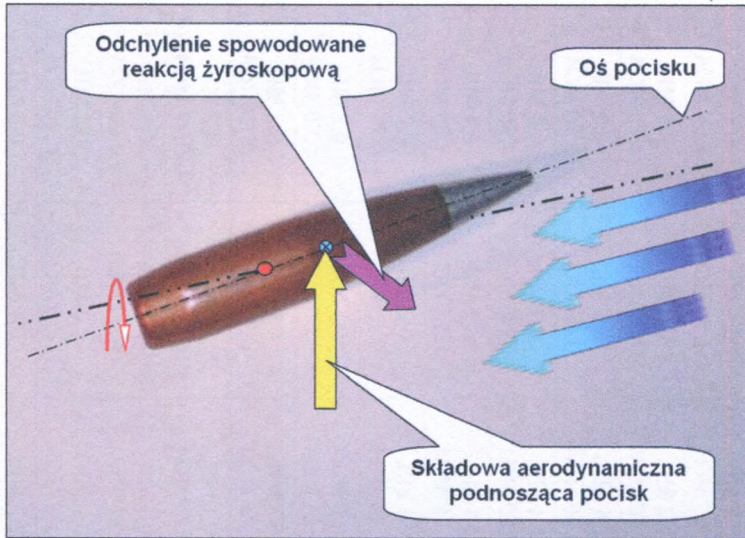
Tabela 5.2. Przybliżone wartości współczynnika stabilności żyroskopowej dla wybranych pocisków (w warunkach atmosferycznych wg standardu METRO)

Kaliber	Typ pocisku	Prędkość [m/s]	Współczynnik stabilności żyroskopowej dla skoku gwintu			
			10"	11"	12"	13"
.223 Rem.	Sierra; 55 gr	900	1,6	1,3	1,1	0,9
.223 Rem.	Fed.; 68 gr	850	1,2	1,0	0,8	0,7
.308 Win.	Sierra MK; 168 gr	800	2,5	2,0	1,7	1,4
.308 Win.	Sierra MK; 175 gr	800	2,4	2,0	1,7	1,4
.308 Win.	Lapua Scenar; 167 gr	830	2,2	1,9	1,6	1,3
.308 Win.	Lapua Scenar; 185 gr	800	2,2	1,8	1,5	1,3
.308 Win.	Lapua FMBT; 200 gr	320	1,6	1,3	1,1	0,9
.338 LM	Lapua Scenar; 250 gr	880	2,2	1,8	1,5	1,3
.408 CT	Jamison J40; 419 gr	880	2,0	1,7	1,4	1,2
.408 CT	Jamison BDR; 305 gr	980	3,5	2,9	2,4	2,0
.408 CT	Lutz Möeller MSG; 399 gr	880	1,8	1,5	1,3	1,1
.50 BMG	M33 Ball; 644 gr	890	4,1	3,4	2,8	2,4
.50 BMG	Hornad A-Max; 750 gr	820	3,4	2,8	2,3	2,0
7.62×54R	ŁPS; 9,6 g	830	1,9	1,6	1,3	1,1

Oznaczenia kolorów:  - brak stabilności,  - bardzo mała stabilność,  - duża stabilność,  - zbyt duża stabilność.

#### 5.4. Wpływ zjawiska żyroskopowego – znoszenie boczne

Znoszenie boczne pocisku jest ubocznym skutkiem stabilizacji żyroskopowej pocisku. Jak już wskazano w podrozdz. 5.3, zjawisko żyroskopowe powoduje wystąpienie odchylenia (uchybu) prostopadłego do kierunku działania siły, która usiłuje destabilizować żyroskop. Ponieważ na pocisk oddziałuje przyciąganie ziemskie, które odchyła tor jego lotu ku dołowi, więc w miarę zwiększania się odległości od wylotu lufy „kąta natarcia” pocisku zachowującego kierunek osi zgodny z wylotem lufy w stosunku do otaczającego go powietrza zdecydowanie się zwiększa (rys. 5.13). Powietrze naciska więc na pocisk od dołu, wywierając siłę skierowaną ku górze. Jeśli pocisk obraca się zgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek zegara („w prawo”), to zgodnie z zasadami opisanymi w podrozdz. 5.3 odchylenie jego wierzchołka będzie skierowane w prawo w bok. Oznacza to, że w stosunku do powietrza pocisk ustawi się w płaszczyźnie poziomej pod pewnym kątem. Takie kątowe ustawienie wywoła natomiast boczną reakcję powietrza (tak jak napór wody na odchylony płat steru powoduje znoszenie rufy okrętu i skręcanie) znosząc pocisk w prawo. Jeśli pocisk obraca się w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu wskazówek zegara, to znoszenie będzie skierowane w lewo.



Rys. 5.13. Napór powietrza na pocisk i jego efekt w postaci bocznego znoszenia

Na wielkość bocznego znoszenia ma wpływ wiele czynników, w tym współczynnik stabilizacji żyroskopowej pocisku. Pociski zbyt silnie stabilizowane mają większe znoszenie boczne niż pociski stabilizowane w mniejszym stopniu. Większość kalkulatorów balistycznych umożliwia obliczenie wielkości tego znoszenia, ale dokładność tego obliczenia jest wątpliwa, gdyż dane wejściowe nie zawierają wszystkich potrzebnych informacji i obliczenia są dokonywane na podstawie pewnych arbitralnie przyjętych założeń.

Do dobrego oszacowania wielkości znoszenia bocznego związanego ze zjawiskiem żyroskopowym konieczne jest uwzględnienie przynajmniej masy, długości i kalibru pocisku oraz skoku gwintu przewodu lufy. Algorytm obliczania znoszenia jest bardzo skomplikowany, ale istnieje stosunkowo prosty wzór empiryczny opracowany przez Briana Litza [6], który jest zamieszczony poniżej

$$Z = 1,25(S_g + 1,2)t^{1,83}$$

gdzie:  $Z$  – znoszenie boczne [cal],  $S_g$  – współczynnik stabilności żyroskopowej obliczony wg reguły Millera (patrz podrozdz. 5.3),  $t$  – czas lotu pocisku [s].

Na rysunku 5.14 jest przedstawiona graficznie zależność znoszenia bocznego od czasu lotu pocisku dla kilku wybranych współczynników stabilności. Większość pocisków karabinowych charakteryzuje się współczynnikiem stabilności ok. 1,5 i jeśli nie mamy dokładniejszych danych, możemy wykorzystywać krzywą dla tego współczynnika jako rozsądne przybliżenie rzeczywistego znoszenia. Współczynniki stabilności obliczone dla kilku popularnych pocisków i kilku skoków gwintu lufy znajdują się w tab. 5.2.

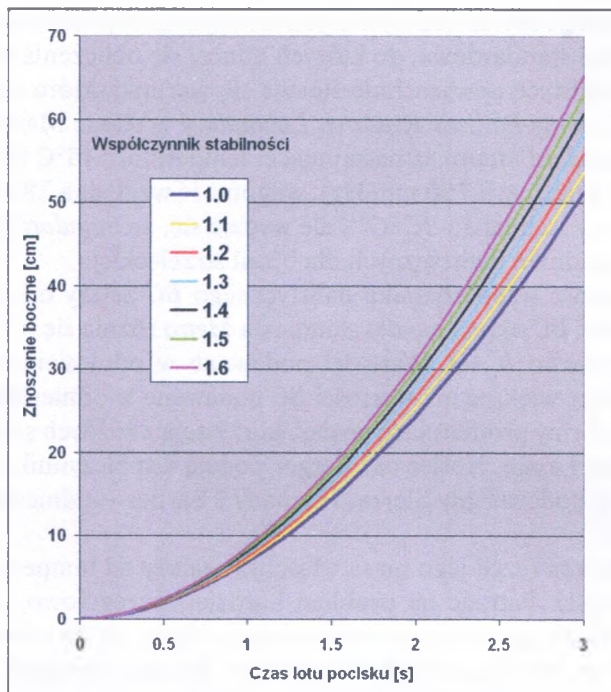


Tabela 5.3. Derywacja dla wybranych pocisków karabinowych dla różnych odległości

Kaliber	Typ pocisku	Prędkość [m/s]	Skok gwintu [cal]	Poprawka dla odległości			
				300 m	600 m	900 m	1000 m
.223 Rem.	Sierra; 55 gr	900	9"	0,1 MIL 0,25 MOA	0,2 MIL 0,75 MOA	0,4 MIL 1,25 MOA	0,7 MIL 2,50 MOA
.223 Rem.	Fed.; 68 gr	850	9"	0,1 MIL 0,25 MOA	0,2 MIL 0,50 MOA	0,3 MIL 1,00 MOA	0,5 MIL 1,75 MOA
.308 Win.	Lapua Scenar; 167 gr	830	11"	0,1 MIL 0,25 MOA	0,1 MIL 0,50 MOA	0,3 MIL 1,00 MOA	0,4 MIL 1,50 MOA
.308 Win.	Lapua Scenar; 185 gr	800	11"	0,1 MIL 0,25 MOA	0,1 MIL 0,50 MOA	0,3 MIL 1,00 MOA	0,4 MIL 1,50 MOA
.308 Win.	Lapua Scenar; 185 gr	800	12"	0,1 MIL 0,25 MOA	0,1 MIL 0,50 MOA	0,2 MIL 0,75 MOA	0,4 MIL 1,25 MOA
.338 LM	Lapua Scenar; 250 gr	880	12"	0,0 MIL 0,25 MOA	0,1 MIL 0,25 MOA	0,2 MIL 0,50 MOA	0,2 MIL 0,75 MOA
.408 CT	Jamison J40; 419 gr	880	13"	0,0 MIL 0,25 MOA	0,1 MIL 0,25 MOA	0,1 MIL 0,50 MOA	0,2 MIL 0,50 MOA
.408 CT	Jamison BDR; 305 gr	980	13"	0,0 MIL 0,25 MOA	0,1 MIL 0,25 MOA	0,1 MIL 0,50 MOA	0,2 MIL 0,75 MOA
.408 CT	Lutz Möeller MSG; 399 gr	880	13"	0,0 MIL 0,00 MOA	0,1 MIL 0,25 MOA	0,1 MIL 0,50 MOA	0,2 MIL 0,75 MOA
.50 BMG	M33 Ball; 644 gr	890	15"	0,1 MIL 0,25 MOA	0,1 MIL 0,25 MOA	0,2 MIL 0,50 MOA	0,3 MIL 1,00 MOA
.50 BMG	Hornad A-Max; 750 gr	820	15"	0,0 MIL 0,25 MOA	0,1 MIL 0,25 MOA	0,2 MIL 0,50 MOA	0,2 MIL 0,75 MOA
7.62x54R	ŁPS; 9,6 g	830	9,4"	0,1 MIL 0,25 MOA	0,2 MIL 0,50 MOA	0,3 MIL 1,25 MOA	0,5 MIL 2,00 MOA

Wartości poprawek wyrażone w minutach kątowych złożono kursywą.

Oznaczenia kolorów:   - derywacja mniejsza lub równa 0,3 MIL,   - derywacja większa niż 0,3 MIL.



Rys. 5.14. Zależność znoszenia bocznego wywołanego zjawiskiem żyroskopowym od czasu lotu pocisku i współczynnika stabilności

W tabeli 5.3 są przedstawione przybliżone wartości znoszenia bocznego dla kilku typowych pocisków karabinowych, obliczone za pomocą powyższego wzoru. Wartości te zostały podane w minutach kątowych i tysięcznych, to znaczy w takiej formie, w jakiej do celownika optycznego powinny być wprowadzane poprawki korygujące to znoszenie. Oczywiście poprawki dla pocisków wystrzelonych z luf o prawym gwincie powinny być ustawione w lewo (L).

Jak wynika z tabeli, przy odległościach mniejszych niż 600 m korekcje na derywację są bardzo małe i praktycznie identyczne dla wszystkich kalibrów. Przy większej odległości korekcje się zwiększają, szczególnie mocno dla pocisków o mniejszym współczynniku balistycznym  $BC$  (np. kal. .223 Rem.).

### 5.5. Wpływ ciśnienia, temperatury i wilgotności powietrza

Pocisk na swojej drodze napotyka opór powietrza, który w dużej mierze decyduje o torze jego lotu. Jak już wspomniano w podrozdz. 5.1, na opór powietrza ma wpływ zarówno wielkość oraz kształt pocisku, jak i jego prędkość oraz gęstość powietrza. Im większa jest gęstość powietrza, tym na większy opór napotyka pocisk przemieszczający się pomiędzy wylotem lufy a celem i tym bardziej tor jego lotu ulega zakrzywieniu.

W celu ułatwienia rozważań dotyczących aerodynamiki pocisków są przyjmowane pewne warunki standardowe, do których odnosi się obliczenia i współczynniki balistyczne. W balistyce powszechnie stosuje się warunki, które zostały zdefiniowane przez *U.S. Army Ballistic Research Laboratory* w stanie Maryland. Warunki te (nazywane *Standard Metro*) są następujące: temperatura 15°C (59°F), ciśnienie 997,5 hPa (997,5 mb, czyli 750 mm Hg), wilgotność względna 78%. Często stosuje się również inny standard – *ICAO*<sup>54</sup>, ale wydaje się, że *Standard Metro* najlepiej nadaje się do zagadnień balistycznych dla broni strzeleckiej.

Ponieważ wartość współczynnika balistycznego *BC* zależy od gęstości powietrza, więc wartości *BC* określone dla standardu *Metro* różnią się od wartości określonych dla standardu *ICAO*. Wartości podawane w odniesieniu do standardu *Metro* są 1,018 razy większe niż wartości *BC* podawane w odniesieniu do standardu *ICAO*. Różne firmy produkujące pociski korzystają z różnych standardów. I tak na przykład firmy Lapua, Nosler czy Berger podają współczynniki odniesione do standardu *ICAO*, podczas gdy Sierra, Hornady i Barnes – odniesione do warunków *Metro* [15].

Gęstość powietrza (czyli jego masa właściwa) zależy od temperatury, ciśnienia oraz od wilgotności. Patrząc na problem bardziej szczegółowo, można jeszcze uwzględnić zależność gęstości powietrza od jego składu, ale na otwartej przestrzeni skład powietrza jest praktycznie niezmienny. Według *Standard Metro* gęstość powietrza wynosi 1,203 kg/m<sup>3</sup>, a wg *ICAO* – 1,225 kg/m<sup>3</sup>.

Wzrost temperatury powoduje (przy stałym ciśnieniu) zmniejszenie się gęstości powietrza, co w konsekwencji zmniejsza opór powietrza i przy tych samych nastawach celownika pocisk uderza w cel wyżej niż przy niskiej temperaturze. Trzeba jednak pamiętać, że temperatura dodatkowo oddziałuje na ładunek prochowy i może powodować zarówno zmianę prędkości wylotowej, jak i pewną zmianę kierunku wylotu pocisku związaną z drganiami lufy (patrz podrozdz. 4.2 oraz 4.3).

Wpływ temperatury powietrza nie jest istotnym czynnikiem przy strzelaniu na małą i średnią odległość. Przy odległości mniejszej niż 400 m może być praktycznie pomijany.

Zanim omówiony będzie wpływ ciśnienia, należy zdefiniować dwa pojęcia, które będą się przewijały w dalszej części: ciśnienie powietrza i ciśnienie barometryczne. *Ciśnienie powietrza* (ang. *station pressure*) to lokalnie występujące ciśnienie atmosferyczne, które można zmierzyć bezpośrednio za pomocą barometru. Ciśnienie to zależy w niewielkim stopniu od warunków meteorologicznych oraz silnie od wysokości punktu pomiarowego nad poziomem morza. *Ciśnienie barometryczne* (ang. *barometric pressure*) to lokalne ciśnienie powietrza **zredukowane** do poziomu morza.

Ciśnienie powietrza szybko spada wraz ze zwiększaniem wysokości, gdyż coraz mniej jest powietrza, które swoim ciężarem ściska od góry powietrze znajdujące się poniżej, powodując powstawanie ciśnienia. Dla wysokości do ok. 2000 m

<sup>54</sup> Warunki *ICAO* są następujące: temperatura 15°C, ciśnienie 1013,25 hPa, wilgotność względna 0%.

i temperatury kilkunastu stopni Celsjusza można z rozsądnym przybliżeniem przyjąć, że tzw. stopień baryczny<sup>55</sup> wynosi ok. 10 m, co oznacza, że przy zwiększeniu wysokości o 10 m następuje spadek ciśnienia o ok. 1 hPa (1 mb).

Prognozy pogody operują zawsze ciśnieniem barometrycznym (tzn. ciśnieniem zredukowanym do poziomu morza), co pozwala na obserwowanie zjawisk meteorologicznych w oderwaniu od wysokości, na której znajdują się poszczególne regiony. Korzystając z kalkulatorów balistycznych, można zazwyczaj wprowadzać do obliczeń ciśnienie w dwóch postaciach: albo jako ciśnienie powietrza zmierzone w rejonie, w którym odbywa się strzelanie, albo jako ciśnienie barometryczne zredukowane do poziomu morza uzupełnione informacją o wysokości, na jakiej znajduje się stanowisko ogniowe.

Zakres zmian ciśnienia możliwych ze względów taktycznych związany z wysokością jest znacznie większy (na wysokości 4000 m różnica w stosunku do ciśnienia na poziomie morza wynosi ok. 400 hPa) niż zakres zmian ciśnienia wynikający z sytuacji barycznej (wyżej, niżej). W klimacie środkowoeuropejskim różnice ciśnienia barometrycznego związane ze stanem pogody nie przekraczają 20 hPa i tylko sporadycznie dochodzą do 60 hPa.

Przy typowych odległościach strzału snajperskiego wilgotność powietrza odgrywa pomijalnie małą rolę. Powietrze o większej wilgotności ma mniejszą<sup>56</sup> gęstość i mniej spowalnia ruch pocisku. Tym niemniej zmiana ta jest minimalna. Przykładowo, dla kalibru .338 Lapua Magnum, przy strzelaniu na odległość 1000 m zmiana wilgotności powietrza z 10 na 90% wymaga obniżenia nastaw celownika o 0,03 MIL, czyli mniej niż o jeden „klik” w typowych celownikach snajperskich.

Jak wynika z przytoczonych powyżej rozważań, przy strzelaniu na dystansie mniejszym niż 200–300 m (a więc typowym dla snajperów policyjnych) można praktycznie pominąć wprowadzanie korekcy ze względu na temperaturę, ciśnienie barometryczne, wilgotność, a nawet wysokość. Przy większej odległości trzeba już wprowadzać korekcy, szczególnie uwzględniające wysokość, a w drugiej kolejności również temperaturę. Korygując temperaturę, trzeba jednak zawsze pamiętać o jej dodatkowym (i niedającym się w prosty sposób opisać) wpływie na prędkość wylotową pocisku oraz drgania lufy.

Szczegółowe informacje o poprawkach na temperaturę i ciśnienie powietrza znajdują się w podrozdz. 7.8.

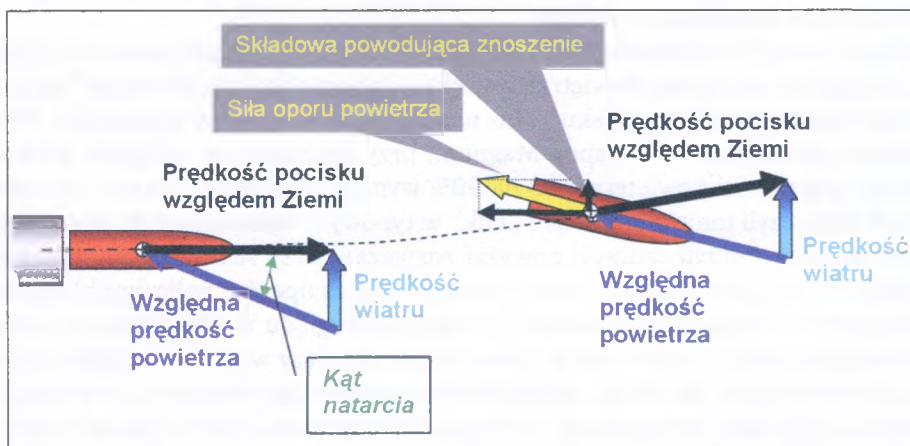
<sup>55</sup> Stopień baryczny to taka zmiana wysokości, która powoduje zmianę ciśnienia o 1 hPa. Przy temperaturze powietrza 0°C i ciśnieniu barycznym 1000 hPa na poziomie morza stopień baryczny wynosi 8 m. Wraz ze zwiększeniem wysokości stopień baryczny się zwiększa i osiąga wartość ok. 16 m na wysokości 5000 m. Wzrost temperatury powoduje również zwiększenie stopnia barycznego, który na poziomie morza w temperaturze 15°C wynosi już ok. 9 m.

<sup>56</sup> W wielu źródłach błędnie jest podane, że powietrze o większej wilgotności ma większą gęstość. Pogląd ten wynika prawdopodobnie z przekonania, że woda jest „cięższa” od powietrza. W powietrzu występuje jednak para wodna o masie cząsteczkowej równej 18, podczas gdy masa cząsteczkowa azotu wynosi 28, a tlenu 32, co powoduje, że średnia masa cząsteczkowa powietrza suchego wynosi ok. 29.

## 5.6. Wpływ wiatru

Wiatr jest jednym z najistotniejszych czynników atmosferycznych, jakie mają wpływ na lot pocisku, szczególnie przy strzelaniu na dużą odległość. Co gorsze, wpływ wiatru jest również zdecydowanie najtrudniejszy do skorygowania podczas strzelania, pomimo że teoretycznie zjawisko znoszenia pod wpływem wiatru bocznego jest bardzo dobrze zbadane. Problem wynika jednak z tego, że bardzo trudno jest kompleksowo określić prędkość i kierunek wiatru na drodze pocisku oraz z tego, że ocena taka jest wykonywana przed strzałem i w chwili strzału może już być nieaktualna.

Jakkolwiek mogło by się zdawać, że wpływ wiatru jest łatwy do wyjaśnienia, a wręcz oczywisty, to jednak w przypadku pocisku stabilizowanego żyroskopowo zjawiska zachodzące w związku z bocznym wiatrem są bardzo skomplikowane i trudne do zrozumienia [7]. Ich dokładne, teoretyczne omówienie przekracza ramy tego opracowania. Poniżej zostanie przedstawiony bardzo uproszczony opis zjawisk związanych z wpływem wiatru bocznego.



Rys. 5.15. Uproszczony model znoszenia pocisku przez wiatr boczny

W chwili wylotu z lufy oś pocisku i wektor<sup>57</sup> jego prędkości są skierowane zgodnie z osią przewodu lufy. Zakładając, że wieje wiatr o wektorze prędkości skierowanym w lewo, to wektor prędkość pocisku względem powietrza jest odchyłony o kąt natarcia zaznaczony na rys. 5.15. Wartość kąta natarcia dla typowych pocisków karabinowych jest przy tym bardzo niewielka. Jeśli na przykład prędkość wylotowa pocisku wynosi 800 m/s, a prędkość wiatru 5 m/s, to kąt natarcia wynosi ok.  $0,7^\circ$ , czyli ok. 40 MOA. Natychmiast po opuszczeniu przewodu lufy pocisk zaczyna wykonywać ruchy precesyjne związane ze zjawiskiem żyroskopowym, które

<sup>57</sup> Wektor jest to obiekt geometryczny mający wartość (długość), kierunek i zwrot określający orientację wzdłuż danego kierunku. Najczęściej wektor prędkości wiatru jest rozpatrywany w przestrzeni dwuwymiarowej (tzn. zakłada się, że wektor prędkości wiatru nie ma składowej pionowej).

go stabilizuje w locie. W wyniku tego wierzchołek pocisku zaczyna poruszać się po torze spiralnym. Na skutek skomplikowanych oddziaływań aerodynamicznych średnie położenie wierzchołka pocisku zaczyna odchyłać się od toru ruchu środka ciężkości pocisku i pocisk zaczyna ustawiać się tak, że jego oś staje się równoległa do kierunku napływu powietrza (na rysunku dla uproszczenia pominięto wizualizację ruchów precesyjnych). Korzystając z określeń żeglarskich, można powiedzieć, że pocisk *ostrzy pod wiatr*. W wyniku tego średni kąt natarcia pocisku w stosunku do powietrza zbliża się do zera.

Siła oporu powietrza jest więc skierowana zgodnie z osią pocisku, która z kolei jest odchyłona od kierunku ruchu o pewien kąt. Wektor siły oporu powietrza można jednak rozłożyć na dwie składowe: jedną równoległą do kierunku wylotu z lufy i drugą prostopadłą. To właśnie ta druga, prostopadła składowa siły oporu powietrza powoduje boczne znoszenie pocisku.

Należy zwrócić przy tym uwagę, że im mniejszy jest opór powietrza działający na pocisk, tym mniejsza jest składowa tego oporu powodująca znoszenie boczne. Ze skomplikowanych rozważań wynika, że:

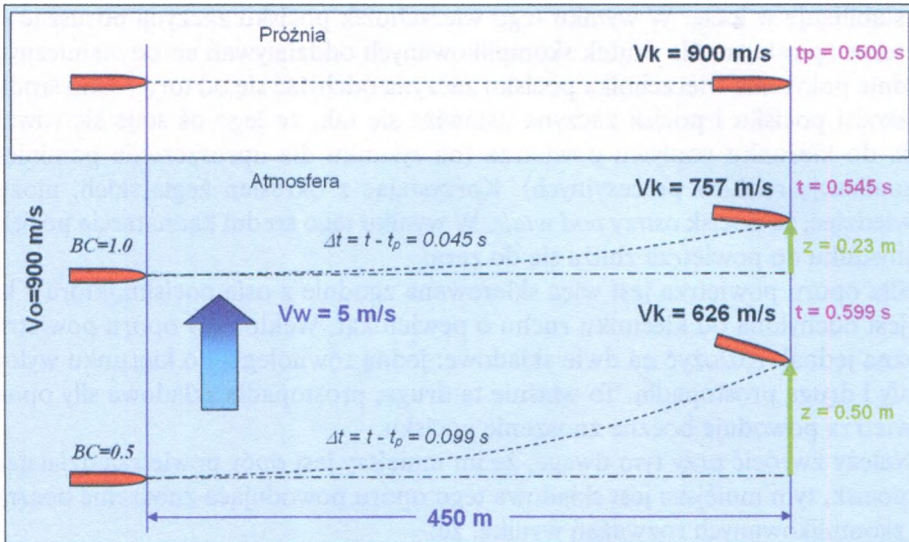
Znoszenie boczne pocisku pod wpływem wiatru jest proporcjonalne do bocznej składowej prędkości wiatru (tzn. składowej skierowanej pod kątem  $90^\circ$  w stosunku do kierunku strzału) oraz przyrostu czasu lotu pocisku w atmosferze w stosunku do lotu tego samego pocisku w próżni.

Praktyczny wniosek, jaki należy wyciągnąć z powyższego twierdzenia, jest taki, że im większy jest współczynnik balistyczny  $BC$  (przy identycznej prędkości wylotowej), tym mniejsze jest znoszenie spowodowane wiatrem. Proporcjonalność znoszenia do prędkości wiatru oznacza, że jeśli na przykład przy pewnej odległości i kierunku wiatru o prędkości 1 m/s znoszenie wynosi 0,3 m, to przy prędkości wiatru 3 m/s znoszenie wyniesie  $3 \cdot 0,3 = 0,9$  m.

Na rysunku 5.16 jest przedstawiona wizualizacja powyższej reguły. Podczas lotu w atmosferze prędkość pocisku ulega zmniejszeniu w stosunku do prędkości wylotowej. Oznacza to, że na przebycie odległości od wylotu lufy do celu pocisk potrzebuje więcej czasu niż jest to konieczne przy locie w próżni. Na rysunku różnica ta jest oznaczona  $\Delta t$ . Pociski o większym współczynniku balistycznym  $BC$  mniej zwalniają niż pociski o małym współczynniku, przez co, przy tej samej prędkości wylotowej, są mniej znoszone przez wiatr.

Wpływ wiatru nie ogranicza się jednak tylko do znoszenia bocznego. Ze względu na zjawiska żyroskopowe boczne oddziaływanie wiatru powoduje odchylenie osi pocisku w płaszczyźnie pionowej (patrz podrozdz. 5.3 poświęcony stabilizacji żyroskopowej) i przez to, zależnie od kierunku wiatru i kierunku obrotów pocisku, tworzy się siła nośna skierowana ku górze<sup>58</sup> albo ku dołowi.

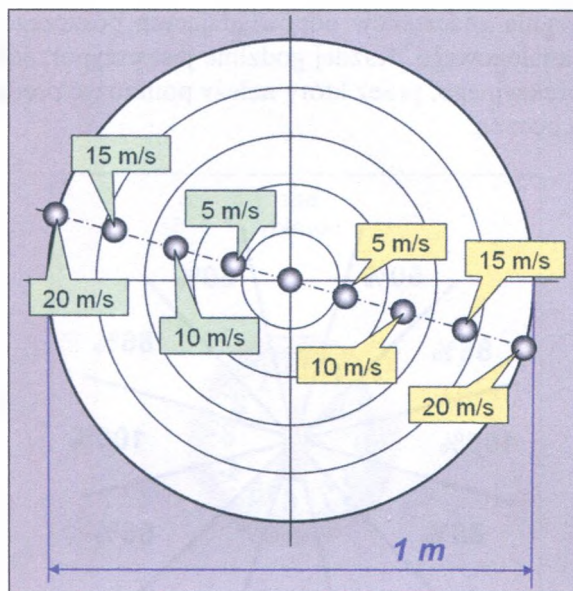
<sup>58</sup> Jest to mechanizm podobny do działania steru głębokości w okręcie podwodnym.



Rys. 5.16. Wizualizacja reguły określającej zależność znoszenia pocisku ( $z$ ) pod wpływem wiatru bocznego o prędkości ( $V_w$ ) od różnicy czasu lotu w próżni ( $t_p$ ) i w atmosferze ( $t$ )

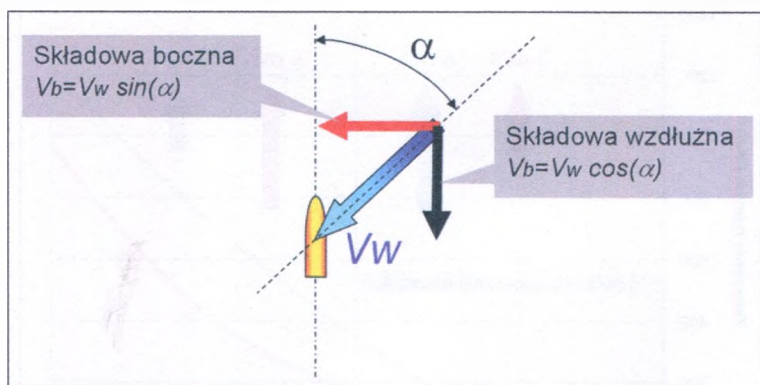
Zakładając, że pocisk został wystrzelony z lufy z gwintem prawoskrętnym, wiatr wiejący z prawej strony będzie powodować podniesienie punktu trafienia (ponieważ wierzchołek pocisku podniesie się do góry), a wiatr wiejący z lewej strony obniżenie tego punktu (ponieważ wierzchołek będzie odchyłony ku dołowi w stosunku do linii stycznej do toru lotu pocisku). Dla pocisków wystrzelonych z lufy lewoskrętnej odchylenia będą miały odwrotny kierunek. Na rysunku 5.17 jest przedstawiony wyidealizowany układ przestrzelin przy różnej prędkości i kierunku wiatru. Kąt, pod jakim układają się przestrzeliny, zależy od współczynnika stabilizacji żyroskopowej. Przy większych wartościach współczynnika odchylenie pionowe jest większe. W praktyce wynosi ono zazwyczaj kilka-kilkanaście procent znoszenia bocznego.

Programy balistyczne liczą, co prawda, znoszenie pionowe spowodowane wiatrem, ale otrzymane wyniki mają najczęściej charakter bardzo przybliżony, nie uwzględniają bowiem rzeczywistego współczynnika stabilizacji i jego zmian w trakcie lotu pocisku. Należy więc samodzielnie, eksperymentalnie określić znoszenie pionowe dla danego rodzaju amunicji i skoku gwintu lufy. Można to zrobić, oddając kilkanaście bardzo dobrze wypracowanych strzałów przy zmiennym wietrze bocznym do bardzo szerokiej tarczy. Strzały te powinny być jednak oddane ze stałymi nastawami celownika, w których nie uwzględnia się zmian prędkości wiatru. W konsekwencji pociski powinny ułożyć się na odcinku pochylonym tak, jak jest to pokazane na rys. 5.17. Uzyskany kąt pochylenia pozwoli na procentowe oszacowanie znoszenia pionowego w stosunku do znoszenia poziomego. Stosunek ten będzie stały zarówno przy innej prędkości wiatru, jak i innej odległości strzelania.



**Rys. 5.17.** Pionowe odchyłki punktu trafienia spowodowane wiatrem bocznym dla pocisku obracającego się zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Pocisk .308 Win., Lapua Scenar, 185 gr, lufa z gwintem prawoskrętnym o skoku 12", odległość od celu 300 m

Przy wietrze wiejącym w stosunku do linii strzału pod kątem innym niż  $90^\circ$  należy uwzględnić jedynie składową wiatru prostopadłą do linii strzału, tak jak jest to przedstawione na rys. 5.18. Składowa wzdłużna (równoległa) do linii strzału ma znikomy wpływ, który może być pominięty w odniesieniu do broni strzeleckiej.

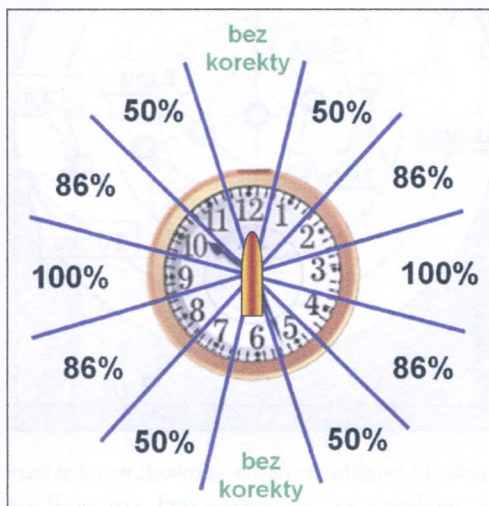


**Rys. 5.18.** Boczna składowa wiatru wiejącego pod kątem  $\alpha$  do linii strzału

Nie zawsze jest możliwe dokładne uwzględnienie kąta, pod jakim wieje wiatr, w stosunku do linii strzału. Można wtedy zastosować uproszczoną metodę opartą na tarczy zegara (rys. 5.19). W metodzie tej określa się sektor kierunkowy, korzy-

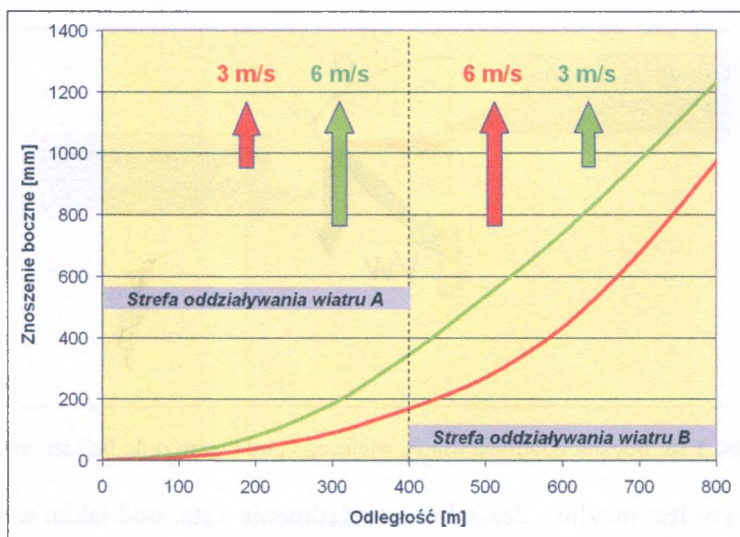


tając z rozmieszczenia znaczników odpowiadających poszczególnym godzinom na tarczy zegara analogowego. Każdej godzinie jest przyporządkowana wartość współczynnika korekcyjnego, przez który należy pomnożyć prędkość wiatru, aby uzyskać składową boczną.



Rys. 5.19. Określanie składowej bocznej prędkości wiatru za pomocą tarczy zegarka

Na znoszenie pocisku ma wpływ wiatr wiejący na całej długości toru lotu pocisku. Przy dużej odległości strzału wiatr ma często odmienny kierunek i prędkość w różnych strefach, przez które przelatuje pocisk, szczególnie wtedy, gdy rzeź-



Rys. 5.20. Znoszenie pocisku dla dwóch przykładowych profili wiatru

ba terenu jest urozmaicona (np. w terenie górzystym). Najczęściej również, na niewielkiej wysokości nad poziomem gruntu, prędkość wiatru jest mniejsza niż na wysokości kilku lub kilkunastu metrów. W typowych sytuacjach, na znoszenie pocisku większy wpływ ma wiatr wiejący w pobliżu stanowiska strzeleckiego niż w pobliżu celu.

Na rysunku 5.20 jest przedstawione oddziaływanie wiatru na pocisk Scenar 250 gr kal. .338 Lapua Magnum dla dwóch różnych profili wiatru bocznego o tej samej średniej prędkości 4,5 m/s. Przy pierwszym profilu (kolor czerwony) w strefie A (0–400 m) wieje wiatr o prędkości 3 m/s, natomiast w strefie B (400–800 m) prędkość wiatru zwiększa się do 6 m/s. Przy drugim profilu (kolor zielony) w strefie A (400 m) wieje wiatr o prędkości 6 m/s, a w większej odległości prędkość maleje do 3 m/s. Jak widać, pierwszy profil wiatru powoduje wyraźnie mniejsze znoszenie pocisków na całym analizowanym dystansie 0–800 m niż profil drugi, charakteryzujący się większą prędkością wiatru w rejonie stanowiska strzeleckiego.

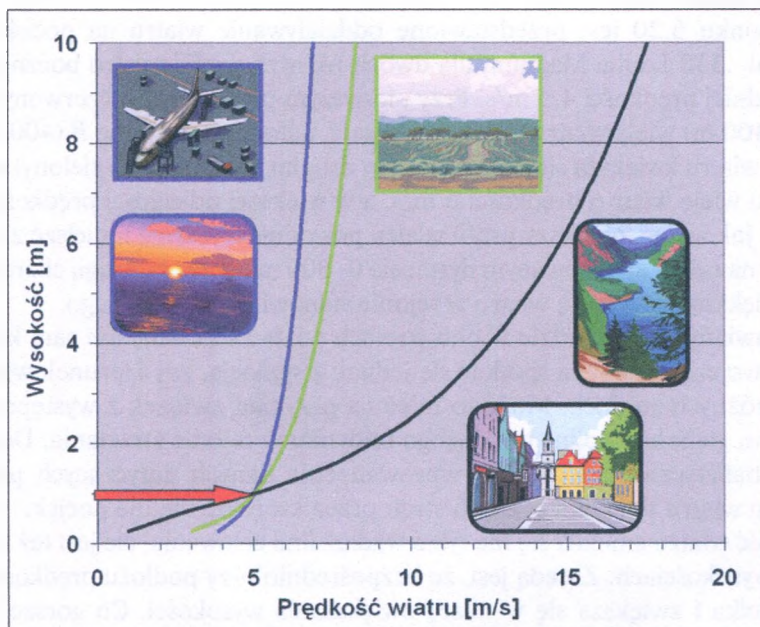
W omawianym przykładzie w obu strefach wiatr zachowuje ten sam kierunek. Stosunkowo często można spotkać się jednak z sytuacją, gdy kierunek wiatru jest różny w różnych strefach. Może to mieć na przykład związek z występowaniem ściany lasu, głębokiej doliny lub dużego budynku w rejonie strzelania. Dobre kalkulatory balistyczne umożliwiają wprowadzenie danych dotyczących prędkości i kierunku wiatru dla kilku różnych stref, przez które przelatuje pocisk.

Prędkość wiatru zmienia się nie tylko wzdłuż linii celowania, ale jest też różna na różnych wysokościach. Zasadą jest, że bezpośrednio przy podłożu prędkość wiatru jest niewielka i zwiększa się w miarę zwiększania wysokości. Co gorsze, nie ma jednej, prostej i uniwersalnej zależności pozwalającej na ocenę tego zwiększania, gdyż zależy ono od charakterystyki („chropowatości”) podłoża. Istniejące modele dobrze opisują zmiany, jakie zachodzą na wysokościach kilkudziesięciu metrów, ale nie są zbyt dokładne dla wysokości mniejszej niż 5–10 m. Dla małej wysokości duży bowiem wpływ mają nie tylko statystyczne cechy terenu dające się opisać w modelu, ale jego konkretne ukształtowanie. Trzeba sobie zdawać sprawę, że przy strzelaniu na płaskim terenie pocisk zazwyczaj wznosi się do kilku metrów ponad linię celowania (np. pocisk kal. .338 Lapua Magnum przy strzale na odległość 1200 m ma wierzchołkową<sup>59</sup> wynoszącą ok. 5,5 m). Przy strzelaniu w terenie górzystym lub zurbanizowanym wysokość lotu pocisku nad podłożem może być jednak znacznie większa, często może nawet wynosić kilkadziesiąt–kilkaset metrów. W takich przypadkach o znoszeniu bocznym w większym stopniu może decydować wiatr wiejący w połowie odległości od celu niż w rejonie stanowiska ogniowego.

Jako regułę należy przyjąć, że im bardziej płaski i gładki jest teren, tym mniejsze różnice występują pomiędzy prędkością wiatru na różnej wysokości. W terenie pokrytym wysokopienną roślinnością, budynkami i innymi przeszkodami różnice mogą być natomiast bardzo duże.

<sup>59</sup> Wierzchołkowa to najwyższy punkt toru lotu pocisku (odległość pionowa od wierzchołka toru lotu do poziomu wylotu).

Na rysunku 5.21 są przedstawione przykładowe zmiany prędkości wiatru w funkcji wysokości dla trzech typów terenu, przy założeniu że na wysokości 1 m wieje wiatr z prędkością 5 m/s. Kolory ramek wizualizujących cechy terenu korespondują z kolorami krzywych opisujących zmiany prędkości wiatru.



**Rys. 5.21.** Wpływ wysokości i ukształtowania terenu na prędkość wiatru. Założono, że na wysokości 1 m prędkość wiatru wynosi 5 m/s, niezależnie od ukształtowania terenu

Najmniejsze zmiany prędkości wiatru występują na płaskim, gładkim terenie, którego przykładem może być płyta pasa startowego lotniska, zamrożone jezioro lub stosunkowo gładka (pozbawiona fal) tafla wody. Dla takiego przypadku można spodziewać się bardzo niewielkich różnic w prędkości wiatru, nieprzekraczających (na różnej wysokości istotnej dla snajpera) 20% wartości prędkości zmierzonej na wysokości 1 m.

W terenie płaskim porośniętym trawą lub pokrytym kamieniami (łąki, zaorane pola, plaże) zmiany są już bardziej widoczne i na wysokości wylotu lufy (25 cm) prędkość wiatru może zmaleć o ok. 40%, a na wysokości 5 m może być o ok. 40% większa od zmierzonej.

W terenie bardzo urozmaiconym, górzystym, pokrytym formacjami skalnymi, budynkami lub w pobliżu lasu zmiany prędkości mogą być bardzo duże. W szczególnym przypadku na stanowisku strzeleckim prędkość wiatru może być znikoma<sup>60</sup>. W miarę zwiększania wysokości prędkość wiatru jednak gwałtownie się

<sup>60</sup> Snajper zazwyczaj kładzie się w zagłębieniu terenowym, pod osłoną krzaków, skał czy innych przeszkód ograniczających prędkość wiatru.

zwiększa i na wysokości wierzchołków drzew może być nawet 3–4 razy większa niż na wysokości 1 m. Trzeba to uwzględnić, określając poprawkę na wiatr przy strzelaniu nad dolinami, kanionami ulicznymi itd. Nawet na płaskim terenie, jeśli strzał jest oddawany na dużą odległość, pocisk wznosi się na kilka metrów ponad poziom gruntu i może wejść w strumień powietrza o znacznie większej prędkości niż wynosi prędkość na stanowisku strzeleckim.

W terenie zurbanizowanym dodatkowym problemem jest znaczna zmienność siły i kierunku wiatru oraz liczne zawirowania powietrza.

#### **PRZYKŁAD**

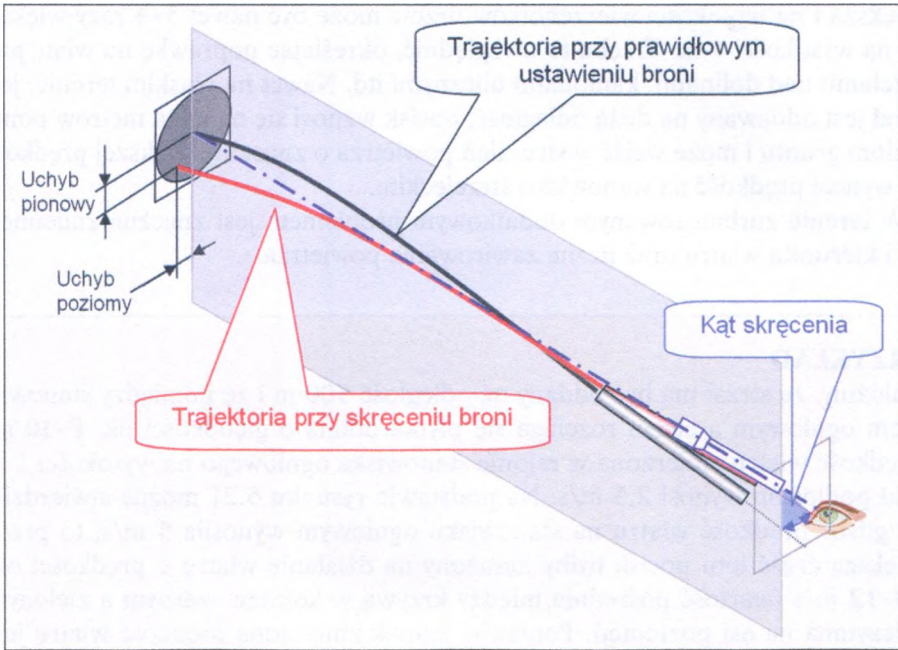
Załóżmy, że strzał ma być oddany na odległość 500 m i że pomiędzy stanowiskiem ogniowym a celem rozciąga się płytka dolina o głębokości ok. 8–10 m. Prędkość wiatru zmierzona w rejonie stanowiska ogniowego na wysokości 1 m nad podłożem wynosi 2,5 m/s. Na podstawie rysunku 5.21 można stwierdzić, że gdyby prędkość wiatru na stanowisku ogniowym wynosiła 5 m/s, to przez większą część lotu pocisk byłby narażony na działanie wiatru o prędkości ok. 10–12 m/s (wartość pośrednia między krzywą w kolorze czarnym a zielonym odczytana na osi poziomej). Ponieważ jednak zmierzona prędkość wiatru jest o połowę mniejsza, więc należy się spodziewać, że nad doliną pocisk napotka wiatr o prędkości ok. 5–6 m/s.

Zagadnienie oceny prędkości wiatru i wprowadzania poprawek niwelujących znoszenie spowodowane wiatrem jest omówione w podrozdz. 7.4.

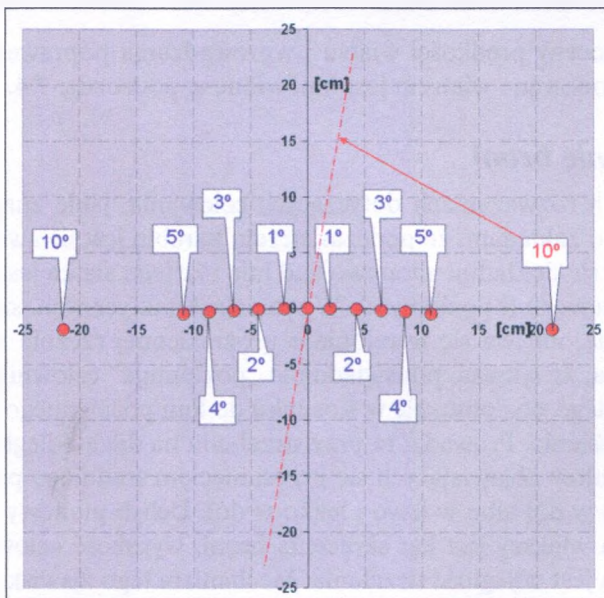
### **5.7. Skręcenie broni**

We wszystkich rozważaniach dotyczących celowania, jakie znajdują się w tej książce, milcząco zakładam, że podczas strzału karabin jest ustawiony tak, że celownik znajduje się dokładnie pionowo nad lufą i że jego siatka jest zorientowana w kierunku pionowym (i poziomym). W sytuacjach taktycznych, szczególnie wtedy, gdy strzelanie odbywa się w rejonie o urozmaiconej rzeźbie terenu, bardzo często się zdarza, że strzelec podświadomie „poziomuje” celownik nie w stosunku do rzeczywistego poziomu, ale w stosunku do linii pochylonego horyzontu lub innej bazy odniesienia. Prowadzi to przy strzelaniu na dużą odległość do powstania istotnych błędów objawiających się przesunięciem średniego punktu trafienia w prawo i lekko w dół albo w lewo i lekko w dół. Uchyb pionowy i poziomy jest tym większy, im większy jest kąt skręcenia broni, wysokość celownika nad osią lufy i im większa jest odległość strzelania. Mechanizm tego zjawiska jest przedstawiony na rys. 5.22.

Na rysunku 5.23 są przedstawione uchyby dla przykładowego pocisku wystrzelonego na odległość 800 m i skręceniu broni o kąty do  $10^\circ$  włącznie. Jak widać, uchyb poziomy jest znacznie większy niż uchyb pionowy i dochodzi aż do ponad



Rys. 5.22. Wpływ skręcenia broni na trajektorię pocisku



Rys. 5.23. Przykładowe uchyby spowodowane skręceniem broni dla pocisku Lapua Scenar 185 gr kal. .308 wyrzuczonego z prędkością 750 m/s na odległość 800 m. Na rysunku zaznaczono również kąt 10° odpowiadający największemu skręceniu broni zobrazowanemu na tym rysunku

21 cm przy skróceniu broni o kąt  $10^\circ$ . Przy skręcaniu broni w prawo (zgodnie z obrotami wskazówek zegara) pociski układają się na prawo od punktu celowania, a przy skręcaniu karabinu w lewo pociski układają się z lewej strony.



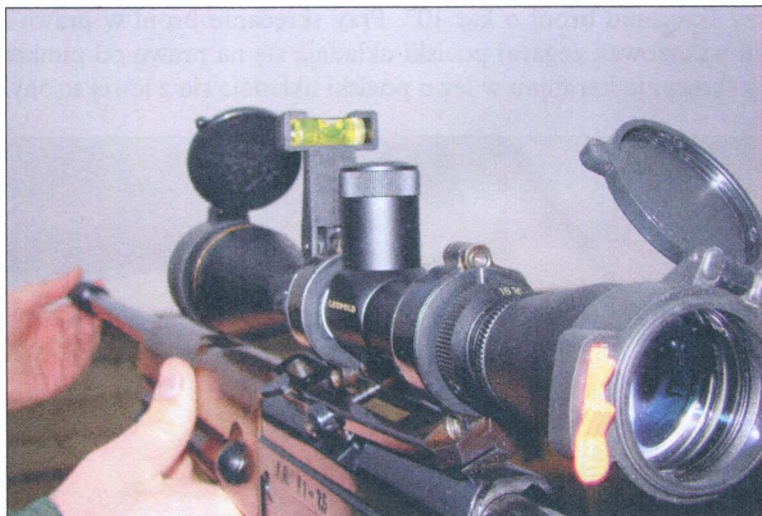
Rys. 5.24. Poziomica stała zainstalowana na celowniku US Optics

W celu wyeliminowania skręcenia broni stosuje się poziomice mocowane do celownika lub szyny montażowej tak, aby można je było zobaczyć kątem lewego oka (dla strzelca celującego okiem prawym). Po wstępnym ustawieniu broni strzelec powinien skontrolować jej ustawienie, obserwując położenie pęcherzyka powietrza w poziomicy. Na rysunku 5.24 jest przedstawiona poziomica stała zainstalowana na tubusie celownika US Optisc SN3. Często są również stosowane poziomice uchylne, które można składać do transportu (rys. 5.25). Poziomica taka może być zainstalowana przed pokrętlami regulacyjnymi (czyli dalej od oka), co ułatwia akomodację wzroku przy patrzeniu na nią. Stosowane również bywają poziomice bezpośrednio montowane do szyny Picatinny (rys. 5.26).

### 5.8. Wyprzedzenie

Jeśli podczas trwania lotu pocisku cel zmienia swoje położenie, to trzeba to uwzględnić w postaci odpowiedniej poprawki, którą potocznie nazywa się „wyprzedzeniem”. W najbardziej ogólnym przypadku cel może zmieniać swoje położenie w taki sposób, że zmienia się jego azymut, wysokość i odległość.

Największe praktyczne znaczenie mają sytuacje, w których zmienia się azymut, i większość rozważań związanych ze strzelaniem z broni strzeleckiej do celów ruchomych ich właśnie dotyczy (rys. 5.27). Załóżmy, że cel porusza się prostopadle do kierunku strzału w odległości  $L$  z prędkością  $V$ . Ponieważ rozważania są



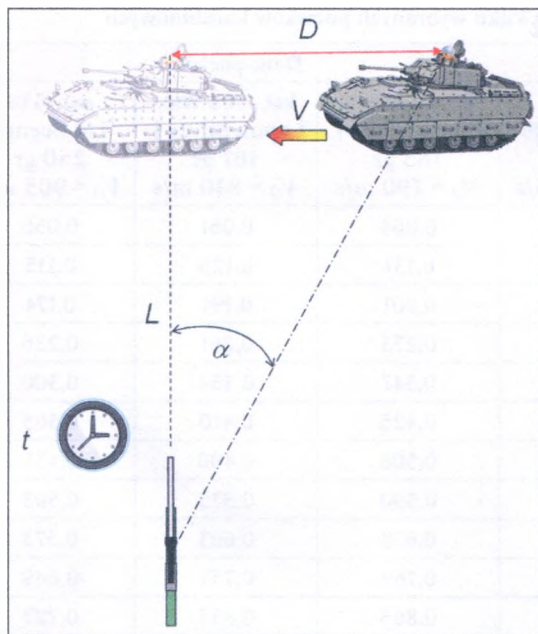
Rys. 5.25. Poziomica uchylna zainstalowana na celowniku Leupold 6-18 × 40 VxII



Rys. 5.26. Poziomica montowana do szyny produkcji US Optics

prowadzone zgodnie z układem jednostek SI, odległość musi być wyrażona w metrach, a prędkość celu w m/s<sup>61</sup>. Do określenia wyprzedzenia konieczna jest jeszcze znajomość czasu lotu pocisku. Niestety, dokładne określenie tego czasu wymaga

<sup>61</sup> Jeśli istnieje konieczność przeliczenia prędkości celu z [km/h] na [m/s], to należy zastosować przelicznik: 1 m/s = 3,6 km/h. Oznacza to, że prędkość celu poruszającego się z prędkością 5 km/h wynosi 1,4 m/s.



Rys. 5.27. Wyprzedzenie przy strzelaniu do celu ruchomego

wykonania skomplikowanych obliczeń, do których niezbędny jest kalkulator balistyczny. Jeśli nie ma możliwości wykonania obliczeń, to czas ten można również odczytać z tabeli. W tabeli 5.4 jest przedstawiony czas lotu kilku typowych pocisków karabinowych w funkcji prędkości wylotowej; typowe wartości prędkości wybranych celów znajdują się w tab. 5.5.

W sytuacjach, w których ani kalkulator, ani tabele nie są dostępne, czas lotu pocisku  $t$  należy spróbować oszacować na podstawie prędkości wylotowej pocisku  $V_0$  i odległości strzału  $L$ . Bardzo uproszczony wzór empiryczny, dający niezłe przybliżenie w odniesieniu do pocisków kal. .308 na odległości do około 300 m, ma następującą postać:

$$t \approx \frac{L}{V_0 - L/4}$$

**PRZYKŁAD**

Dla pocisku Lapua Silver Jacket 185 gr wystrzelonego z prędkością 790 m/s czas lotu na odległość 200 m obliczony wg powyższego wzoru wynosi

$$t = 200 / (790 - (200/4)) = 0,270 \text{ s}$$

podczas gdy czas odczytany z tabel balistycznych wynosi 0,273.



Tabela 5.4. Czasy lotu kilku wybranych pocisków karabinowych

Odległość [m]	Dane pocisku				
	kal. .223 Rem. SS 109 62 gr $V_0 = 915$ m/s	kal. .308 Win. Lapua Silver J. 185 gr $V_0 = 790$ m/s	kal. .308 Win. Lapua Silver J. 167 gr $V_0 = 840$ m/s	kal. .338 LM Scenar 250 gr $V_0 = 905$ m/s	kal. .50 BMG Mk211 671 gr $V_0 = 887$ m/s
50	0,056	0,064	0,061	0,056	0,060
100	0,115	0,131	0,125	0,115	0,116
150	0,178	0,201	0,191	0,174	0,178
200	0,243	0,273	0,261	0,236	0,241
250	0,313	0,347	0,334	0,300	0,306
300	0,387	0,425	0,410	0,365	0,374
350	0,466	0,506	0,490	0,433	0,444
400	0,549	0,590	0,575	0,503	0,516
450	0,639	0,678	0,663	0,575	0,591
500	0,734	0,769	0,757	0,649	0,669
550	0,836	0,865	0,855	0,727	0,750
600	0,946	0,965	0,959	0,806	0,835

Tabela 5.5. Typowa prędkość wybranych celów

Cel	$V$ [m/s]
Skradanie się (patrol)	0,3
Wolny marsz	1,2
Szybki marsz	1,8
Bieg	3,0
Szybki bieg	4,5
Wolna jazda samochodem (18 km/h)	5,0
Jazda samochodem w mieście (50 km/h)	14,0
Prędkość opadania na spadochronie szybującym MarS	2,5-4,0
Prędkość postępową na spadochronie szybującym MarS	max. 12,0
Prędkość opadania na spadochronie SD-83	6,0

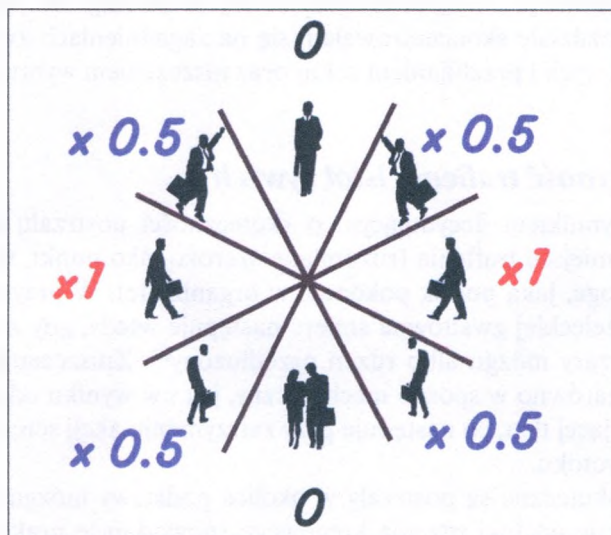
Znając czas lotu pocisku  $t$  oraz prędkość celu  $V_c$ , można w prosty sposób obliczyć wyprzedzenie  $D$ , jakie powinno być odłożone, aby trafić w cel

$$D = V_c t$$

gdzie:  $D$  - wyprzedzenie [m],  $V_c$  - prędkość celu [m/s],  $t$  - czas lotu pocisku [s].

Posługiwanie się wyprzedzeniem wyrażonym w metrach nie jest zbyt wygodne. Lepiej jest więc dokonać przeliczenia na tysięczne (patrz podrozdz. 7.6). Jeśli cel nie porusza się prostopadle do linii strzału, to dodatkowo trzeba to uwzględnić,

mnożąc obliczoną poprawkę przez cosinus kąta, jaki tor ruchu celu tworzy do kierunku prostopadłego do osi lufy. Na rysunku 5.28 są przedstawione przybliżone wartości współczynników korygujących wyprzedzenie przy ruchu celu pod kątem innym niż  $90^\circ$  do osi strzału.



Rys. 5.28. Uproszczone współczynniki korygujące wyprzedzenie przy strzelaniu do celów, które poruszają się pod dowolnym kątem do osi strzału

Wyprzedzenie w odniesieniu do celów zmieniających wysokość oblicza się identycznie jak do celów zmieniających położenie w płaszczyźnie poziomej. Trzeba jednak dodatkowo zastosować zasady celowania do celów znajdujących się powyżej/poniżej stanowiska ogniowego (patrz podrozdz. 7.9).

Trochę inna sytuacja jest w przypadku dalekich celów zbliżających się lub oddalających. Jeśli cel jest w odległości większej niż 500 m i oddala się lub przybliża z dużą prędkością, to trzeba uwzględnić, że zanim pocisk do niego doleci, odległość znacznie się zmieni. W takich sytuacjach nie ma zazwyczaj czasu na szczegółowe obliczenia i jedynym rozwiązaniem jest zastosowanie poprawek określonych intuicyjnie. Tak więc, jeśli cel się oddala, to należy celować nieznacznie wyżej, gdy zaś się zbliża, to trochę niżej niż wynika to z jego aktualnej odległości. Warto pamiętać, że czas lotu na odległość 600–700 m dla większości pocisków karabinowych wynosi ok. 1 s. Samochód jadący z umiarkowaną prędkością pokona w tym czasie 15–20 m, co zmienia punkt trafienia o ok. 20–30 cm.

## 6. Balistyka końcowa pocisków karabinowych

Balistyka końcowa zajmuje się zjawiskami, które zachodzą podczas uderzenia pocisku w cel. W zależności od sytuacji może to być tarcza strzelecka, ciało człowieka lub zwierzęcia (często znajdujące się za osłoną) lub jakiś przedmiot. W niniejszym rozdziale skoncentrowałem się na zagadnieniach związanych z rażeniem celów żywych i przebijaniem osłon oraz niszczeniem wybranych urządzeń technicznych.

### 6.1. Skuteczność trafienia istot żywych

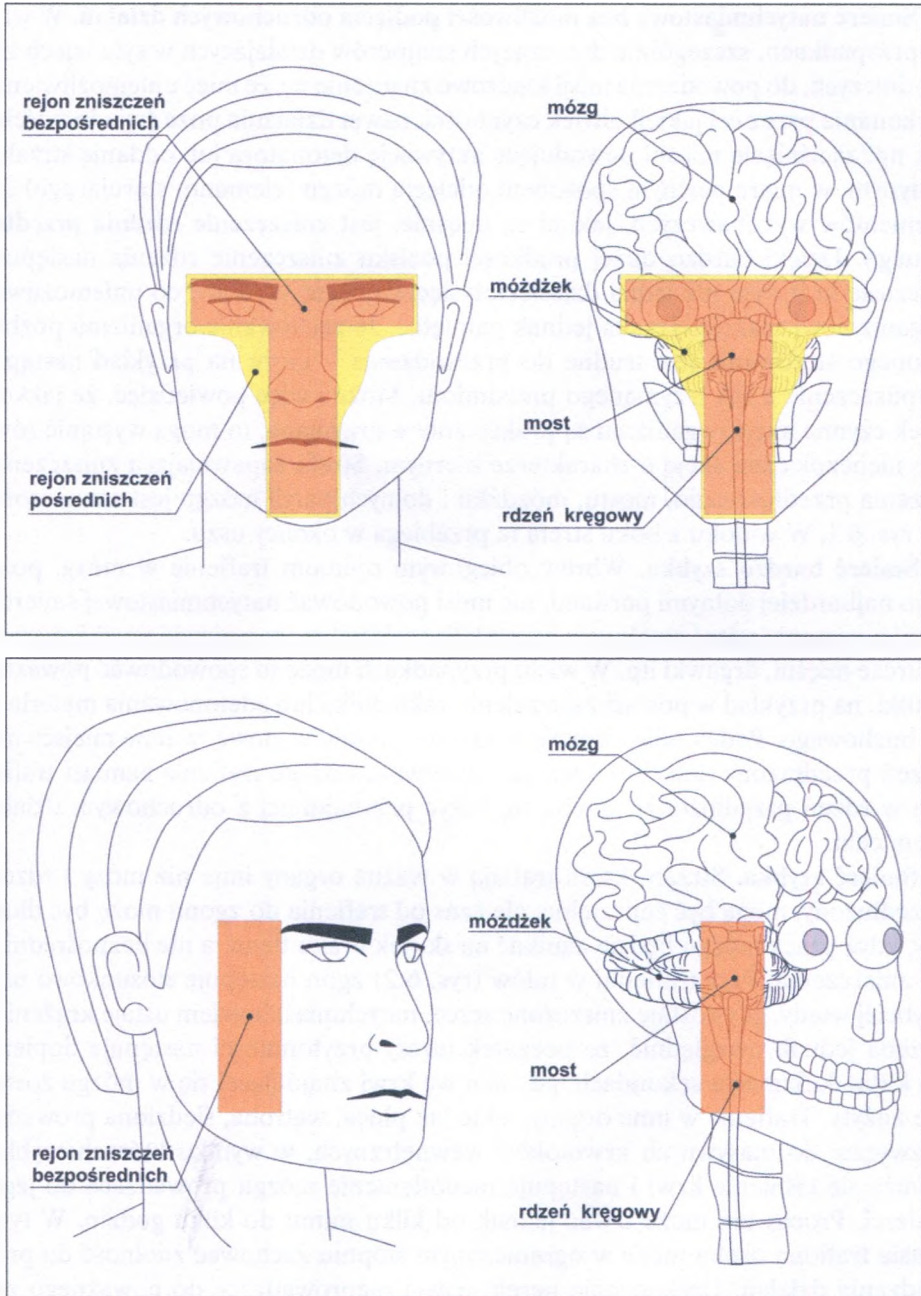
Głównym czynnikiem decydującym o skuteczności postrzału człowieka lub zwierzęcia jest miejsce trafienia (rozumiane szeroko jako punkt, w który uderza pocisk, oraz droga, jaką pocisk pokonuje w organizmie). W przypadku postrzałów z broni strzeleckiej gwałtowna śmierć następuje wtedy, gdy zniszczeniu ulegają ważne obszary mózgu albo rdzeń przedłużony<sup>62</sup>. Zniszczenia te mogą być spowodowane zarówno w sposób mechaniczny, jak i w wyniku odcięcia dopływu krwi transportującej tlen, co następuje przy zatrzymaniu akcji serca lub w wyniku masywnego krwotoku.

Najbardziej skuteczne są postrzały w okolice podstawy mózgu, rdzenia przedłużonego i górne odcinki rdzenia kręgowego (powodujące praktycznie natychmiastową śmierć) oraz postrzały w serce, płuca, wątrobę oraz tętnice – prowadzą one do intensywnego krwotoku i śmierci w czasie od kilku sekund do kilku minut. Trzeba przy tym podkreślić, że ilość utraconej krwi ma znaczenie wtórne, gdyż dla pracy mózgu istotna jest wysokość ciśnienia krwi w tętnicy szyjnej wewnętrznej, odpowiedzialnej za ukrwienie mózgu. Jeśli tętnica ta jest poważnie uszkodzona, to nawet przy niewielkim ubytku krwi następuje zgon.

Do zapewnienia natychmiastowej skuteczności strzału konieczne jest więc, aby pocisk trafił w mózg, rdzeń przedłużony albo w serce, płuca czy w wątrobę i aby był w stanie penetrować ciało tak głęboko, aby dotrzeć do tych organów. Trzeba pamiętać, że zniszczenia tkanki wywołane ruchem pocisku nie ograniczają się jedynie do kanału będącego wynikiem bezpośredniej interakcji pocisku i tkanek organicznych. Obejmują one znacznie większy rejon podlegający dynamicznemu oddziaływaniu fali uderzeniowej rozchodzącej się w tkankach oraz ewentualnie rejon zniszczeń spowodowanych przez odłamki kostne (rys. 6.1).

Nie można w sposób absolutnie pewny i jednoznaczny określić czasu, jaki upłynie od momentu trafienia do śmierci lub utraty możliwości podejmowania jakichkolwiek działań przez trafioną osobę. Dużo bowiem zależy od właściwości osobniczych, stanu organizmu, wpływu alkoholu lub narkotyków czy indywidualnego ukształtowania kanału postrzałowego stałego i chwilowego (patrz podrozdz. 6.2), szczególnie przy postrzałach w tułów. Można jednak podać pewne ogólne informacje pozwalające na określenie spodziewanego, bardzo prawdopodobnego skutku trafienia.

<sup>62</sup> Rdzeń przedłużony to część tyłomózgowia łącząca mózdzek z rdzeniem kręgowym.



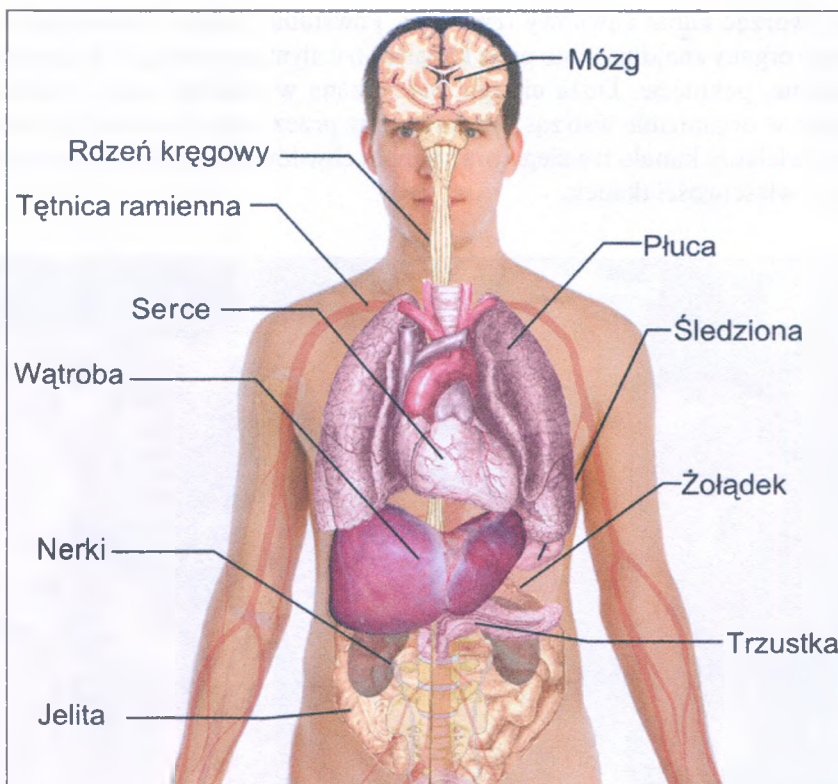
**Rys. 6.1.** Rejony głowy o szczególnej wrażliwości na postrzały (tzw. FBI „T”). Po trafieniu w rejon oznaczony kolorem pomarańczowym pocisk niszczy bezpośrednio dolne partie mózgu, most, mózdzek lub rdzeń przedłużony. Kolorem żółtym oznaczono strefę, po trafieniu w którą vitalne organy są niszczone przez oddziaływanie hydrodynamiczne  
[autorka rysunku: Aleksandra Pawlak]

**Śmierć natychmiastowa bez możliwości podjęcia odruchowych działań.** W wielu przypadkach, szczególnie dotyczących snajperów działających w sytuacjach zakładniczych, do powodzenia misji kluczowe znaczenie może mieć uniemożliwienie wykonania przez cel jakiegokolwiek czynności, nawet działania poza świadomością, jak np. zaciśnięcie mięśni powodujące aktywację detonatora lub oddanie strzału. Jedynym, w miarę pewnym sposobem odcięcia mózgu (elementu sterującego) od elementów wykonawczych, jakimi są mięśnie, jest **zniszczenie rdzenia przedłużonego**. Dzięki bardzo dużej prędkości pocisku zniszczenie rdzenia następuje w czasie krótszym niż jedna dziesięciotysięczna część sekundy, co uniemożliwia organizmowi reakcję. Trzeba jednak pamiętać, że zachowanie organizmu pozbawionego sterowania jest trudne do przewidzenia – może na przykład nastąpić wypuszczenie z rąk trzymanego przedmiotu. Można więc powiedzieć, że jakkolwiek czynne akcje organizmu są praktycznie wstrzymane, to mogą wystąpić również niebezpieczne akcje o charakterze biernym. Strefa zapewniająca zniszczenie rdzenia przedłużonego, mostu, mózdzku i dolnych partii mózgu jest zaznaczona na rys. 6.1. W widoku z boku strefa ta przebiega w okolicy uszu.

**Śmierć bardzo szybka.** Wbrew obiegowym opiniom trafienie w mózg, poza jego najbardziej dolnymi partiami, nie musi powodować natychmiastowej śmierci. Zanim nastąpi śmierć, w okresie nawet kilku sekund mogą pojawić się chaotyczne skurcze mięśni, drgawki itp. W wielu przypadkach może to spowodować poważne skutki, na przykład w postaci zastrzelenia zakładnika lub zdetonowania materiału wybuchowego. Podejmując decyzję o oddaniu strzału w głowę, w inne miejsce niż rdzeń przedłużony (lub dopuszczając możliwość takiego trafienia zamiast trafienia w rdzeń przedłużony), trzeba się liczyć przynajmniej z odruchowym działaniem celu.

**Śmierć szybka.** Strzały, które trafiają w ważne organy inne niż mózg i rdzeń przedłużony, mogą być śmiertelne, ale czas od trafienia do zgonu może być dłuższy, gdyż praca mózgu będzie zanikać na skutek braku tlenu, a nie bezpośrednio zniszczenia. Przy trafieniu w tułów (rys. 6.2) zgon następuje stosunkowo najszybciej wtedy, gdy zostaje zniszczone serce, natychmiast bowiem ustaje krążenie. Trzeba jednak uwzględnić, że początek utraty przytomności następuje dopiero po kilku–kilkunastu sekundach, gdy tlen we krwi znajdującej się w mózgu zostanie zużyty. Trafienie w inne organy, takie jak płuca, wątroba, śledziona prowadzi zazwyczaj do masywnych krwotoków wewnętrznych, w wyniku których szybko obniża się ciśnienie krwi i następuje niedotlenienie mózgu prowadzące do jego śmierci. Proces ten może trwać jednak od kilku minut do kilku godzin. W tym czasie trafiona osoba może w ograniczonym stopniu zachować zdolność do prowadzenia działań. Uszkodzenie nerek, nawet nieprowadzące do poważnego zagrożenia życia, powoduje bardzo intensywny ból, który zazwyczaj uniemożliwia dalsze działanie.

**Śmierć w wyniku poważnych obrażeń.** Wiele postrzałów prowadzi do śmierci po dłuższym czasie, szczególnie w warunkach polowych, gdy nie zawsze można liczyć na szybką i efektywną pomoc medyczną. Śmierć może nastąpić w wyniku uszkodze-



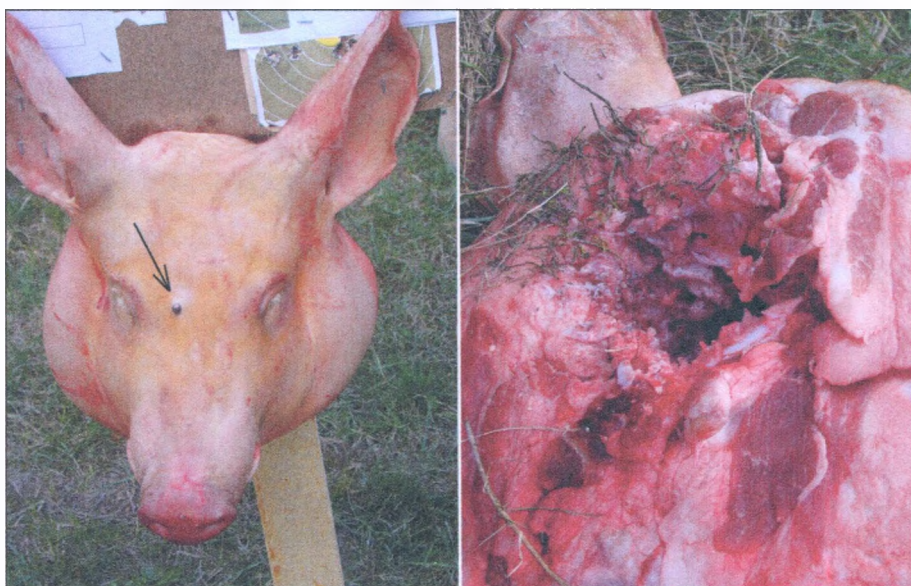
Rys. 6.2. Położenie najważniejszych organów w tułowie [rysunek zawiera elementy pochodzące z [http://commons.wikimedia.org/wiki/Human\\_body\\_diagrams](http://commons.wikimedia.org/wiki/Human_body_diagrams)]

nia ważnych dla organizmu organów (np. jelito grube) lub powikłań łącznie z różnymi zakażeniami. Tego typu postrzały mogą być nawet niezauważone w trakcie walki i często przez wiele godzin nie eliminują postrzelonej osoby z działań.

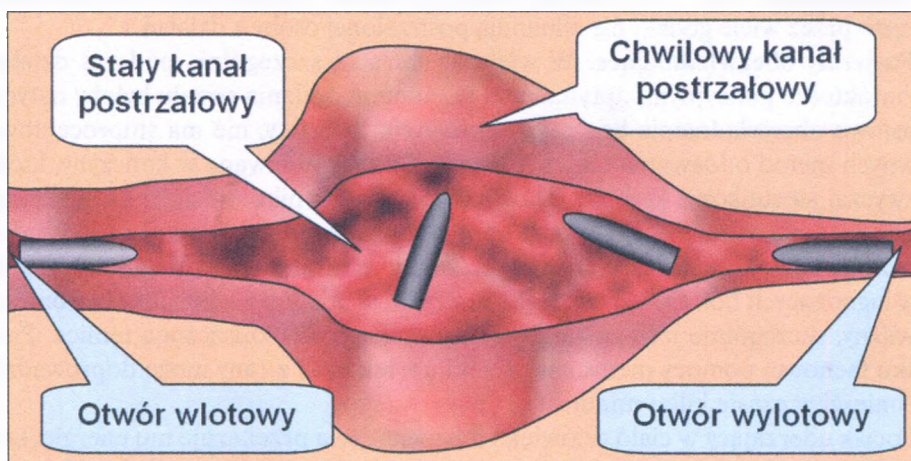
**Postrzały obezwładniające.** W wielu sytuacjach, szczególnie podczas działań o charakterze policyjnym, optymalnym rezultatem oddania strzału byłoby natychmiastowe obezwładnienie bez zagrożenia życia. Niestety, nie ma stuprocentowo pewnych metod oddawania takich strzałów. Strzały oddawane w kończyny, które zazwyczaj stosunkowo szybko obezwładniają przeciwnika (w ciągu paru sekund lub minut), nie zabezpieczają przed kontynuowaniem działań przez osobę trafioną, szczególnie jeśli jest ona poddana działaniom lekarstw, alkoholu lub narkotyków łagodzących ból. Co więcej, efekt postrzału w udo lub ramię może być bardzo poważny, szczególnie jeśli zostanie roztrzaskana kość i zniszczona tętnica. Przy braku fachowej pomocy medycznej szybki ubytek krwi z rany może doprowadzić do śmierci w czasie kilku minut.

Pocisk uderzający w ciało człowieka lub zwierzęcia przekazuje mu energię, która m.in. powoduje kruszenie i rozrywanie tkanek (przez co powstaje kanał trwały - rys. 6.3). Jednocześnie fala wysokiego ciśnienia hydrodynamicznego rozciąga

tkanki, tworząc kanał chwilowy (rys. 6.4). Powstanie kanału chwilowego może zniszczyć organy znajdujące się poza kanałem trwałym, powodując ich zgniecenie, naderwanie, pęknięcie. Duża energia przekazana w krótkim czasie dodatkowo powoduje w organizmie wstrząs przekazywany przez układ nerwowy do mózgu. Kształt i wielkość kanału trwałego oraz kanału chwilowego zależą od parametrów pocisku i właściwości tkanek.



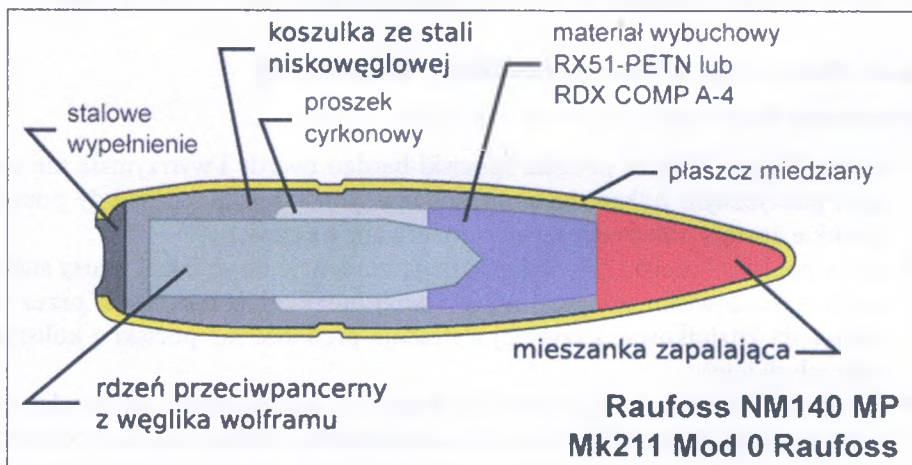
Rys. 6.3. Skutki postrzału świńskiego łba pociskiem kal. .308 Win: z lewej - otwór wejściowy, z prawej - kanał trwały (widok od tyłu)



Rys. 6.4. Przekrój przez ranę postrzałową

W zależności od konstrukcji, prędkości oraz miejsca uderzenia pociski ulegają większemu lub mniejszemu odkształceniu. Zwiększone odkształcenie zmniejsza penetrację pocisku, ale ułatwia efektywne przekazywanie przez pocisk energii do otaczających go tkanek (co powoduje ich odkształcenie, a nawet zniszczenie).

Myśliwi nie mają ograniczeń w stosowaniu pocisków o zwiększonej odkształcalności, natomiast snajperzy wojskowi muszą zazwyczaj stosować amunicję zgodną z konwencją haską<sup>63</sup>. Oznacza to, że pociski karabinowe nie mogą mieć konstrukcji ułatwiającej silne odkształcanie (grzybkowanie). W praktyce muszą to więc być pociski pełnopłaszczkowe lub monolityczne. W związku z kontrowersjami, jakie pojawiły się kilka lat temu w stosunku do pocisków typu *Match* (takich jak *Scenar* czy *Sierra Match King*) ustalono jednak<sup>64</sup>, że nie podlegają one restrykcjom, bo niewielki otwór wierzchołkowy wynika z technologii wykonania, a nie z chęci powiększenia odkształcenia.



Rys. 6.5. Budowa pocisku wielofunkcyjnego Raufoss Mk211 [autor rysunku: Wojciech Pisarski, licencja CC-BY-SA 3.0]

Jeszcze większe problemy spowodował wielofunkcyjny pocisk kal. .50 BMG – Mk211 (Raufoss) (rys. 6.5). Pocisk ten zawiera bowiem przeciwpancerowy rdzeń z węgla wolframu, materiał wybuchowy PTEN lub RDX nadający mu działanie

<sup>63</sup> Konwencja haska z 1899 r. zabrania miotania materiałów wybuchowych z balonów oraz stosowania w broni strzeleckiej amunicji, która poprzez swoje odkształcanie (rozrywanie, ekspansję lub spłaszczenie) może powodować nadmiernie rozległe rany. Konwencja ta dotyczy jednak wyłącznie wojen prowadzonych między sobą przez jej sygnatariuszy. Konwencja haska z 1907 r. dodatkowo zabrania stosowania pocisków powodujących „niepotrzebne cierpienie”.

<sup>64</sup> 12 października 1990 r. ogłoszono memorandum na prośbę USSOCOM, które przeszło pozytywnie wszystkie wymagane konsultacje. W memorandum tym stwierdzono, że pociski z otworem wierzchołkowym typu MatchKing są całkowicie zgodne z prawem wojennym i mogą być stosowane przez siły zbrojne USA. Jest to bardzo ważna informacja, gdyż pociski takie są nagminnie stosowane przez snajperów w Polsce.



burzące i mieszaną zapalającą. Jakkolwiek głównym przeznaczeniem pocisku jest zwalczanie celów lekko opancerzonych i niszczenie urządzeń mechanicznych, to przy trafieniu w człowieka nie można wykluczyć inicjacji materiału wybuchowego (szczególnie, jeśli trafiona osoba korzysta z osłony balistycznej, takiej jak kamizelka kuloodporna). Ostatecznie jednak [1] i [9] uznano, że pocisk nie jest sprzeczny z konwencjami haskimi, gdyż nie jest przeznaczony do zwalczania siły żywej, a po trafieniu w człowieka **zazwyczaj** nie eksploduje (częściej eksploduje zaraz po opuszczeniu ciała).

W tym miejscu trzeba jednak podkreślić, że z formalnego punktu widzenia konwencje haskie obowiązują tylko w konfliktach wojskowych, w których obie strony są ich sygnatariuszami. Tak więc (o ile wewnętrzne przepisy nie stanowią inaczej) w operacjach skierowanych przeciwko terrorystom i przestępcom kryminalnym można legalnie stosować amunicję o charakterystykach zabronionych przez te konwencje. Trzeba również pamiętać, że USA nie podpisały konwencji haskiej z 1899 r.

## 6.2. Penetracja w tkance ludzkiej i zwierzęcej

Penetracja tkanki zależy od wielu czynników. Są to:

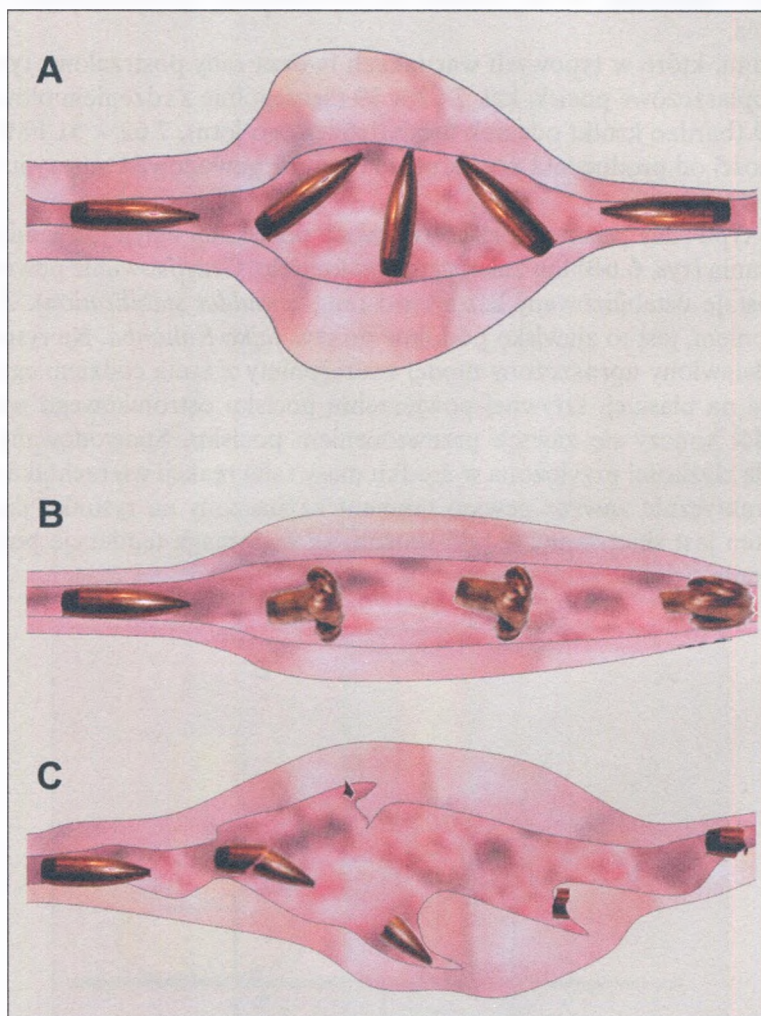
- konstrukcja i materiał pocisku (pociski bardzo twarde i wytrzymałe nie ulegają plastycznym odkształceniom podczas penetracji, podczas gdy pociski miękkie zostają odkształcone albo rozerwane na części);
- zarys pocisku (pociski ostrołukowe mają tendencję do szybkiej utarty stabilności w środowisku tak gęstym jak tkanki ludzkie lub zwierzęce, przez co zaczynają koziółkować i szybciej wytracają prędkość niż pociski z kulistym wierzchołkiem);
- prędkość pocisku (w zależności od prędkości pocisk może się przełamać, a oprócz tego zmienia się kształt kanału chwilowego oraz charakter odkształcenia pocisku).

W przypadku postrzału pociskiem karabinowym w tkanki miękkie można wyróżnić trzy główne typy ran. Są one przedstawione na rys. 6.6 i umownie oznaczone jako typ A, B i C.

Na rysunku 6.6A jest przedstawiony przekrój przez ranę powstałą w wyniku trafienia pociskiem, który po przebyciu w tkankach drogi od kilku do ok. 20 cm odwraca się i kontynuuje lot częścią denną do przodu („koziółkuje”). Zachowanie takie jest spowodowane utratą stabilizacji. Prędkość obrotowa nadawana pociskowi przez gwint lufy nie jest wystarczająca do stabilizacji pocisku w medium, które jest gęstsze od powietrza ok. 800 razy. Jeśli więc nie wystąpi inny mechanizm stabilizacyjny, to pocisk, którego środek masy znajduje się za środkiem naporu, ulega gwałtownej destabilizacji.

Destabilizacja dotyczy przede wszystkim pocisków ostrołukowych, których konstrukcja utrudnia lub uniemożliwia grzybkowanie. Jakkolwiek mogło by się wydawać, że „opływowy” kształt pocisku powinien ułatwiać głęboką penetrację i tworzenie „czystej” rany o małym przekroju kanału trwałego, to w rzeczywistości na

skutek koziółkowania penetracja jest poważnie zmniejszona, a kanał trwały i jama chwilowa są stosunkowo duże. Stanowi to różnicę w stosunku do postrzałów z broni krótkiej, gdzie pociski pełnopłaszczowe wykazują zazwyczaj dużą penetrację<sup>65</sup>.



Rys. 6.6. Typowe rany postrzałowe od pocisków karabinowych

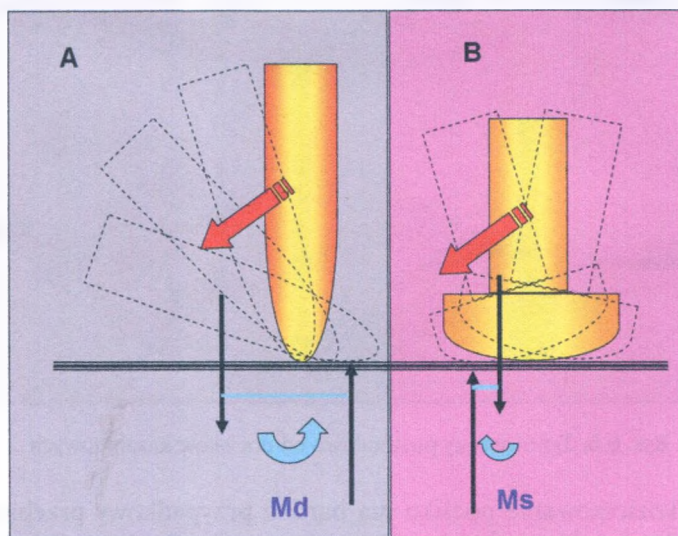
Ponieważ koziółkowanie pocisku ma bardzo przypadkowy przebieg, więc penetracja uzyskana podczas kolejnych strzałów może się znacznie różnić. Może również dochodzić do paradoksalnej sytuacji, w której penetracja jest większa

<sup>65</sup> Pociski pistoletowe mają znacznie mniej „ostrą” część przednią, często nawet są spłaszczone na średnicy kilku milimetrów, przez co łatwiej stabilizują się w gęstym ośrodku. Jeśli nawet pocisk pistoletowy koziółkuje, to nie wpływa to tak bardzo na penetrację, bo pocisk ma znacznie mniejszą długość liczoną w kalibrach (czyli mniejszy stosunek długości do średnicy).

wtedy, gdy cel jest bardziej odległy. Wynika to z tego, że dla większości pocisków utrata prędkości liniowej w trakcie lotu jest większa niż utrata prędkości obrotowej. W konsekwencji pocisk znajdujący się w dalszej odległości jest silniej stabilizowany i uderzając w cel, później ulega wychyleniu prowadzącemu do jego odwrócenia.

Pociskami, które w typowych warunkach tworzą rany postrzałowe typu A, są np.: pełnopłaszczkowe pociski kal.  $7.62 \times 39$  (szczególnie z rdzeniem ołowianym),  $5.45 \times 39$  (bardzo krótki odcinek ustabilizowanego lotu),  $7.62 \times 51$  FMJ NATO (w zależności od producenta pocisk może również powodować rany typu C) oraz  $7.62 \times 54R$ .

Innego typu rany powstają przy postrzałach pociskami mającymi tendencję do grzybkowania (rys. 6.6B) lub zakończonymi kuliście. Grzybkowanie powoduje, że pocisk zostaje ustabilizowany kształtowo (ang. *shoulder stabilization*). Z dużym uproszczeniem, jest to zjawisko podobne do tzw. *jajka Kolumba*. Na rysunku 6.7 jest przedstawiony uproszczony model zaczerpnięty z życia codziennego. Próba ustawienia na płaskiej, sztywnej powierzchni pocisku ostrołukowego wierzchołkiem w dół kończy się zawsze przewróceniem pocisku. Spowodowane jest to tym, że siła ciężkości przyłożona w środku masy i siła reakcji wierzchołka pocisku tworzą praktycznie zawsze pewien moment zaznaczony na rysunku jako  $M_d$ <sup>66</sup>. Moment ten jest skierowany w taki sposób, że wspomaga tendencję pocisku do przewrócenia się.



Rys. 6.7. Zasada stabilizacji kształtowej

<sup>66</sup> Moment to para przeciwnie skierowanych sił, które przesunięte są od siebie o odległość nazywaną ramieniem. Teoretycznie moment ten nie wystąpi, jeśli środek ciężkości znajdzie się dokładnie nad punktem podparcia, ale sytuacja taka nie jest praktycznie możliwa.

Inaczej przedstawia się sytuacja, jeśli pocisk ma kształt grzybka (rys. 6.7B). Wtedy jego pochylenie powoduje przesunięcie reakcji podłoża „w kierunku upadku”, czyli w taką stronę, że powstały moment  $M_s$  jest skierowany przeciwnie do wychylenia i stara się je zlikwidować, co powoduje stabilizację. Oczywiście, w przypadku pocisku poruszającego się w płynnym ośrodku nie ma punktowego podparcia, ale rozkład ciśnień działających na pocisk jest taki, że wypadkowa reakcja jest podobna jak w przypadku opisanym powyżej. W konsekwencji kanał trwały ma mniejszą średnicę niż przy pocisku, który koziółkuje, i jeśli grzybkowanie nie jest ekstremalnie duże, to pocisk wykazuje sporą, bardzo powtarzalną penetrację.

Trzeci rodzaj ran postrzałowych (rys. 6.6C) charakteryzuje się tym, że pocisk po uderzeniu ulega rozerwaniu na kilka części, które rozchodzą się w różne strony, zwiększając znacznie wielkość kanału trwałego. W przypadku pocisków wojskowych mechanizm rozrywania jest następujący. W wyniku utraty stabilizacji pocisk po pokonaniu kilku lub kilkunastu centymetrów drogi odwraca się o kąt kilkudziesięciu stopni (czyli podobnie jak w przypadku ran typu A). Ze względu jednak na swoją budowę i wytrzymałość przy tak dużym kącie natarcia pocisk się przełamuje, gdyż nie jest w stanie wytrzymać zwiększonych sił bocznych, jakie na niego oddziałują. Pęknięcie pocisku występuje zazwyczaj w miejscu, w którym znajduje się rowek do zagniatania krawędzi łuski (*kanelur*), powodujący spiętrzenie naprężeń. Po przełamaniu poszczególne części pocisku poruszają się innymi torami, często tracąc jeszcze drobne fragmenty naderwane podczas przełamania.

Do przełamania pocisku są konieczne bardzo duże siły, więc przełamanie występuje tylko wtedy, gdy pocisk ma odpowiednio dużą prędkość. Oznacza to, że przełamanie pocisku w ranie następuje tylko przy postrzale z niewielkiej odległości. Przy większej odległości, gdy prędkość pocisku znacznie się zmniejsza, pocisk tworzy ranę postrzałową typu A. Może towarzyszyć temu również wzrost penetracji.

Typowym pociskiem tworzącym rany postrzałowe typu C był pocisk kalibru  $5.56 \times 45$  model M193 stosowany w pierwszych wersjach karabinu M16A1 (okres wojny w Wietnamie). Skok gwintu lufy w karabinie M16A1 wynosił 12", co wymagało stosowania lekkich pocisków o masie 55 gr. Pocisk taki, gdy uderzał w cel z prędkością ponad 770 m/s (czyli przy postrzale z odległości do ok. 100 m), po przebyciu drogi ok. 15 cm przełamany był w rejonie kanelura. Nowsze, cięższe pociski kal.  $5.56 \times 45$  (przeznaczone do M16A2 i kolejnych wersji rozwojowych tego karabinu z lufami o skoku gwintu 7" lub 9"), jak na przykład pocisk SS109 zachowują się podobnie, pomimo zmienionej konstrukcji i stalowego rdzenia. Jeśli jednak pocisk SS109 zostanie wystrzelony z karabinu M16A1 mającego dłuższy skok gwintu lufy niż karabin M16A2, to przełamanie pocisku następuje znacznie prędzej, niemal natychmiast po wejściu do organizmu<sup>67</sup>.

W zależności od swojej budowy niektóre pociski kal. .308 ( $7.62 \times 51$ ) również ulegają przełamaniu i powodują rozległe rany postrzałowe.

<sup>67</sup> Pocisk kal.  $5.56 \times 45$  o masie większej niż 55 gr wystrzelony z lufy o skoku gwintu 12" nie uzyskuje wystarczającej stabilizacji i nawet nie trafiając w cel, zaczyna koziółkować po przebyciu drogi kilkudziesięciu metrów.



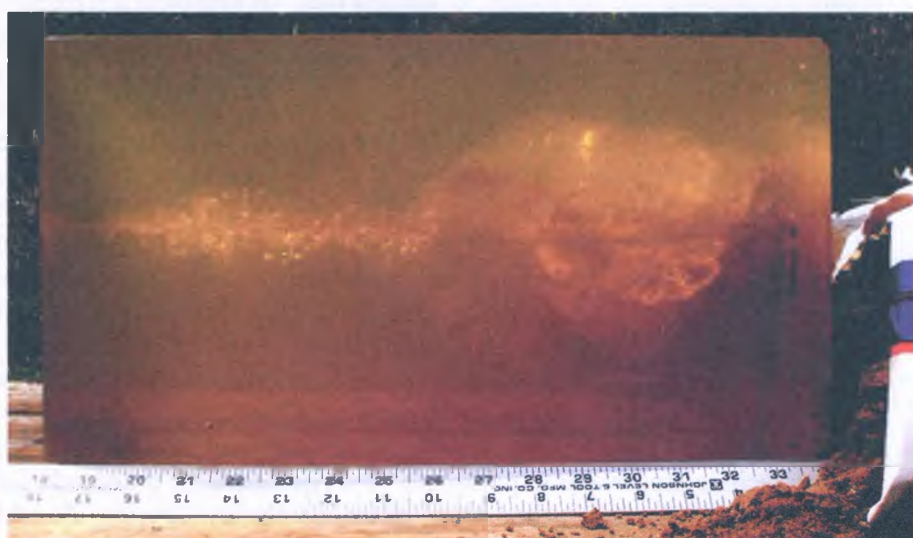
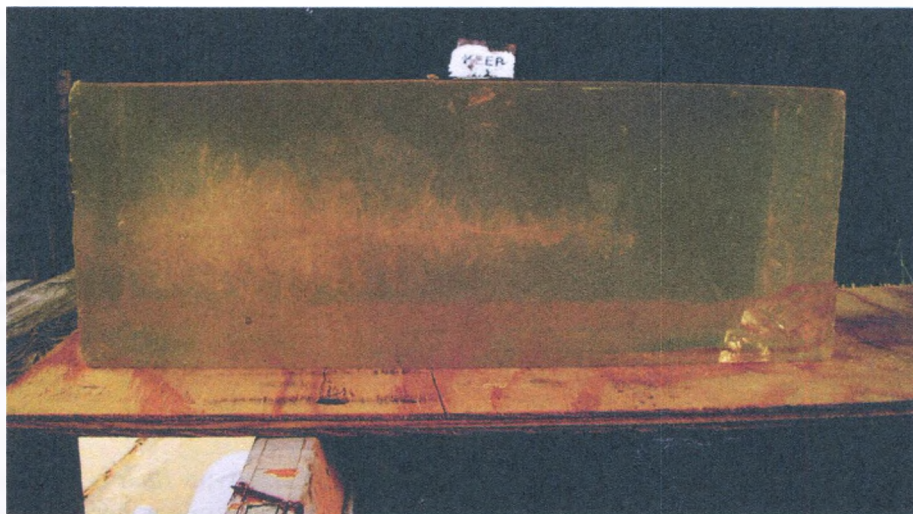
**Rys. 6.8.** Skutki strzału z odległości 100 m pociskiem monolitycznym kalibru .408 CheyTac do bloku suchego papieru o grubości 20 cm: z lewej – otwór wlotowy; z prawej – otwór wylotowy (pocisk zatrzymał się w kolejnym bloku papieru niemal na jego powierzchni); w środku – wygląd odzyskanego pocisku

Pociski monolityczne stosowane w amunicji do niektórych karabinów snajperskich (np. .408 CheyTac) nie ulegają zwykle przełamaniu ani zgrzybkowaniu. Powodują więc rany typu A, przy czym z uwagi na ich bardzo dużą masę niekiedy nie obserwuje się koziółkowania, gdyż zanim ono nastąpi, pocisk opuszcza już ciało ludzkie. Na rysunku 6.8 jest przedstawiony pocisk monolityczny kal. .408 CheyTac firmy Jamison, który przebił blok suchego papieru o grubości 20 cm. Wyraźnie jest widoczne zakrzywienie pocisku wywołane bardzo dużymi siłami bocznymi działającymi na pocisk, gdy zaczął się on odwracać przy utracie stabilizacji. Proste obliczenia wskazują, że na pocisk musiała oddziaływać średnia siła ok. 58 kN (6 t). Duża wytrzymałość monolitycznego pocisk zapobiegła jego przełamaniu. Oczywiście opór stawiany przez suchy, sprasowany papier jest znacznie większy niż opór stawiany przez ciało ludzkie lub zwierzęce.

Na rysunku 6.9 są przedstawione kanały trwale utworzone podczas strzelania różnymi pociskami do bloków żelatyny balistycznej imitującej tkanki miękkie.

**Rys. 6.9.** Skutki uderzenia pocisków w blok żelatyny imitujący tkanki miękkie: od góry kolejno – pocisk Nosler Partition 60 gr kal. .223 Rem., pocisk przebił blok żelatyny o grubości 40 cm, a jego największa średnica w wyniku odkształceń zwiększyła się z 5,56 do 9,5 mm; pocisk Federal 150 gr Fusion JSP kal. .308 Winchester, penetracja 46 cm, średnica pocisku po odkształceniu 16 mm; pocisk Hornady A-max kal. .50 BMG, na wlocie pocisk utworzył kanał trwały o średnicy 5 cm i długości 20 cm, po czym się obrócił i wytworzył kanał trwały o średnicy 19 cm, energia po wylocie była jeszcze tak duża, że został zniszczony pojemnik z warstwą mokrego piasku o grubości 30 cm [autor zdjęć:

John Ervin Brass, Fetcher Ballistic Testing; [www.BrassFetcher.com](http://www.BrassFetcher.com)]



### 6.3. Przebijalność szyb

Problem strzelania poprzez szyby jest stosunkowo skomplikowany z uwagi na wiele zjawisk, często o przypadkowym lub trudno przewidywalnym charakterze, które występują w chwili uderzenia pocisku. Ogólnie mówiąc, szyba może ulec przebicciu, może również zatrzymać lub zrykoszetować pocisk. Jeśli pocisk przebije szybę, to może ulec rozczłonkowaniu na kilka odłamków lub może nastąpić znaczące odchylenie toru jego lotu. Wszystko to zależy od typu i grubości szyby, typu pocisku i jego prędkości oraz od kąta, pod jakim pocisk trafia w szybę. Na zachowanie szyby mogą mieć również wpływ naprężenia w niej występujące, sposób zamocowania czy nawet temperatura.

Szyby wykonane ze szkła mineralnego występują w kilku rodzajach. Najważniejsze z nich to:

- „Zwykłe” szyby okienne wykonane typowo ze szkła typu *float* o grubości 3–12 mm. Szyby te są w budownictwie najczęściej łączone w hermetyczne zespoły dwu- lub trzyszybowe. Cechą charakterystyczną jest to, że po przebicciu lub rozbiciu powstają bardzo ostre, długie odłamki mogące poważnie ranić zarówno jako pociski wtórne, jak i powodując niebezpieczne obrażenia przy każdym kontakcie z ciałem ludzkim lub zwierzęcym. Trafienie zwykłej szyby pociskiem karabinowym powoduje powstanie otworu otoczonego pierścieniem skruszonego szkła o ostrych, igłowatych krawędziach. Jeśli pocisk trafia w szybę zespoloną, to kolejne szyby są dodatkowo rażone przez odłamki szkła pochodzące z szyb, które znajdują się przed nimi, co w konsekwencji powoduje powstawanie większych, bardziej nieregularnych otworów (rys. 6.10). Od wielu lat szyb zwykłych nie można stosować w pojazdach!
- „Szyby klejone” powstają wskutek sklejenia dwóch lub więcej warstw szkła za pomocą specjalnej folii lub żywicy. W wyniku tego, po przebicciu lub rozbiciu, kawałki szkła nie rozpryskują się wokół. Otwór w rejonie przestrzelenia jest otoczony promieniście rozchodzącymi się pęknięciami. Szyby klejone są powszechnie stosowane w pojazdach, szczególnie jako szyby przednie i czasem tylne (patrz rys. 6.14 i 6.15). Bardzo często w budownictwie stosuje się szyby zespolone składające się z szyby klejonej i szyby zwykłej. Tego typu rozwiązania są stosowane głównie na parterach budynków (zwiększenie odporności na włamanie) oraz w budynkach wysokich w celu zabezpieczenia przed wybięciem i upadkiem odłamków na teren okalający budynek. Na rysunku 6.11 jest przedstawiona szyba zespolona stosowana w budynku wysokim: jedna tafla ze szkła klejonego, a druga ze szkła zwykłego.
- Szyby ze szkła hartowanego charakteryzują się bardzo wysoką wytrzymałością oraz tym, że po rozbiciu powstaje w nich siatka drobnych pęknięć, a odłamki mają kształt wielokątów o tępych krawędziach. Szyby hartowane są powszechnie stosowane w pojazdach (z wyjątkiem szyb przednich, które od dłuższego czasu są wykonywane głównie techniką klejenia). Ze szkła hartowanego wykonuje się również podesty, wypełnienia balustrad zewnętrznych.



Rys. 6.10. Typowa szyba okienna (zespolona, podwójna) przestrzelona pociskiem kal. .308 Win.



Rys. 6.11. Szyba zespolona stosowana w budynkach wysokich składająca się z dwóch szyb o grubości 3 mm sklejoną folią i szyby zwykłej o grubości 8 mm, przestrzelona pociskiem kal. .338 Lapua Magnum





Rys. 6.12. Szyba zespolona stosowana w budynkach wysokich, składająca się z dwóch szyb klejonych o grubości 6 mm każda i szyby hartowanej o grubości 12 mm, przestrzelona pociskiem kal. .338 Lapua Magnum (widok od strony szyby hartowanej)



Rys. 6.13. Szyba pancerna klejona, wielowarstwowa, trafiona pociskami kal. .308 Win.

nych i wewnętrznych, okładziny fasad budynków, okna w budynkach wysokich, szklane regały i blaty stołów. Każde przebicie tafli szkła hartowanego prowadzi do natychmiastowego spękania całej tafli! Spękanie powoduje bardzo znaczne zmniejszenie przejrzystości (rys. 6.12). Jedynie szyby hartowane strefowo (dawniej stosowane z przodu pojazdów) po spękaniu zachowują stosunkowo dużą przejrzystość.

- Szyby pancerne (kulo odporne) są to wielowarstwowe szyby klejone, w których poszczególne tafle szklane są łączone bardzo wytrzymałą folią. Grubość szyb kuloodpornych wynosi (w zależności od klasy) 15–80 mm. Do zatrzymania pocisku karabinowego o kalibrze .223 grubość szkła musi być większa niż 30 mm, dla pocisków kal. .308 – nawet większa niż 50 mm. Szyby kuloodporne mogą być dodatkowo pokryte od strony wewnętrznej warstwą poliwęglanu, która zabezpiecza przed powstaniem odłamków. Pęknięcia przestrzelonego szkła kuloodpornego są typowe dla szkła klejonego (rys. 6.13).
- Szyby zbrojone są wykonane ze szkła, w którym jest zatopiona siatka stalowa. Szyby takie po rozbiciu czy przestrzeleniu zachowują swoją integralność i nie rozpadają się na liczne odłamki. Dodatkową cechą szkła zbrojonego jest jego duża wytrzymałość na ogień.

Oprócz szkła mineralnego są stosowane różne rodzaje tworzyw sztucznych, takich jak szkło organiczne (*plexi*), poliwęglan, polistyren, akryl. Szyby wykonane z tych materiałów po trafieniu pociskiem zazwyczaj nie rozpadają się na liczne odłamki. Nawet jeśli odłamki powstają, to zarówno ich energia, jak i twardość jest mniejsza niż w przypadku szkła mineralnego, co ogranicza pole rażenia.

Bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na efekt strzału przez szybę jest kąt, pod jakim znajduje się szyba. Po pierwsze, jeśli nie jest to kąt prosty, to najczęściej następuje mniejsze lub większe odchylenie wiązki światła, a w związku z tym cel jest widoczny w innym miejscu niż znajduje się w rzeczywistości. Przy cienkiej szybie przesunięcie jest minimalne, ale przy szybie grubej, a szczególnie przy elementach szklanych, których powierzchnie nie są równoległe, przesunięcia mogą być znaczne. Po drugie, pochylenie powierzchni szyby powoduje odchylenie toru lotu pocisku, który szybę przebił (o ile w wyniku uderzenia nie rozpadł się on na kilka części). Pociski płaszczone oraz pociski z rdzeniem wykonanym z twardego materiału lepiej penetrują szyby niż pociski półpłaszczone oraz pociski z otworem wierzchołkowym.

Bardzo często przy podejmowaniu decyzji o oddaniu strzału poprzez szybę ustawioną pod niewielkim kątem pojawia się obawa, że pocisk zrykoszetuje i nie przebije szyby. Z moich doświadczeń wynika, że dla typowych kalibrów snajperskich oraz typowych szyb (okienne, samochodowe) niebezpieczeństwo zrykoszetowania pocisku jest minimalne. Na rysunku 6.14 jest przedstawiona przestrzelina wykonana w klejonej szybie samochodowej pociskiem kal. .338 Lapua Magnum (pocisk Lapua Scenar 250 gr). Strzał był oddany pod bardzo małym kątem do szyby, niemal stycznie do jej powierzchni. Jak widać, pocisk przebił szybę i uległ roz-

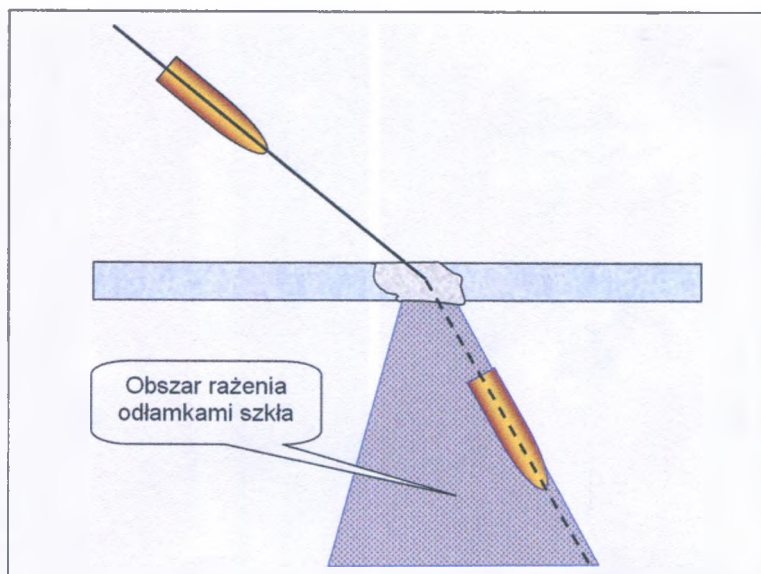


**Rys. 6.14.** Laminowana szyba samochodu Mercedes przestrzelona pod bardzo niewielkim kątem pociskiem kal. .338 Lapua Magnum (Scenar 250 gr): A - widok z miejsca oddania strzału; B - przestrzelina widziana od zewnątrz; C - przestrzelina widziana od wewnątrz; D - ślady uderzenia odłamków pocisku o tapicerkę wewnątrz pojazdu



**Rys. 6.15.** Laminowana szyba samochodu Mercedes przestrzelona pod bardzo niewielkim kątem pociskiem kal. .223 Rem. (SS109 62 gr, rdzeń stalowy): A - widok z kierunku oddania strzału; B - słupek, w który uderzył pocisk po przebiciu szyby

członkowaniu. Poszczególne odłamki pocisku (oraz szkła wyrwanego przez niego z szyby) zniszczyły tapicerkę pojazdu. Zniszczenia zaobserwowano w rejonie do ok. 20-30 cm od teoretycznego toru pocisku.



Rys. 6.16. Tor lotu pocisku po skośnym trafieniu w szybę

Na rysunku 6.15 jest przedstawiony wynik strzelania pod niewielkim kątem pociskiem kal. .223 Rem. (pocisk SS109) do klejonej szyby samochodowej. Podobnie jak w przypadku pocisku .338 Lapua Magnum, i tym razem pomimo małego kąta pocisk nie zrykoszetował, a jego rdzeń przebił się przez stalowy słupek znajdujący się na linii strzału. Pomimo znacznie mniejszej energii pocisku kal. .223 Rem. uzyskany efekt należy uznać za lepszy niż w przypadku pocisku kal. .338 Lapua Magnum. Wynika to z innej budowy pocisku SS109, którego rdzeń nie uległ zniszczeniu przy przebijaniu szyby. Powyższy przykład wskazuje, że do strzelania przez szyby lepiej nadają się pociski z twardym rdzeniem, a szczególnie pociski przeciwpancerne.

Przy trafieniach w szybę pod kątem innym niż kąt prosty następuje odchylenie toru pocisku takie, jak przedstawiono na rys. 6.16 (pocisk wylatuje z szyby pod nieznacznie większym kątem niż kąt uderzenia). Jeśli cel znajduje się daleko za szybą, to znacznie zmniejsza się szansa jego trafienia, bo bardzo trudno jest przewidzieć dokładną wielkość odchylenia toru lotu pocisku. Chmura odłamków szkła nie podąża dokładnie w tym samym kierunku co pocisk, lecz jest wyrzucana mniej więcej w kierunku prostopadłym do powierzchni szkła.

Konwencjonalne pociski przebijające szybę ulegają silnej deformacji i rozerwaniu na wiele elementów. W konsekwencji pocisk zamienia się w chmurę odłamków rażących cel powierzchniowo, nie zaś punktowo. Rany powstałe w wyniku uderzenia zdeformowanego pocisku lub chmury odłamków mają bardzo rozległy zasięg i nieregularne otwory wlotowe (rys. 6.17). W trakcie przebijania szyby nie tylko pociski typu Match (np. Lapua Scenar czy Sierra Match King) ulegają rozerwaniu na kilka części. Również pociski przeciwpancerne (z wyjątkiem podkalibrowych) rozczłonkują się, gdyż płaszcz jest zrywany z rdzenia pocisku (rys. 6.18).



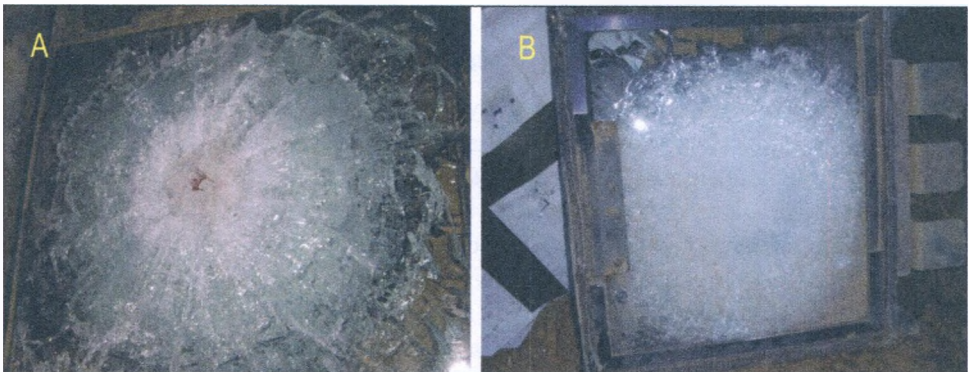
**Rys. 6.17.** Wynik strzału pociskiem kal. .308 Winchester, Sierra Match King 168 gr przez laminowaną szybę przednią samochodu VW Passat: z lewej strony - świński łeb rażony z odległości 0,5 m od szyby z widocznym, bardzo nieregularnym otworem wlotowym; z prawej strony - fragmenty pocisku wydobyte z przechwytywacza pocisków umieszczonego za łbem

W wielu podręcznikach snajperskich zaleca się, aby w miarę możliwości strzały przez szybę były wykonywane przez dwóch snajperów. Pierwszy z nich rozbija szybę, a drugi, strzelający z nieznacznym opóźnieniem, oddaje strzał poprzez otwór powstały w szybie trafionej pierwszym strzałem. Takie postępowanie można polecić jednak tylko przy strzelaniu poprzez zwykłe szyby i to w sytuacji, gdy snajperzy znajdują się bardzo blisko siebie. Przy strzelaniu bowiem do szyb klejonych lub hartowanych otwór wykonany przez pierwszy pocisk jest bardzo mały i pocisk wystrzelony z innego kierunku nie przeleci przez niego. Dodatkowo, jeśli szyba jest hartowana, to pierwszy strzał doprowadzi do znacznej utraty jej przejrzystości, co może utrudnić prawidłowe oddanie drugiego strzału (gwałtowna zmiana obrazu celu widzianego w celowniku).

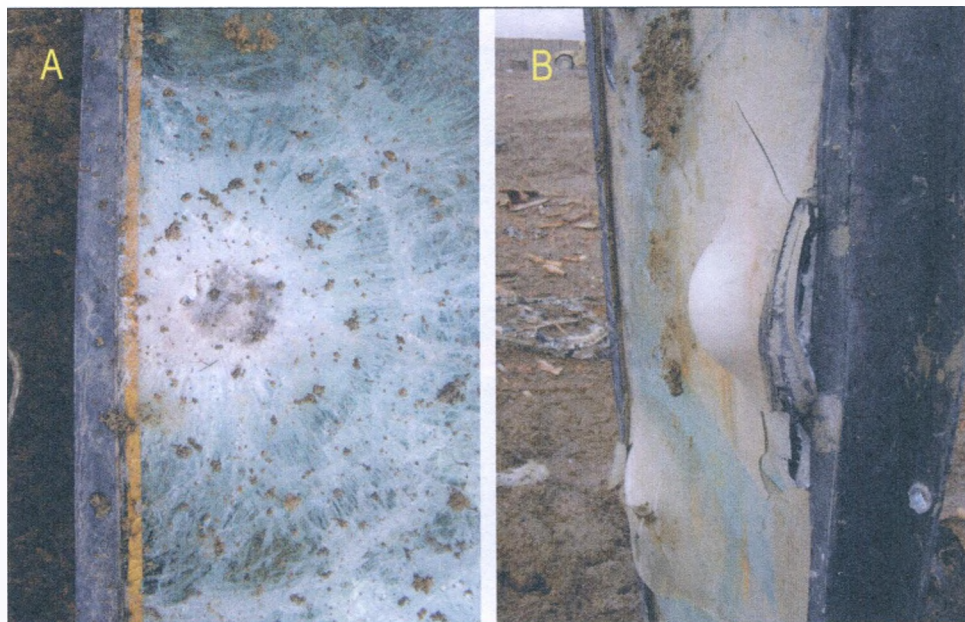
Szyby pancerne zapewniają bardzo dobrą ochronę przed pociskami karabinowymi. Ich wielowarstwowa konstrukcja wytrzymałe uderzenie pojedynczego pocisku karabinowego o kalibrze przewidzianym dla danego typu szyby. Niestety, jeśli w to samo miejsce lub w jego bezpośredniej bliskości trafiają kolejne pociski, to uszkodzenia szyby się pogłębiają i w konsekwencji może ona ulec przebiciu. Na rysunku 6.19 jest przedstawiona pancerna szyba boczna samochodu Hummer trafiona monolitycznym pociskiem karabinowym kal. .408 CheyTac z odleg-



**Rys. 6.18.** Wyniki ostrzelania tarcz pociskami kal. .308 Winchester przez laminowaną szybę przednią samochodu Ford Escort: z lewej strony – kartonowa sylwetka rażona z odległości 1 m od szyby jednym pociskiem przeciwpancernym Lapua AP; z prawej strony – identyczna sylwetka rażona pociskiem Sierra Match King 168 gr



**Rys. 6.19.** Boczna szyba pancerna samochodu Hummer trafiona pociskiem kal. .408 Cheytac: A – strona czołowa; B – strona wewnętrzna



Rys. 6.20. Przednia szyba pancerna samochodu Hummer trafiona pociskiem kal. .50 BMG: A - strona czołowa; B - strona wewnętrzna - widoczne spękania odkształcalnej warstwy poliwęglanu

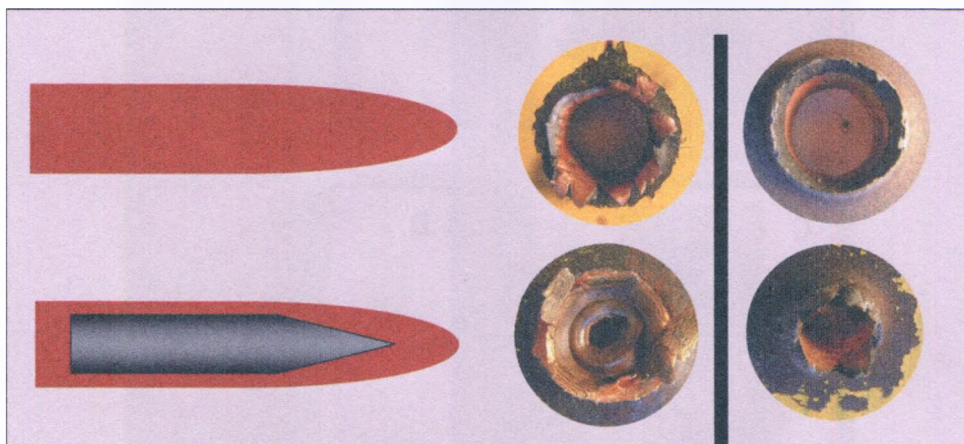
łości 25 m. Szyba nie uległa przebicciu, a pocisk utknął w jej wnętrzu. Podobnie na rysunku 6.20 przedstawiono przednią szybę pancerną samochodu Hummer trafioną pociskiem kal. 50 BMG. Szyba nie została przebita, a pocisk również utknął w jej wnętrzu. Na rysunku B wyraźnie widać działanie wewnętrznej wkładki z poliwęglanu, która uległa znacznemu wybrzuszeniu, ale powstrzymała wylot odłamków szkła.

#### 6.4. Przebijalność elementów metalowych

Na przebijalność osłon metalowych duży wpływ ma konstrukcja i prędkość pocisku oraz cechy materiałowe (twardość i wytrzymałość) metalu osłony. Można przyjąć, że im pocisk porusza się z większą prędkością i im jest twardszy, tym lepiej przebija osłony metalowe. „Zwykłe” pociski mają stosunkowo miękkie rdzenie (ołowiane, stalowe lub miedziane) i ich zachowanie po uderzeniu w metalową osłonę różni się znacznie od zachowania pocisków przeciwpancernych (ang. *AP - Armour Piercing*), których rdzeń (penetrator) jest wykonany z bardzo twardego i ciężkiego materiału (węglika wolframu, stali wysokostopowej, a w amunicji większych kalibrów - nawet zubożonego uranu) (rys. 6.21). Porównanie pocisku zwykłego i przeciwpancernego pod względem budowy i wyglądu przestrzelin wykonanych w stalowej blasze niskostopowej o grubości 10 mm jest przedstawione na rys. 6.22.



**Rys. 6.21.** Penetrator pocisku AP kal. .50 BMG uwięziony w płycie pancерnej; na powierzchni płyty widoczne są szczątki płaszczki pocisku (z lewej strony)

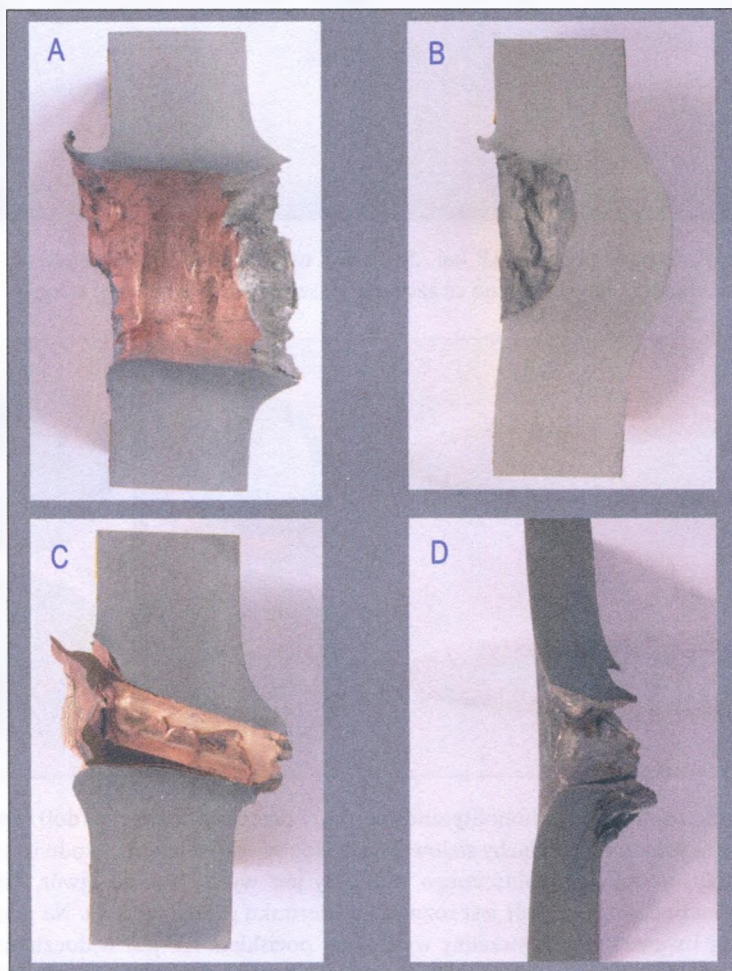


**Rys. 6.22.** Budowa pocisku monolitycznego (górną) i przeciwpancernego (dolną) oraz odpowiadające im przestrzeliny blachy stalowej niskostopowej widziane z przodu oraz z tyłu. W przypadku pocisku monolitycznego widoczny jest wybitny osiowo otwór, natomiast w przypadku pocisku AP otwór jest rozparty w kierunku promieniowym. Na powierzchni czołowej i wewnątrz przestrzeliny wykonanej pociskiem AP jest widoczny zerwany z pocisku miedziany płaszcz. W przestrzelinie pociskiem monolitycznym materiał pocisku jest jedynie wtarty w wyływki stalowe

Mechanizmy oddziaływania pocisku „zwykłego” i przeciwpancernego na osłony z miękkiej stali i ze stali pancерnej są bardzo różne. O tym, co się dzieje w miejscu trafienia, można się dowiedzieć, wykonując analizę metalograficzną próbek pobranych



z rejonu przestrzelin. Przykładowe próbki pobrane z rejonu przestrzelin są widoczne na rys. 6.23. Na rysunku 6.23A jest przedstawiony zgląd w rejonie przestrzeliny niskowęglowej blachy konstrukcyjnej o grubości 12 mm i twardości 200 HV<sub>30</sub> pociskiem monolitycznym kal. .408 CheyTac Jamison 419 gr. Wyraźnie widoczna jest grubość na ok. 0,003–0,03 mm warstwa miedzi z pocisku na trwale osadzona na materiale płyty. Pocisk wypychał przed sobą materiał płyty w postaci „korka” (uformowanego na kształt kulistej czaszy), który następnie został wyrwany z blachy, pozostawiając charakterystyczny, stożkowy krater widoczny z prawej strony. Pod wpływem dużego nacisku część materiału wypłynęła również w kierunku, z którego uderzył pocisk.



**Rys. 6.23.** Analiza makroskopowa zglądów próbek pobranych z przestrzelin: A – pocisk kal. .408 CheyTac, płyta ze stali niskowęglowej o grubości 12 mm; B – pocisk kal. .338 Lapua Magnum, płyta ze stali niskowęglowej o grubości 12 mm; C – pocisk przeciwpancerny kal. .308 Winchester, płyta ze stali niskowęglowej o grubości 12 mm; D – pocisk przeciwpancerny kal. .308 Winchester, płyta ze stali pancernej o grubości 5,42 mm

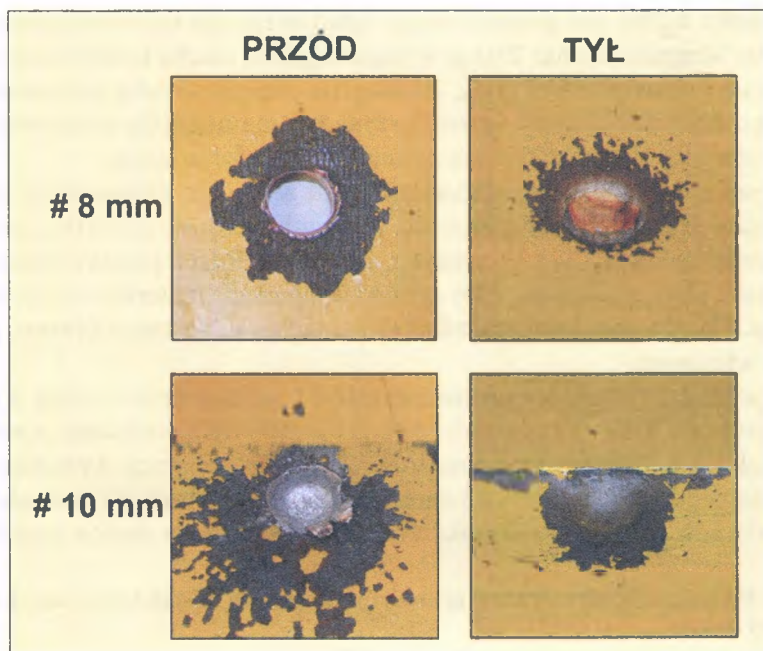
Na rysunku 6.23B jest przedstawiony zgląd w rejonie uderzenia pocisku kal. .338 Lapua Magnum Scenar 250 gr w niskowęglową blachę konstrukcyjną o grubości 12 mm i twardości 200 HV<sub>30</sub>. Z uwagi na energię pocisku niewystarczającą w stosunku do grubości płyty, w tym przypadku nie nastąpiła penetracja i rozewanie materiału, ale kulista czasza została dobrze uformowana.

Na rysunku 6.23C jest przedstawiony zgląd w rejonie przestrzeliny niskowęglowej blachy konstrukcyjnej o grubości 12 mm i twardości 200 HV<sub>30</sub> pociskiem przeciwpancernym kal. .308 Winchester, Lapua AP. Rdzeń pocisku rozepchał na boki materiał płyty, powodując silny zgniot i wypłynięcie materiału w rejonie wylotu pocisku. Płaszcz pocisku został zdarty i osadził się na ścianach otworu, głównie w rejonie wlotowym.

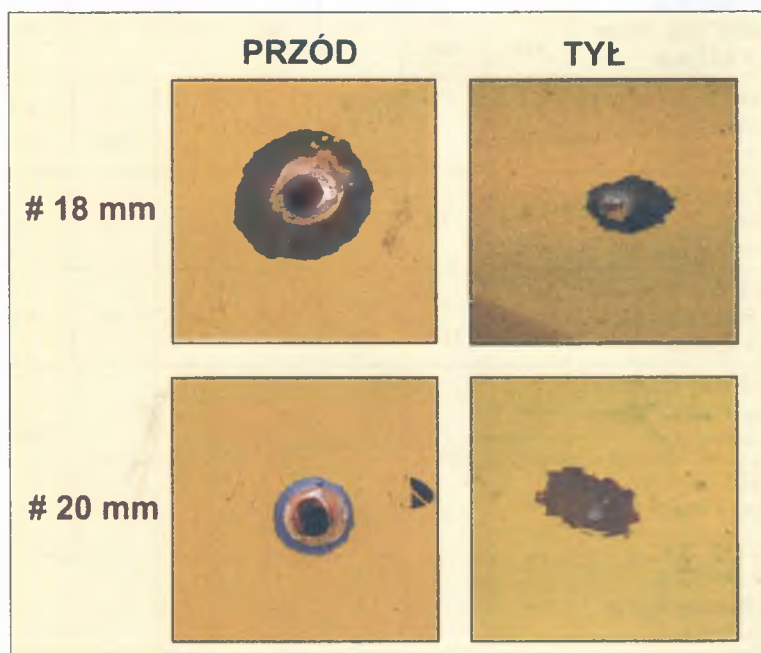
Na rysunku 6.23D jest przedstawiony zgląd w rejonie przestrzeliny płyty pancerniej o grubości 5,4 mm i twardości 520 HV<sub>30</sub> (50 HRC) pociskiem przeciwpancernym kal. .308 Winchester, Lapua AP. W rejonie perforacji występuje 6 pęknięć o przebiegu lamelarnym – równoległym do płaszczyzny walcowania. Analiza mikroskopowa pęknięć wykazała, że przebiegają one w dwóch zasadniczych

**Tabela 6.1. Przebijalność płyt o różnej grubości wykonanych ze stali konstrukcyjnej o twardości 200 HV<sub>30</sub>**

Amunicja	Grubość blachy [mm]							
	8	10	12	14	16	18	20	30
Kal. .308 Win. Sierra Match King 168 gr $V_0 = 827$ m/s	✓ rys.	✗ rys.	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Kal. .308 Win. Lapua Armour Piercing 165 gr $V_0 = 870$ m/s	✓	✓	✓	✓	✓	✓ rys.	✗ rys.	✗
Kal. .338 Lapua Magnum Lapua Naturalis 231 gr $V_0 = 918$ m/s	✓ rys.	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Kal. .338 Lapua Magnum Lapua Scenar 250 gr $V_0 = 835$ m/s	✓	✓ rys.	✗ rys.	✗	✗	✗	✗	✗
Kal. .338 Lapua Magnum SM Armour Piercing 260 gr $V_0 = 836$ m/s	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ rys.	✗ rys.
Kal. .408 Chey Tac Jamison 419 gr $V_0 = 860$ m/s	✓	✓	✓ rys.	✗ rys.	✗	✗	✗	✗
Kal. .50 BMG Armour Piercing 696 gr $V_0 = 820$ m/s	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ rys.
Oznaczenia: ✓ - grubość płyt przebijanych przez dany pocisk; ✗ - grubość płyt, których pociski nie przebiły.								



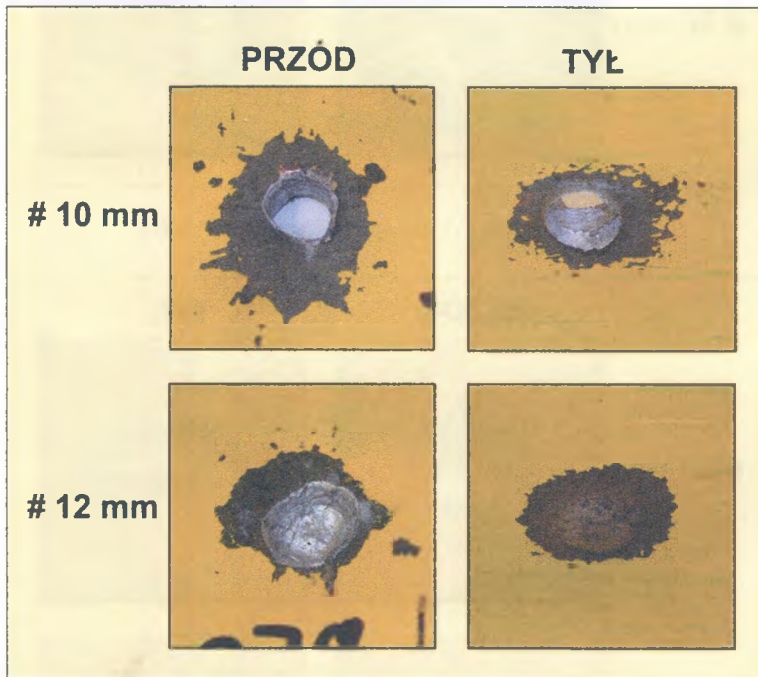
Rys. 6.24. Kaliber .308 Win., SMK 168 gr



Rys. 6.25. Kaliber .308 Win., Armour Piercing 168 gr

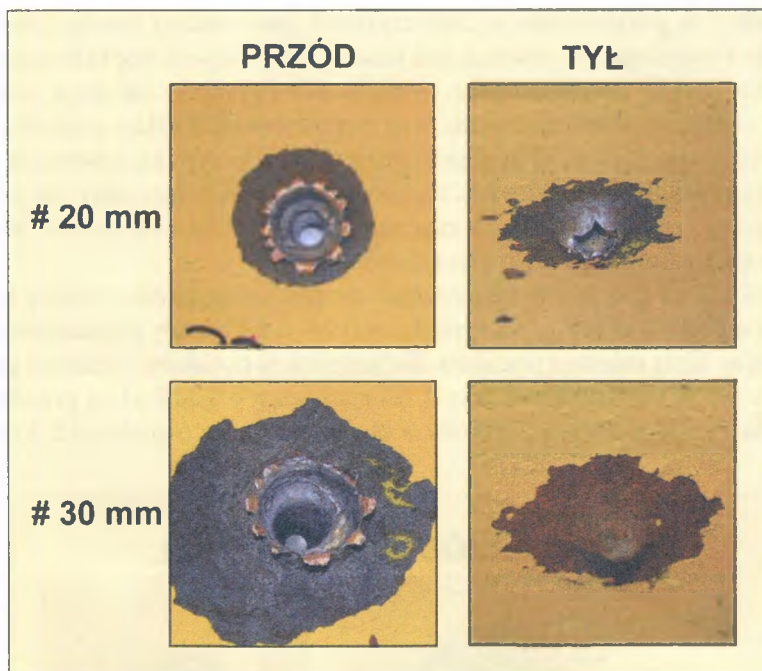
kierunkach – w przybliżeniu w płaszczyznach pasmowości blachy (płaszczyzny pierwotnie równoległe do powierzchni blachy) oraz ukośnie poprzez pasmowość, pod kątami do  $60^\circ$  do płaszczyzny pasmowości. Pęknięcia nie mają rozgałęzień drugiego rzędu, co wskazuje na to, że są przeciążeniowe. Mają przebieg typowy dla pęknięć powstających od naprężeń normalnych. W wyniku powstania pęknięć płyta zaczyna lokalnie zachowywać się nie jak materiał jednorodny, ale jak pakiet blach o małej grubości, przez co znacznie łatwiej jest ją odkształcić. W rejonie wylotu są widoczne liczne wykruszenia materiału.

W tabeli 6.1 są zebrane wyniki strzelań do płyt wykonanych z blachy konstrukcyjnej o trwałości  $200\text{ HV}_{30}$ . Na rysunkach 6.24–6.29 zostały przedstawione przestrzeliny oraz ślady uderzeń pocisków dla kombinacji pocisków i grubości płyt oznaczonych w tab. 6.1 określeniem „rys.”. Na rysunkach 6.30 i 6.31 są przedstawione przestrzeliny i ślady uderzeń pocisków w blachę pancerną o grubości 5,3 mm.

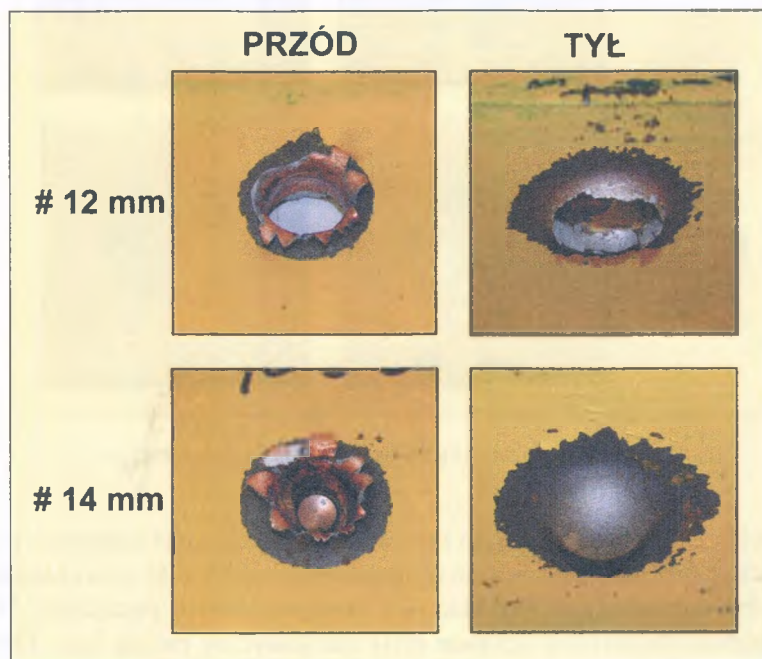


Rys. 6.26. Kaliber .338 Lapua Magnum, Scenar 250 gr

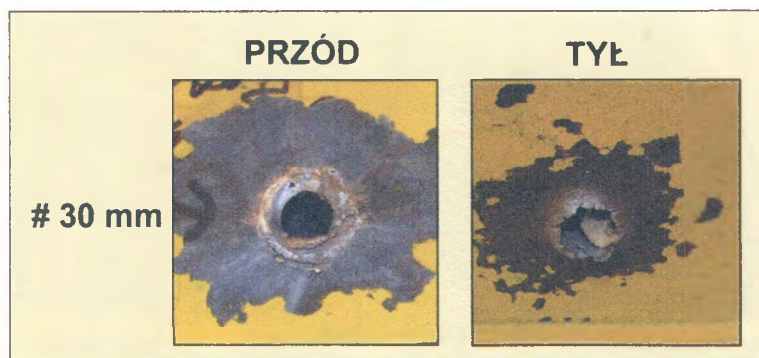
Jak wynika z przeprowadzonych testów, przebijalność płyt stalowych przez pociski przeciwpancerne jest znacznie większa niż przebijalność przez klasyczne pociski FMJ lub monolityczne. Przykładowo, przeciwpancerny pocisk kal. .308 Win. przebija niemal dwukrotnie grubsze płyty niż klasyczny pocisk kal. .338 Lapua Magnum i płyty o 50% grubsze niż przebija monolityczny pocisk .408 Chey Tac o wielokrotnie większej energii.



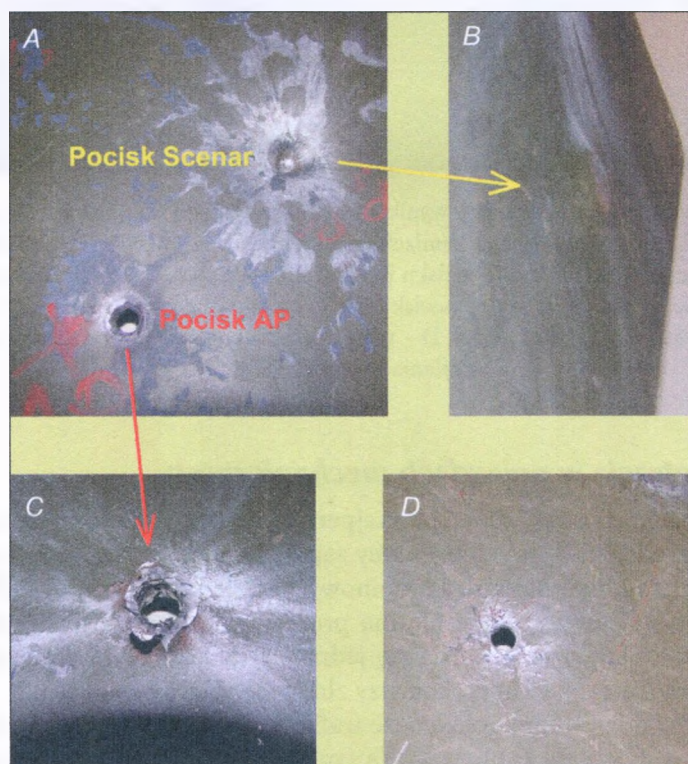
Rys. 6.27. Kaliber .338 Lapua Magnum, AP 260 gr



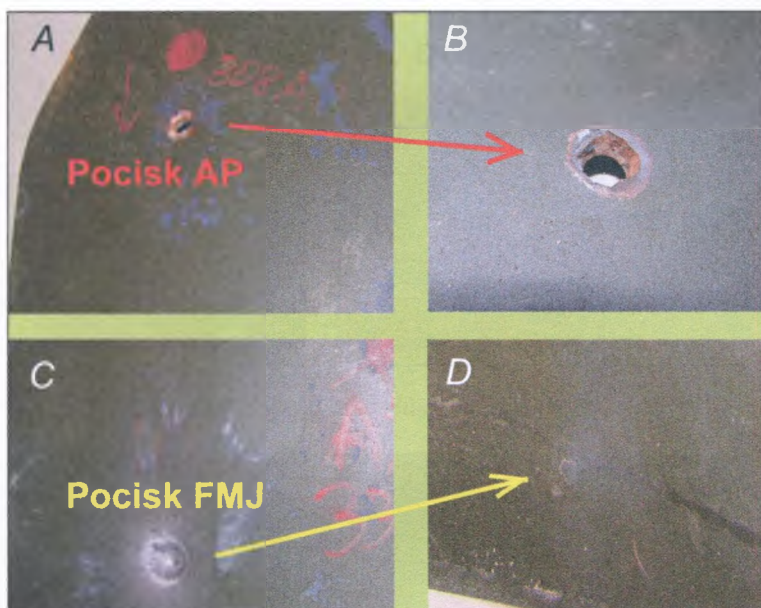
Rys. 6.28. Kaliber .408 CheyTac, 419 gr



Rys. 6.29. Kaliber .50 BMG, AP



Rys. 6.30. Przestrzeliny powstałe w wyniku trafienia pociskami kal. .338 Lapua Magnum w dwie płyty pancerne o grubości 5,3 mm pochodzące z kamizelki kuloodpornej (umieszczone jedna za drugą): A - powierzchnia czołowa pierwszej płyty z widoczną przestrzeliną od pocisku przeciwpancernego AP oraz wgnieciem od pocisku Scenar; B - tylna powierzchnia pierwszej płyty z widocznym miejscem trafienia pocisku Scenar; C - tylna powierzchnia pierwszej płyty z widoczną przestrzeliną pochodzącą od pocisku AP; D - przednia powierzchnia drugiej płyty, która była oddalona od pierwszej o 10 mm z widoczną przestrzeliną od pocisku AP



**Rys. 6.31.** Przesztrzeliny powstałe w wyniku trafienia pociskami kal. .308 w płytę pancerną o grubości 5,3 mm pochodzącą z kamizelki kuloodpornej: A - powierzchnia czołowa płyty z widoczną przeszerzeliną od pocisku przeciwpancernego AP; B - tylna powierzchnia płyty z widoczną przeszerzeliną od pocisku AP; C - czołowa powierzchnia płyty z widocznym wgnieceniem od pocisku FMJ; D - tylna powierzchnia płyty z widocznym miejscem trafienia pociskiem FMJ

### 6.5. Penetracja w pojazdach mechanicznych

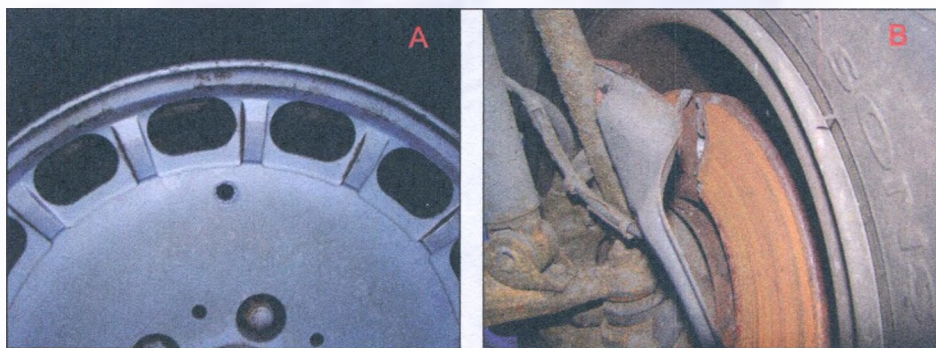
Jednym z potencjalnych celów dla snajpera może być pojazd samochodowy. Jak wynika z podrozdz. 6.3, przebicie szyby samochodowej, nawet laminowanej, nie stanowi problemu dla pocisków karabinowych, o ile szyba nie jest kuloodporna. Podobnie w większości sytuacji nie ma problemu z przebicciem elementów nieopancerzonego nadwozia. Pojawia się jednak pytanie o możliwość zatrzymania pojazdu poprzez strzał w silnik, koła czy zbiornik paliwa.

Wbrew przewidywaniom pojedyncze trafienia w elementy układu jezdnego lub napędowego samochodu osobowego (a tym bardziej ciężarowego) mogą okazać się nieskuteczne. Są co prawda elementy, których zniszczenie unieruchamia natchmiast pojazd, ale zwykle są one małe, osłonięte przez inne, mniej istotne elementy i ich lokalizacja jest różna w różnych modelach samochodów.

Jednym z zespołów samochodu, które notorycznie bywają ostrzeliwane w celu zatrzymania pojazdu, są jego koła. Co prawda opona pneumatyczna po trafieniu pociskiem karabinowym w szybkim tempie traci ciśnienie powietrza, ale nie jest to jednoznaczne z koniecznością zatrzymania pojazdu. Opona pozbawiona ciśnienia gorzej przenosi siły poprzeczne i wzdłużne, co poważnie ogranicza własno-

ści trakcyjne pojazdu, ale nadal zapewnia punkt podparcia i umożliwia jazdę. Po przejechaniu kilkuset–kilkuset tysięcy metrów opona zazwyczaj zostaje zniszczona i spada z obręczy, ale nawet w takiej sytuacji pojazd jest zdolny do poruszania się, szczególnie po nawierzchni utwardzonej. Ponieważ obecnie coraz popularniejsze są opony typu Run Flat<sup>68</sup>, więc nawet po ich wielokrotnym przebiciu, z definicji, nadają się one do dalszej jazdy. Tak więc przestrzelenie opony NIE STANOWI pewnego, szybkiego sposobu zatrzymania pojazdu.

Przestrzeleniu obręczy koła, szczególnie przez pocisk o dużej energii, towarzyszy zazwyczaj zniszczenie bębna hamulcowego lub tarczy hamulcowej (rys. 6.32). Takie uszkodzenie samo w sobie nie musi prowadzić do zablokowania koła, ale zablokowanie staje się już bardzo prawdopodobne przy pierwszej próbie użycia hamulca, gdyż klocek hamulcowy może wypaść z gniazda i zaczepić się o krawędzie wyrwy w tarczy hamulcowej. Jazda w takich warunkach samochodem z napędem na dwa koła może być bardzo trudna lub wręcz niemożliwa. Jeśli jednak pojazd ma napędzane wszystkie koła, to zapewne będzie mógł się poruszać ze zmniejszoną prędkością i znacznie ograniczoną zdolnością manewrowania.



**Rys. 6.32.** Obręcz koła samochodu Mercedes (A) i tarcza hamulcowa (B) po trafieniu pociskiem kal. .338 Lapua Magnum (Scenar 250 gr)

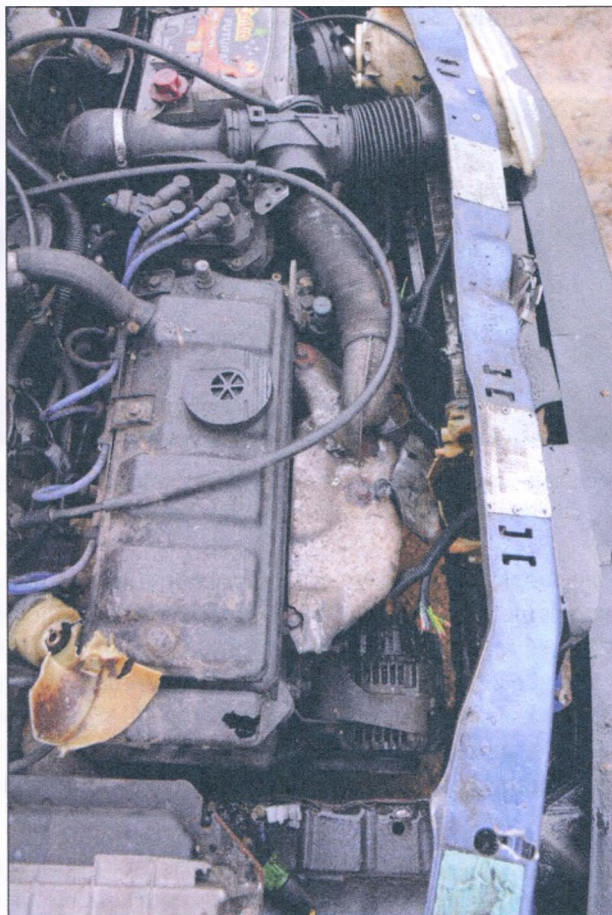
Wydawać by się mogło, że niezawodnym sposobem zatrzymania pojazdu powinno być przestrzelenie bloku silnika. Blok silnika jest stosunkowo duży, istnieje potencjalna możliwość rażenia go z boków, z przodu i z góry. Niestety, przestrzelenie bloku powodujące zniszczenie układu korbowego nie jest wcale łatwe. Blok silnika osłonięty jest z boków elementami zawieszenia kół, często również skrzynią biegów i przekładną, z przodu zderzakiem, chłodnicami, wentylatorami i innymi wytrzymałymi elementami konstrukcji pojazdu. Elementy te powodują odchylenie

<sup>68</sup> Opony Run Flat są zbudowane w taki sposób, aby po przebiciu nie spadały z obręczy i mogły zapewnić ograniczone, ale tym niemniej stosunkowo duże, przenoszenie sił na nawierzchnię. Współczesne opony Run Flat umożliwiają bezpieczną jazdę z prędkością do 80–90 km/h na dystansie do 100 km.



lotu pocisków lub wręcz je zatrzymują. Poza tym nie każde przestrzelenie bloku powoduje awarię układu korbowego lub poważną awarię rozrządu prowadzącą do natychmiastowego zniszczenia silnika.

Próby przeprowadzone w warunkach poligonowych wykazały, że nawet bardzo silne pociski kal. .338 Lapua Magnum (Scenar 250 gr) penetrujące blok nie powodują natychmiastowego unieruchomienia pojazdu. W omawianym przypadku dopiero szósty pocisk wystrzelony w przód silnika poprzez reflektory i chłodnicę zatrzymał silnik. Silnik po zatrzymaniu nie wykazywał widocznych, poważnych uszkodzeń, takich jak pęknięcie bloku czy głowicy (rys. 6.33). Należy przypuszczać, że zatrzymanie silnika było raczej spowodowane zniszczeniem osprzętu (wiązki kabli lub jakiegoś ważnego czujnika), a nie uszkodzeniami strukturalnymi. Podobne próby wykonane pociskami przeciwpancernymi kalibru .308 Winchester wykazały, że nawet te pociski, dysponując bardzo dużą zdolnością penetracji, zazwyczaj nie zatrzymują natychmiast silnika.



Rys. 6.33. Silnik samochodu po trafieniu sześcioma pociskami kal. .338 Lapua Magnum



Rys. 6.34. Moment wybuchu gazu wydobywającego się z przestrzelonego zbiornika LPG



Rys. 6.35. Zbiornik LPG przestrzelony od strony siedzenia, widok w trakcie gaszenia pożaru

Do określenia podatności poszczególnych podzespołów na zniszczenie w wyniku trafienia pociskami karabinowymi wykonano również próbę przebicia zbiornika z gazem LPG znajdującego się w bagażniku pojazdu. Trafienie w zbiornik

poprzez drzwi tylne i tylną kanapę spowodowało co prawda rozszczelnienie zbiornika objawiające się wyraźnie słyszalnym wypływem gazu, ale nie nastąpił wybuch ani zapalenie gazu. Dopiero pocisk smugowy doprowadził do wybuchu ulatniającego się gazu (rys. 6.34), przy czym zbiornik nie uległ rozerwaniu, pomimo trwającego ok. 10 min pożaru (rys. 6.35).

## 6.6. Penetracja indywidualnych osłon balistycznych

Indywidualne osłony balistyczne, w zależności od konstrukcji, zapewniają różny poziom ochrony przed penetracją pocisków. Trzeba jednak uwzględnić, że dla różnych poziomów ochrony (klas) wymagana jest odporność na różną ilość trafień. Na przykład wg standardu NIJ 0101.04 osłony klasy III muszą wytrzymać 6 trafień pociskami 7.62 NATO FMJ (M80), podczas gdy osłony klasy IV tylko jedno trafienie, ale za to silniejszym pociskiem przeciwpancernym kal. .30 M2 AP. Może się więc okazać (szczególnie dla osłon ceramicznych), że osłona spełniająca wymagania klasy IV nie spełnia wymagań klasy III.

W praktyce wszystkie osłony balistyczne, które skutecznie chronią przed pociskami karabinowymi, są obecnie wykonywane w postaci płyt metalowych (stal

**Tabela 6.2.** Wymagania co do wybranych osłon balistycznych wg różnych standardów. Niższe klasy odporności nie zabezpieczają przed skutkami trafienia pocisków karabinowych

Standard	Klasa	Pocisk testowy			Uwagi
		kaliber i typ	masa [g]	prędkość [m/s]	
NIJ - 0101.04 (NIJ-0101.06)	III	kal. 7.62 mm; NATO FMJ	9,6	847	6 trafień
	IV	kal. .30; M2 AP	10,8	878	1 trafienie
HOSDB (2003)	RF1	kal. 7.62 mm; L2A2	9,3	830	-
Norma niemiecka (2003)	SK3	kal. 5.56 × 45; FMJ + P SS109	4,0	920	-
		kal. 7.62 × 51; FMJ DM111	9,55	830	
GOST 50744-95	3	kal. 5.45 × 39; AK-74	3,4	890	-
		kal. 7.62 × 39; AKM	7,9	725	
	4	kal. 5.45 × 39; AK-74 AP	3,4	890	-
		kal. 7.62 × 54; SVD	9,6	835	
	5	kal. 7.62 × 39; AKM z rdzeniem stalowym	7,9	725	-
6	kal. 7.62 × 54; SVD AP	9,6	835	-	
CEN prEN ISO 14876-2	4	kal. 5.56 × 45; FMJ M193	3,6	970	-
		kal. 7.62 × 51; NATO FMJ	9,4	830	
	5	kal. 7.62 × 51; AP	9,7	820	-

pancerna, stopy tytanu) albo wykonane są z materiałów ceramicznych. Zazwyczaj mają one postać płyt (wkładek) uzupełniających miękkie osłony balistyczne wykonane z włókien (np. kevlarowych) (rys. 6.36).



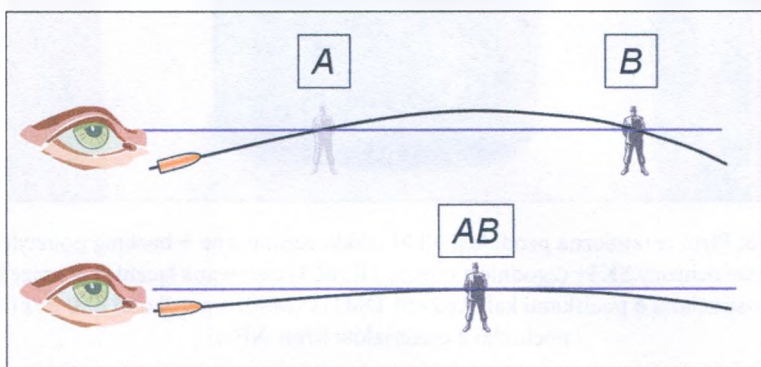
**Rys. 6.36.** Płyta ceramiczna produkcji NFM (szkło ceramiczne + backing polietylenowy) o poziomie ochrony SK3+ (zgodnie z normą TR2003) testowana łącznie z kamizelką klasy SK1, ostrzelana 6 pociskami kal. 7.62×51 DM111 (M80) o prędkości 830 m/s [zdjęcie pochodzi z materiałów firmy NFM]

W tabeli 6.2 są przedstawione informacje o wymaganiach co do osłon balistycznych przeznaczonych do ochrony przed pociskami karabinowymi. Oczywiście w praktyce osłona może być skuteczna również w odniesieniu do kalibrów „większych”, jeśli strzał jest oddany z dużej odległości i prędkość pocisku jest wyraźnie mniejsza niż była w chwili wylotu z lufy. Niestety, nie ma niezawodnych metod przewidywania zachowania się osłon w takich warunkach i trzeba przyjąć, że osłona nie zapewnia pewnej ochrony przed takimi pociskami.

## 7. Nastawy celownika optycznego i techniki celowania

### 7.1. Przystrzelanie broni

Jak wynika z podrozdziału 5.2, prawidłowo wyrzuty pocisk przecina linię celowania w dwóch punktach (punkty *A* i *B* w górnej części rys. 7.1). Pierwszy z nich (*A*) znajduje się stosunkowo blisko wylotu lufy (najczęściej w odległości kilkunastu-kilkudziesięciu metrów), a drugi (*B*) znajduje się w większej odległości. Wyjątkowo, przy strzelaniu na odległość ok. 80–100 m dla wielu typowych kalibrów karabinowych pocisk dochodzi stycznie do linii celowania i jej nie przecina, czyli punkty *A* i *B* się pokrywają (dolna część rys. 7.1).



Rys. 7.1. Trajektoria pocisku względem linii celowania; u góry – dwa punkty przecięcia trajektorii i linii celowania; u dołu – jeden punkt styku obu linii

W konsekwencji, żeby trafić w cel, trzeba tak ustawić kąt podniesienia lufy, aby cel znalazł się w jednym z punktów przecięcia trajektorii i linii celowania. Przy niewielkiej odległości (typowo mniejszej niż 100 m) tym punktem przecięcia jest punkt *A*, a przy większej jest to punkt *B*.

Pokrętło regulacji pionowej w celowniku optycznym umożliwia zmianę kąta, jaki występuje pomiędzy lufą a linią celowania, wskutek czego przy stałym przebiegu linii celowania zmienia się kąt podniesienia lufy. Prawidłowe wprowadzenie nastaw do celownika powinno zapewnić, by w miejscu, w którym znajduje się cel, trajektoria pocisku przecięła linię celowania.

W celu umożliwienia prawidłowego i jednoznacznego wprowadzania poprawek należy przyjąć pewną bazę, tzn. taką odległość, przy której pociski trafiają w cel, gdy pokrętła regulacyjne są ustawione w pozycji „zerowej”<sup>69</sup>. Dla takiej właśnie odległości wykonuje się tzw. *przystrzelanie broni*. Przystrzelanie broni to proces, w którym

<sup>69</sup> Zazwyczaj w pozycji „zerowej” podziałki na pokrętlach wskazują 0. Zdarza się jednak, że inna wartość jest przyjęta umownie jako „zero”.

reguluje się przyrządy celownicze w taki sposób, aby na danej odległości przystrzelania (bazie) pociski trafiały w cel<sup>70</sup>. Nastawy, które umożliwiły przystrzelanie broni, są traktowane jako nastawy „zerowe”. Celowniki optyczne o przeznaczeniu taktycznym pozwalają na takie przestawianie pokręteł regulacyjnych, że nie naruszając regulacji celownika uzyskanych podczas przystrzelania, podziałki wskazują nastawę 0. We wszystkich znanych mi celownikach odbywa się to po zluźnieniu wkrętów blokujących pierścieni z podziałkami na mechanizmie regulacyjnym (rys. 7.2). Po odblokowaniu pierścieni może swobodnie się obracać, nie zmieniając położenia mechanizmu regulacyjnego. Gdy pozycja pierścienia będzie taka, że podziałka będzie wskazywać 0, należy ponownie zablokować wkręty i oddać kilka strzałów kontrolnych potwierdzających prawidłowość przystrzelania! Niejednokrotnie zdarza się bowiem, że pomimo ostrożnego obracania, pierścień przesunie jednak mechanizm regulacyjny o jeden lub dwa „kliknięcia”. Podobna zasada obowiązuje zarówno w odniesieniu do pokręteł regulacji pionowej, jak i poziomej.



Rys. 7.2. Wkręty ustalające bębny z podziałkami w celowniku Nightforce

Do wykonania prawidłowego przystrzelania należy podjąć decyzję co do odległości bazowej, na której broń ma być przystrzelana. Wśród snajperów nie ma jednomyślności co do tego, na jakim dystansie przystrzeliwać broń. Powszechnie

<sup>70</sup> Myśliwi z reguły przystrzelują broń w taki sposób, aby na dystansie 100 m pociski układały się trochę powyżej punktu celowania. Ma to zapewnić trafianie „w punkt” na odległości ok. 150–170 m. Powodem takiego postępowania jest brak strzelnic umożliwiających dokonanie przystrzelania na dystansie większym niż 100 m. Metoda ta jest jedynie sporadycznie stosowana przez strzelców wojskowych, którzy na krótszym dystansie czasem kontrolują przystrzelanie wykonane na dystansie dłuższym.

są stosowane dystanse 100 i 300 m, ale spotyka się, szczególnie wśród strzelców wojskowych strzelających z karabinów dużej mocy, również dystanse dłuższe.

Za wyborem odległości 100 m przemawiają następujące fakty:

- bardzo łatwo jest znaleźć strzelnicę umożliwiającą przystrzelanie, a następnie okresowe kontrole przystrzelania na tym dystansie;
- na dystansie 100 m warunki atmosferyczne oddziałują bardzo nieznacznie na punkt trafienia pocisku, co jest szczególnie istotne do wyeliminowania wpływu wiatru;
- przystrzelanie na dystansie 100 m jest praktycznie nieczułe na zmiany ciśnienia, co oznacza, że nastawy zerowe będą takie same na różnej wysokości;
- praktycznie wszystkie poprawki przy innej niż 100 m odległości strzału są odkładane w tę samą stronę („do góry”), co zmniejsza ryzyko pomyłki;
- na dystansie 100 m jedna tysięczna odpowiada odcinkowi 10 cm, co ułatwia określanie poprawek;
- odległość 100 m jest realną odległością strzału dla snajpera policyjnego;
- zjawisko mirażu na dystansie 100 m nie utrudnia celowania.

Za wyborem odległości 300 m przemawia natomiast:

- jest to odległość bardziej realna dla snajperów wojskowych;
- niektóre pociski stabilizują swój lot dopiero w odległości 200–300 m od wylotu lufy, co pozwala na uzyskanie lepszego skupienia (mierzonego miarami kątowymi);
- lepiej są uwzględnione pewne indywidualne właściwości pocisków, jak np. inny niż katalogowy współczynnik balistyczny lub inna prędkość wylotowa.

Niestety, duża odległość przystrzelania ma, przy niewątpliwie wysokiej reprezentatywności dla snajperów wojskowych, dużą wadę – na wyniki przystrzelania bardzo duży wpływ ma wiatr i wysokość nad poziomem morza.

Według mnie należy dążyć do połączenia zalet dwóch dystansów i wykonywać podstawowe przystrzelanie (z zerowaniem nastaw, szczególnie nastawy poziomej) na dystansie 100 m, a następnie dodatkową kontrolę na dystansie 300 m, jeśli warunki atmosferyczne na to pozwalają.

Wielu strzelców popełnia błąd polegający na działaniu, które można nazwać „nieustannym przystrzeliwaniem broni”. Przy każdym strzelaniu, niezależnie od warunków atmosferycznych, zaczynają oni od przystrzelania karabinu i po jego wykonaniu usiłują skorygować ustawienia pokręteł (wyeliminować uchyb) tak, aby pokręta były w położeniu 0. Jest to działanie bardzo niekorzystne, gdyż powoduje utratę wielu istotnych wiadomości o broni i prawidłowych nastawach celownika. Utrudnia również wczesne wykrycie problemów, które często są sygnalizowane charakterystycznymi zmianami punktu trafienia.

Wydaje się, że prawidłowe działanie powinno być następujące. Na początku eksploatacji i po każdej istotnej ingerencji w broń należy wykonać przystrzelanie broni w warunkach możliwie typowych dla jej przyszłego użytkowania. W trakcie

takiego przystrzelania dokonuje się przestawienia pokręteł tak, aby wskazywały 0<sup>71</sup>. Cyklicznie (nawet podczas każdego strzelania, jeśli jest taka potrzeba) należy przeprowadzać strzelania kontrolne na dystansie, na którym broń była przystrzelana, i sprawdzić, jak układają się przestrzeliny. Jeśli występuje jakiś uchyb niedający się wytłumaczyć zmianą warunków strzelania, to należy zapamiętać i zapisać jego wielkość, ale **NIE PRZEREGULOWYWAĆ POKRĘTEŁ TAK, ABY WSKAZYWAŁY 0**. Przy dalszym strzelaniu trzeba uwzględniać ten uchyb, wprowadzając nastawy do celownika. Zazwyczaj uchyb nie będzie większy niż 2–3 kliki na pokrętlach.

Jeśli jednak uchyb będzie znacznie większy, to należy postarać się wykryć jego przyczynę, wyeliminować ją i dopiero wtedy dokonać pełnego przystrzelania broni i ustawienia „zera”. Typowe powody dużych uchybów to: amunicja inna od stosowanej przy przystrzelaniu broni, uderzenie w celownik podczas transportu lub walki, poluznienie mocowania celownika, poluznienie śrub blokujących w pokrętlach, uszkodzenie karabinu, „gruby błąd” strzelca (np. złe ustawienie pokrętła wieloobrotowego). Mały uchyb jest często spowodowany nieprawidłowym złożeniem strzelca, nietypową temperaturą amunicji (różną od temperatury otoczenia) i „przymarznieniem” mechanizmu regulacyjnego w celowniku.

## 7.2. Wprowadzanie poprawek

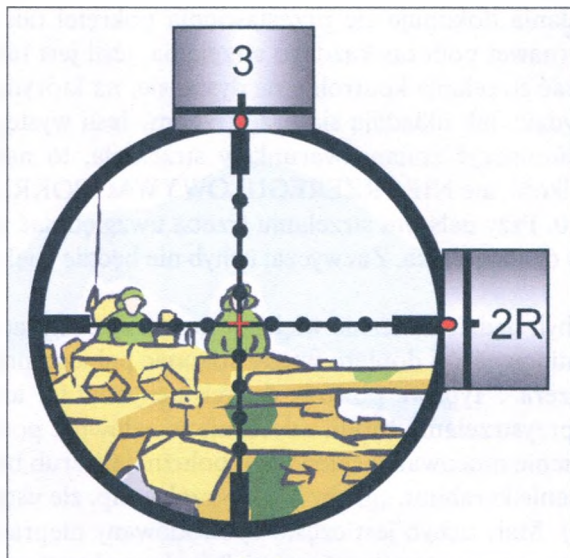
Ponieważ przystrzelanie broni zapewnia jej prawidłowe ustawienie tylko w konkretnych warunkach i tylko dla konkretnej odległości, więc przy każdym strzale w innych warunkach konieczne jest wprowadzenie specyficznych dla danej sytuacji nastaw celownika. Można to zrobić czterema sposobami. Wybór prawidłowego sposobu zależy od rodzaju poprawki i sytuacji taktycznej.

### 7.2.1. Regulacja na pokrętlach

Wprowadzanie poprawek za pomocą pokręteł wymaga, aby przed oddaniem strzału poprawki zostały określone w stosunku do nastaw „zerowych”, a następnie wprowadzone do celownika poprzez obracanie pokręteł. Trzeba przy tym pamiętać, że **pokrętła zawsze są oznaczone w ten sposób, że wskazują kierunek, w jakim przesunie się punkt trafienia**. Jeśli więc cel znajduje się dalej niż wynosiła odległość przystrzelania broni, to pokrętło regulacji pionowej musi być przekręcone w kierunku GÓRA (ang. *UP*) w stosunku do położenia zerowego. Jeśli wiatr wieje z prawej strony, to pokrętło regulacji poziomej powinno być przekręcone również w kierunku PRAWY (ang. *R*), aby skompensować znoszenie skierowane w lewo.

<sup>71</sup> Jeśli ze względu na konstrukcję celownika i jego montaż nie jest możliwe ustawienie pokręteł w pozycji 0, to należy przyjąć inną pozycję, która od tej pory będzie traktowana jako pozycja „zerowa”. Taka sytuacja ma zazwyczaj miejsce w celownikach z pokrętłami wieloobrotowymi, jeśli celownik jest zamontowany na montażu równoległym. Przy takim rozwiązaniu „zero” będzie ustawione nie na pierwszym obrocie pokrętła, ale na „środkowym”. Najlepiej jest oznaczyć podziałkę dla tego obrotu, malując ją na jakiś inny kolor, aby w przyszłości uniknąć pomyłek.





Rys. 7.3. Celowanie z wprowadzeniem poprawek na pokrętłach regulacyjnych – 3 MIL w górę i 2 MIL w prawo

Po wprowadzeniu nastaw do celownika celowanie odbywa się środkiem krzyża (lub jego odpowiednikiem) (rys. 7.3). Na rysunku pokazano symbolicznie sytuację, gdy strzelając na odległość 400 m pociskiem kal. .308 Win. do celu poruszającego się pod kątem  $135^\circ$  z prędkością 6 km/h, należy ustawić poprawkę pionową 3 MIL „UP” i poziomą 2 MIL „R”.

Przy takim sposobie wprowadzania poprawek nie jest istotne, czy znaczniki na podziałkach siatki celownika ze zmiennym powiększeniem są właściwie wykalibrowane (patrz p. 3.1.4).

Metoda odkładania poprawek na pokrętłach jest podstawową metodą uwzględniania poprawek w sytuacji, gdy strzelec dysponuje wystarczającym czasem do wykonania tych czynności. Niektórzy snajperzy stosują ją zawsze przy regulacjach związanych z odległością i znoszeniem wynikającym z oddziaływania wiatru.

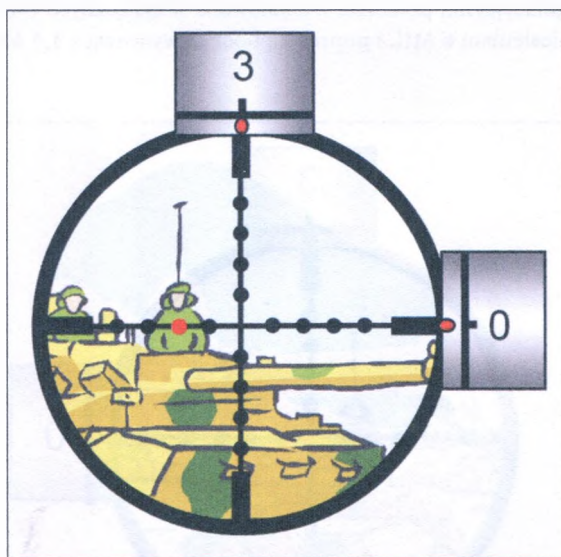
Według mnie celowe jest wprowadzanie poprawki pionowej za pomocą pokręteł, jeśli tylko jest na to czas. Warto również, za pomocą pokrętła poziomego, wprowadzać poprawki niwelujące boczne znoszenie pocisku pod wpływem zjawiska żyroskopowego (derywację). Co do poprawek związanych ze znoszeniem spowodowanym wiatrem oraz z wyprzedzeniem przy strzelaniu do celów ruchomych, uważam, że lepiej jest odkładać je na siatce celowniczej (patrz następny podrozdział).

### 7.2.2. Odkładanie poprawek na siatce celowniczej

Wprowadzanie poprawek poprzez odkładanie ich na siatce celowniczej wymaga, aby podziałka widoczna w okularze celownika była odpowiednio wykalibrowana (w tysięcznych lub w minutach kątowych). W celownikach z powiększeniem

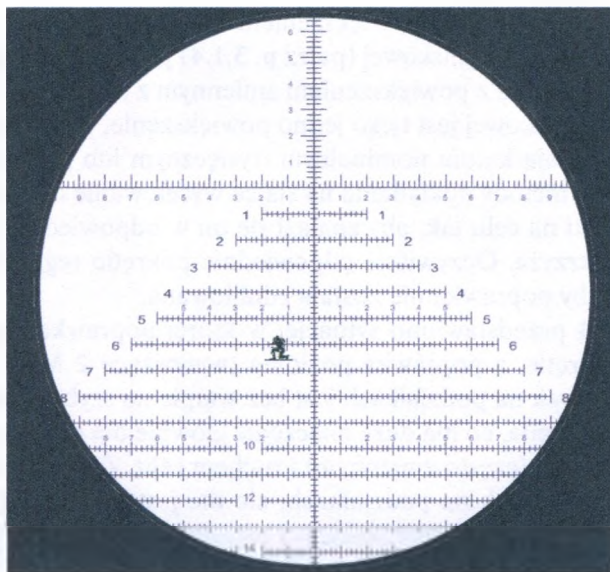
stałym oraz w celownikach z powiększeniem zmiennym i siatce umieszczonej w przedniej płaszczyźnie ogniskowej (patrz p. 3.1.4) podziałka jest zawsze wykalirowana. W celownikach z powiększeniem zmiennym z siatką umieszczoną w tylnej płaszczyźnie ogniskowej jest tylko jedno powiększenie, przy którym znaczki podziałki odpowiadają kątom nominalnym (tysięcznym lub minutom kątowym). Przy zastosowaniu metody odkładania na siatce wycelowanie odbywa się poprzez umieszczenie siatki na celu tak, aby znalazł się on w odpowiedniej odległości kątowej od środka krzyża. Oczywiście odpowiednie pokrętko regulacyjne musi być ustawione na 0, aby poprawka nie została zdublowana.

Na rysunku 7.4 przedstawiono sytuację, w której poprawka pionowa została ustawiona na pokrętkle, a poprawka pozioma (wynosząca 2 MIL) na podziałce. Odkładanie poprawek na podziałkach jest bez wątpienia szybsze niż wprowadzanie ich poprzez pokrętkła, co ma duże znaczenie głównie dla poprawek poziomych związanych z wiatrem (często zmiennym) i ruchem celu. Zasadniczo możliwe jest odkładanie obu poprawek na podziałkach, ale nie jest to zbyt wygodne i precyzyjne. Lepiej więc poprawkę odległościową ustawić na pokrętkłach (bo często jest większa i zazwyczaj mniej się zmienia podczas celowania), a poprawkę poziomą – na siatce celowniczej.

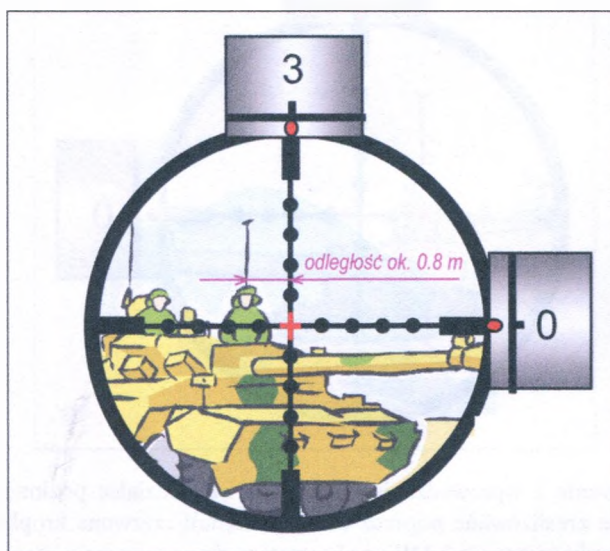


Rys. 7.4. Celowanie z wprowadzaniem poprawki na podziałce poziomej (ustawienie 3 MIL w pionie zrealizowane poprzez obrót pokrętkła); czerwona kropka symbolizuje punkt (znacznik 2 MIL) wykorzystany do wycelowania broni

Istnieją jednak specjalne siatki celownicze, które ułatwiają celowanie metodą odkładania poprawek. Jedną z nich i chyba najbardziej zaawansowaną jest siatka HORUS H37 przedstawiona na rys. 7.5. Niestety taka siatka nie jest zbyt czytelna i moim zdaniem w warunkach taktycznych jest trudna do stosowania.



**Rys. 7.5.** Siatka HORUS H37 przeznaczona do odkładania poprawek bez posługiwania się pokrętłami regulacyjnymi; podziałki wyskalowane w tysięcznych (MIL); sposób celowania z podniesieniem 6 MIL i poprawką boczną wynoszącą 1,4 MIL w prawo



**Rys. 7.6.** Celowanie z przesunięciem punktu celowania w kierunku poziomym (poprawka ok. 0,8 m); poprawka 3 MIL w kierunku pionowym ustawiona na pokrętłach; zastosowane powiększenie jest mniejsze od powiększenia zapewniającego prawidłowy odczyt podziałki kątowej

### 7.2.3. Przesunięcie punktu celowania

Metoda przesuwania punktu celowania jest w istocie bardzo podobna do odkładania poprawek na siatce celownika. Różnica polega tylko na tym, że zamiast na prowadzać na cel znacznik odpowiadający żądanej poprawce, strzelec podejmuje próbę „odłożenia” od celu określonej odległości liniowej (np. 0,8 m) i kieruje na tak określony punkt środek krzyża. Zastosowanie tej metody powinno być ograniczone do przypadków, gdy podziałka siatki nie jest odpowiednio wykalibrowana. Może to mieć miejsce w celownikach z siatką umieszczoną w drugiej płaszczyźnie ogniskowej jeśli powiększenie nie jest ustawione na wartość dalmierczą<sup>72</sup>. Na rysunku 7.6 jest przedstawiony przykład odłożenia poprawki (wyprzedzenia) o wartości ok. 0,8 m w prawo.

### 7.2.4. Jednoczesna regulacja na pokrętlach i odkładanie poprawek na siatce celowniczej

Niekiedy konieczne jest jednoczesne łączenie metody regulacji na pokrętlach i odkładania poprawek na siatce. Sytuacja taka występuje na przykład wtedy, gdy niewystarczający jest zakres regulacji celownika. Przy dużej odległości strzału, szczególnie gdy montaż celownika nie jest pochylony do przodu, zakres regulacji może nie wystarczać do wprowadzenia pełnej poprawki pionowej. W takiej sytuacji część wymaganej poprawki można odłożyć na podziałce (np. 5 MIL), a resztę ustawić na pokrętło. W takim przypadku dużym ułatwieniem jest wyskalowanie pokręteł w tych samych jednostkach kątowych co siatka celownika. Więcej informacji na ten temat znajduje się w podrozdz. 7.3.

**UWAGA!** Bardzo dobrym zwyczajem, a wręcz obowiązkiem snajpera jest ustawianie po zakończeniu strzelania pokręteł regulacyjnych w pozycji „zerowej”. Zmniejsza to niebezpieczeństwo pomyłki przy kolejnym strzelaniu i ułatwia wprowadzenie nastaw w ciemności.

## 7.3. Poprawki na odległość

W celu prawidłowego wyznaczenia poprawek odległościowych konieczne jest możliwie dokładne określenie odległości od celu. **Im większa jest odległość, tym dokładniej musi być ona określona.** W sytuacjach taktycznych jest stosowanych wiele metod oceny odległości, począwszy od bardzo zaawansowanych, opartych

<sup>72</sup> Powiększenie, przy którym odległość znaczników na podziałce wynosi jedną tysięczną lub jedną minutę kątową; zazwyczaj jest to powiększenie maksymalne lub inne, oznaczone w specjalny sposób (R, ⊕).

na urządzeniach optycznych lub elektronicznych, aż po metody subiektywne wymagające dużego treningu i pewnych wrodzonych zdolności. Poniżej jest omówionych kilka najbardziej popularnych metod określania odległości.

### **7.3.1. Ocena odległości za pomocą siatki celowniczej**

Ocena odległości od celu może być dokonana przy użyciu siatki celownika optycznego, pod warunkiem że znany jest przynajmniej jeden wymiar liniowy celu lub przedmiotu znajdującego się w jego bezpośredniej bliskości. Metoda ta została szczegółowo omówiona w podrozdz. 3.4.

### **7.3.2. Mierzenie odległości dalmierzem optycznym**

Dalmierze optyczne były powszechnie stosowane podczas drugiej wojny światowej w marynarce wojennej i artylerii. Istnieje kilka typów dalmierzy optycznych, przy czym dalmierze wojskowe zwykle mają dwa odsunięte od siebie obiektywy, przez które obserwuje się cel (rys. 7.7). Pomiaru dokonuje się na podstawie różnicy kątów, pod którymi cel jest widoczny z dwóch różnych punktów. Im większa jest odległość pomiędzy obiektywami dalmierza, tym dokładniejszy jest po-



**Rys. 7.7.** Amerykańscy żołnierze dokonują pomiaru odległości dalmierzem optycznym [U.S. Army Signal Corps]

miar. Zmiana kąta ustawienia pryzmatu umożliwi nałożenie na siebie obrazów z dwóch obiektywów. Operator w sposób subiektywny podejmuje decyzję, kiedy zostało uzyskane najlepsze nałożenie obrazów i dokonuje odczytu albo na pokrętle, albo na podziałce widocznej w okularze.

Dalmierze optyczne są urządzeniami stosunkowo dużymi i podatnymi na uszkodzenia mechaniczne. Pomiar trwa dość długo i wymaga bardzo stabilnego ustawienia dalmierza. Dokładność pomiaru zależy w dużej mierze od „ostrości” konturów mierzonego obiektu i ostrości wzroku operatora. Dalmierze optyczne są urządzeniami biernymi, tzn. nie emitują żadnego promieniowania, co jest ich niewątpliwą zaletą, są również mało czułe na zakłócenia związane z obecnością obiektów częściowo przesłaniających cel, które mogą być źródłem zakłóceń przy pomiarach dalmierzami laserowymi.

Istnieje możliwość wykrycia dalmierzy optycznych za pomocą urządzeń (skanerów) poszukujących odbić wiązki laserowej od szkieł optycznych.

### 7.3.3. Mierzenie odległości dalmierzem laserowym

Dalmierz laserowy jest urządzeniem aktywnym, które w kierunku celu wysyła promień światła podczerwonego. Opóźnienie czasowe występujące pomiędzy impulsem wysłanym a odbitym stanowi podstawę do określenia odległości. Dalmierze laserowe zapewniają obecnie dokładność pomiaru na poziomie 1–2 m, a zasięg ich działania (dla wersji przenośnych) wynosi od 300 m do 20 000 m. Dalmierze o większym niż 3–4 km zasięgu emitują zwykle promienie laserowe o intensywności niebezpiecznej dla wzroku.

Ważnym parametrem charakteryzującym dalmierz laserowy jest kąt rozproszenia wiązki promieniowania. Im jest on mniejszy (typowo 0,5–3 tysięczne), tym większy jest zasięg dalmierza przy danej mocy emisji i mniejsze niebezpieczeństwo błędnego odczytu wynikające z odbicia wiązki od przypadkowej przeszkody. Bardziej zaawansowane technicznie dalmierze mają liczne funkcje dodatkowe, takie jak na przykład *bramki* (ang. *gate*) umożliwiające pomijanie impulsów odbitych od przeszkód znajdujących się w zbyt małej odległości. Możliwe jest również selekcjonowanie odbicia od przedmiotu najbliższego lub najdalszego. Niektóre dalmierze mają wbudowany kompas i inklinometr, a nawet układ do pomiaru prędkości (rys. 7.8).

Korzystanie z dalmierza laserowego jest raczej proste, trzeba jednak zapewnić mu stabilne podparcie i upewnić się, że odczyt dotyczy rzeczywiście celu, a nie przedmiotu znajdującego się przed lub za nim. Można tego dokonać, zawężając zakres pomiarowy poprzez włączenie funkcji bramkowania (ang. *gating*) lub poprzez przesuwanie punktu pomiarowego z celu, na przedmioty podejrzewane o spowodowanie odbić, aby sprawdzić, czy odczyt uległ zmianie.

Dalmierz laserowy jest urządzeniem bardzo przydatnym dla snajpera, szczególnie jeśli jest on obsługiwany przez obserwatora. Wiele dalmierzy o charakterze wojskowym jest wbudowanych w lornetki o powiększeniu  $\times 7$ – $10$ , co pozwala na stosowanie ich nie tylko do pomiaru, ale również do obserwacji przedpola.



Rys. 7.8. Pomiar odległości za pomocą dalmierza Newcon LRB 4000 CI o zasięgu 4000 m, wyposażonego w kompas, inklinometr i układ do pomiaru prędkości

Niewątpliwe wady dalmierzy laserowych (szczególnie wykonanych w wersjach cywilnych i pracujących na długości fali świetlnej 860–910 nm) to możliwość łatwego wykrycia (przez urządzenia noktowizyjne, a nawet większość „antyradarów” samochodowych wyposażonych w funkcję LIDAR) oraz uzależnienie od zasilania w postaci baterii elektrycznych.

Trzeba pamiętać, że dalmierz laserowy mierzy rzeczywistą odległość od obiektu, czyli że w przypadku strzelania pod górę albo z góry należy zastosować odpowiednią korekcję (patrz podrozdz. 7.9). Dalmierze przeznaczone do zastosowań wojskowych często są wyposażone w inklinometry pozwalające na zmierzenie pochylenia, a nawet automatyczne przeliczenie odległości rzeczywistej na odległość horyzontalną.

#### **7.3.4. Wykorzystanie GPS-u**

Systemy GPS dobrze nadają się do pomiaru odległości w terenie, jeśli istnieje możliwość przemieszczania się z punktu początkowego (stanowiska ogniowego) do punktu końcowego (celu). Jest to możliwe wtedy, gdy snajper, obserwator lub inna osoba przed akcją może przemieszczać się po przedpolu i odczytywać współrzędne (typowe sytuacje obronne, osłanianie VIP-ów itp.). Możliwe jest wtedy wyznaczenie dozorów i określenie za pomocą GPS-u ich dokładnej pozycji geograficznej oraz wysokości nad poziomem morza. Profesjonalne kalkulatory balistyczne oraz wiele urządzeń nawigacyjnych pozwalają, na podstawie tych danych, na wyliczenie odległości, a nawet kąta strzału. Większość przenośnych

urządzeń nawigacyjnych może wyświetlać pozycję na tle mapy topograficznej. Korzystając z takiej mapy, można wskazać na przybliżoną pozycję celu i określić od niego odległość. Przy braku odpowiedniego sprzętu można nanieść współrzędne GPS na mapę papierową w skali 1:10 000 lub 1:25 000 i graficznie wyznaczyć odległości.

### 7.3.5. Wykorzystanie mapy papierowej

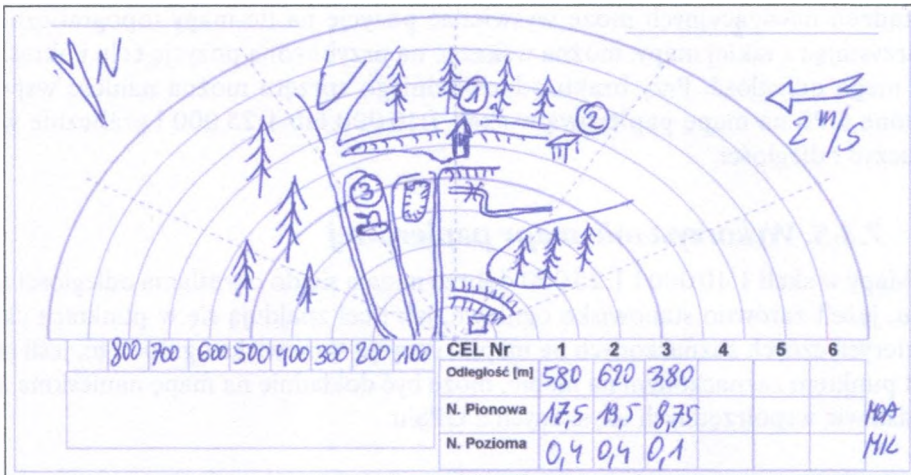
Mapy w skali 1:10 000 i 1:25 000 dobrze nadają się do określania odległości od celu, jeżeli zarówno stanowisko ogniowe, jak i cel znajdują się w punktach charakterystycznych zaznaczonych na mapie. Pozycja stanowiska ogniowego, jeśli nie jest punktem zaznaczonym na mapie, może być dokładnie na mapę naniesiona na podstawie współrzędnych uzyskanych z GPS-u.



Rys. 7.9. Widok na przedpole i określenie odległości (580 m) od wieży obserwacyjnej za pomocą mapy topograficznej w skali 1:10 000

Na rysunku 7.9 z lewej strony jest przedstawiony przykładowy widok ze stanowiska ogniowego na wieżę obserwacyjną będącą celem oraz z prawej strony – położenie celu i stanowiska ogniowego na mapie topograficznej w skali 1:10 000. Korzystając z podziałki, która jest umieszczana na mapie, można szybko i dość dokładnie określić odległość od celu. W miarę możliwości zawczasu należy określać odległości od wybranych dozorów i obliczyć poprawki, wpisując je na odręczny szkic sytuacyjny (rys. 7.10). Szkic powinien być przygotowany niezależnie od metody pomiaru odległości, jeśli jest na to czas i gdy istnieje możliwość pojawienia się celu w różnych miejscach.





Rys. 7.10. Szkic z naniesionymi odległościami i poprawkami

### 7.3.6. Szacowanie odległości „na oko”

Szacowanie odległości „na oko” jest zbyt niedokładne, aby snajper stosował je z wyboru. W niektórych jednak sytuacjach może się zdarzyć, że nie ma innych metod oceny odległości i trzeba polegać wyłącznie na własnym doświadczeniu w tej mierze.

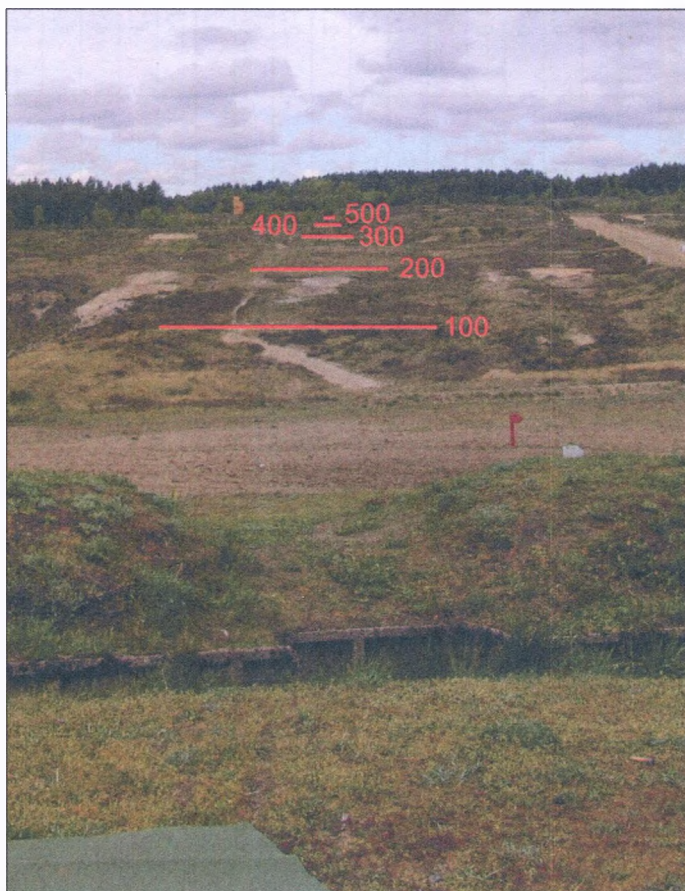
Zdolność do określania odległości może i powinna być trenowana. Jest to obecnie znacznie ułatwione, gdyż korzystając z popularnych urządzeń nawigacyjnych GPS, łatwo można uzyskać precyzyjne informacje o odległości od skrzyżowań i innych obiektów w celu porównania ich z subiektywnymi oszacowaniami.

Powszechnie są stosowane dwie metody oceny odległości „na oko”. Pierwsza z nich opiera się na zdolności do spostrzegania i rozpoznawania obiektów. Poniżej są przedstawione przykłady, w których założono obserwację bez przyrządów optycznych w dobrych warunkach widzialności:

- odległość 700–800 m: widoczny zarys sylwetki człowieka, widoczne grube gałęzie drzew;
- odległość 500–600 m: widoczne ruchy rąk i nóg, na drzewach widoczne gałęzie;
- odległość 250–300 m: widoczna broń ręczna oraz szczegóły umundurowania;
- odległość 200 m: widoczne dachówki, cegły i większe liście;
- odległość 100 m: rozróżnia się szczegóły twarzy, elementy broni strzeleckiej i kształt liści.

Druga metoda opiera się na „odkładaniu” zapamiętanego odcinka wzorcowego, który najczęściej wynosi 100 m. Odległość 100 m jest zazwyczaj silnie utrwalono-

na w pamięci wzrokowej, gdyż jest to typowa odległość do przystrzeliwania broni i do treningu. Zapamiętany odcinek należy odkładać wirtualnie, zaczynając od stanowiska strzeleckiego, a kończąc na celu. Trzeba przy tym pamiętać, że pozorna długość odcinka wzorcowego będzie ulegać zmniejszeniu w miarę zwiększania odległości (rys. 7.11).



Rys. 7.11. Wirtualne odkładanie odcinka wzorcowego (100 m) na przedpolu

Istnieje wiele czynników, które utrudniają prawidłowe oszacowanie odległości „na oko”. Na przykład wydaje się, że przedmioty o wyraźnych, kontrastowych konturach są bliżej niż przedmioty o konturach rozmytych i wtapiających się w tło. Teren równinny i woda pozornie skracają odległość, a patrzenie z góry pozornie ją wydłuża. Realnie podchodząc do sprawy, należy liczyć się zawsze z popełnieniem dużego błędu, który przy małym stopniu wytrenowania może nawet przekroczyć 40%, jeśli odległości są większe niż 500 m.

Tabela 7.1. Poprawki odległościowe wyrażone w tysięcznych (MIL) dla kilku popularnych pocisków; karabin przystrelany na odległość 100 m, wysokość osi celownika nad osią lufy wynosi 6 cm

Odległość [m]	Kaliber .223 Rem. pocisk SS109 62 gr			Kaliber .308 Win. pocisk Lapua Silver Jacket 185 gr			Kaliber .338 Lapua Magnum pocisk Scenar 250 gr		
	V= 905 m/s	V= 915 m/s	V= 925 m/s	V= 780 m/s	V= 790 m/s	V= 800 m/s	V= 905 m/s	V= 915 m/s	V= 925 m/s
50	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
150	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
200	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3
250	0,8	0,8	0,7	1,1	1,0	1,0	0,7	0,6	0,6
300	1,2	1,2	1,1	1,6	1,5	1,5	1,0	1,0	0,9
350	1,7	1,6	1,6	2,1	2,0	2,0	1,3	1,3	1,3
400	2,2	2,1	2,1	2,7	2,6	2,5	1,7	1,7	1,6
450	2,7	2,7	2,6	3,3	3,2	3,1	2,1	2,1	2,0
500	3,4	3,3	3,2	3,9	3,8	3,7	2,5	2,5	2,4
550	4,1	3,9	3,8	4,6	4,5	4,4	3,0	2,9	2,8
600	4,8	4,7	4,5	5,4	5,2	5,0	3,4	3,3	3,3
650	5,7	5,5	5,3	6,2	6,0	5,8	3,9	3,8	3,7
700	6,6	6,4	6,2	7,0	6,8	6,6	4,4	4,3	4,2
750	7,6	7,4	7,2	7,9	7,7	7,4	5,0	4,8	4,7
800				8,9	8,6	8,3	5,5	5,4	5,2
850				9,9	9,6	9,3	6,1	5,9	5,8
900				11,0	10,6	10,3	6,7	6,5	6,4
950				12,2	11,8	11,4	7,3	7,2	7,0
1000				13,4	13,0	12,6	8,0	7,8	7,6

### 7.3.7. Wyznaczanie poprawek

Poprawki na odległość powinny być dla danych warunków strzelania wyznaczone z tablic lub za pomocą komputera balistycznego. Po ich określeniu należy je ustawić na pokrętle pionowym lub gdy nie ma na to czasu – odłożyć je na siatce celowniczej. Jeśli karabin był przystrzelany na 100 m, to przy strzelaniu na większą odległość na siatce odkłada się poprawki w kierunku ku dołowi w stosunku do środka krzyża celowniczego.

W tabelach 7.1 i 7.2 są przedstawione poprawki odległościowe dla kilku popularnych pocisków przy strzelaniu w warunkach atmosferycznych zgodnych ze Standardem Metro. Dla każdego pocisku poprawki są podane dla trzech prędkości wylotowych, przy czym prędkość środkową należy uznać za typową dla większości egzemplarzy broni snajperskiej.

W niektórych sytuacjach zakres regulacji pionowej realizowany przez celownik optyczny może okazać się niewystarczający do ustawienia pełnej poprawki odległościowej. Ma to miejsce wtedy, gdy strzelanie odbywa się na bardzo dużą odległość przy użyciu celownika o stosunkowo małym zakresie regulacji i zamontowanego bez pochylenia wstępnego. Jedynym rozwiązaniem jest wtedy jednoczesne użycie pokręteł regulacyjnych i znaczników na siatce celowniczej.

Jednoczesne stosowanie pokręteł i znaczników siatki jest trywialnie proste wtedy, gdy oba systemy regulacyjne bazują na tych samych miarach kątowych – minutach kątowych (MOA) albo tysięcznych (MIL). Poniższy przykład jest ilustracją sposobu postępowania w takim przypadku.

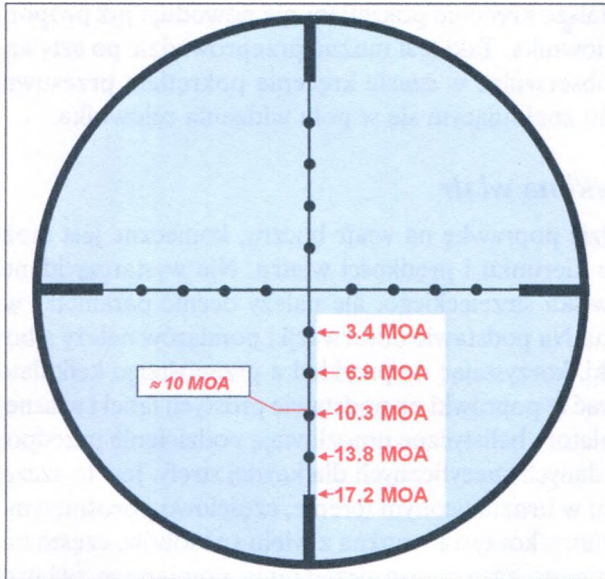
#### PRZYKŁAD LICZBOWY

Obliczenia wskazują, że w konkretnych warunkach strzelania poprawka pionowa dla pocisku kal. .338 Lapua Magnum, przy odległości 1400 m powinna wynosić 17,4 MIL. Załóżmy, że celownik optyczny umożliwia nastawienie poprawki nie większej niż 15 MIL. Aby oddać prawidłowy strzał, należy postąpić w następujący sposób: na bębnie ustawić poprawkę 14,4 MIL, a podczas celowania wykorzystywać trzecią w dół kropkę „MIL-DOT”. W ten sposób uzyskamy ustawienie  $14,4 + 3 = 17,4$  MIL.

Niestety, w wielu przypadkach pokrętła są wyskalowane w minutach kątowych (MOA), a siatka w tysięcznych (MIL). Konieczne jest wtedy wykonanie bardziej skomplikowanych obliczeń bazujących na przeliczeniach tysięcznych na minuty kątowe. Na rysunku 7.12 są przedstawione wartości poszczególnych kropek MIL-DOT wyrażone w minutach kątowych. Wartości te należy wykorzystać, dodając je do ustawień zrealizowanych na pokrętle pionowym. Poniższy przykład jest ilustracją sposobu postępowania w takim przypadku.

Tabela 7.2. Poprawki odległościowe wyrażone w minutach kątowych (MOA) dla kilku popularnych pocisków; karabin przystrelany na odległość 100 m, wysokość osi celownika nad osią lufy wynosi 6 cm

Odległość [m]	Kaliber .223 Rem. pocisk SS109 62 gr			Kaliber .308 Win. pocisk Lapua Silver Jacket 185 gr			Kaliber .338 Lapua Magnum pocisk Scenar 250 gr		
	V= 905 m/s	V= 915 m/s	V= 925 m/s	V= 780 m/s	V= 790 m/s	V= 800 m/s	V= 905 m/s	V= 915 m/s	V= 925 m/s
50	1,00	1,00	1,00	0,75	0,50	0,75	1,00	1,00	1,00
100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
150	0,50	0,50	0,50	1,00	0,75	0,75	0,50	0,50	0,50
200	1,50	1,50	1,50	2,25	2,00	2,00	1,25	1,25	1,25
250	2,75	2,75	2,50	3,75	3,50	3,50	2,25	2,25	2,00
300	4,25	4,00	4,00	5,50	5,25	5,00	3,50	3,25	3,25
350	5,75	5,50	5,50	7,25	7,00	6,75	4,50	4,50	4,25
400	7,50	7,25	7,00	9,25	9,00	8,50	6,00	5,75	5,50
450	9,50	9,25	9,00	11,25	11,00	10,50	7,25	7,00	7,00
500	11,50	11,25	11,00	13,50	13,00	12,75	8,75	8,50	8,25
550	14,00	13,50	13,25	16,00	15,50	15,00	10,25	10,00	9,75
600	16,50	16,00	15,75	18,50	18,00	17,00	11,75	11,50	11,25
650	19,50	19,00	18,25	21,25	20,50	20,00	13,50	13,00	12,75
700	22,75	22,00	21,50	24,00	23,25	22,50	15,25	14,75	14,50
750	26,25	25,50	24,75	27,00	26,25	25,50	17,25	16,50	16,25
800				30,50	29,50	28,50	19,00	18,50	18,00
850				34,00	33,00	32,00	21,00	20,50	20,00
900				37,75	36,50	35,50	23,00	22,50	22,00
950				41,75	40,50	39,25	25,25	24,50	24,00
1000				46,25	44,75	43,25	27,50	26,75	26,25



Rys. 7.12. Położenie kątowe kropek MIL-DOT wyrażone w minutach kątowych (MOA)

### PRZYKŁAD LICZBOWY

Z obliczeń wynika, że w konkretnych warunkach strzelania poprawka pionowa dla pocisku kal. .338 Lapua Magnum, przy odległości 1400 m powinna wynosić 59,55 MOA. Załóżmy, że celownik optyczny umożliwi ustawienie poprawki nie większej niż 50 MOA. Aby oddać prawidłowy strzał, korzystając z trzeciej w dół kropki MIL-DOT, należy postąpić w następujący sposób: na bębnie ustawić poprawkę  $59,55 - 10,3 = 49,25$  MOA, a podczas celowania wykorzystać trzecią w dół kropkę MIL-DOT, która położona jest właśnie 10,3 MOA poniżej środka krzyża. W ten sposób uzyskamy ustawienie łączne 59,55 MOA.

Stosując powyższą metodę, trzeba **KONIECZNIE** zwrócić uwagę na dwie sprawy. Po pierwsze, jeśli celownik ma siatkę usytuowaną w drugiej płaszczyźnie ogniskowej (patrz p. 3.1.4), powiększenie musi być ustawione na wartość dalmierczą, czyli taką, przy której znaczniki na siatce celowniczej odpowiadają tysięcznym (najczęściej jest to największe powiększenie albo powiększenie oznaczone w specjalny sposób na pokrętle zmiany powiększenia).

Po drugie, należy pamiętać, że w większości celowników pod koniec zakresu regulacji pionowej dochodzi do zjawiska utraty kontaktu pokrętła z tubusem regulacyjnym. Oznacza to, że przy bardzo dużej nastawie rzeczywisty kąt odchylenia może być mniejszy niż kąt wskazywany na pokrętle. Licząc się z koniecznością oddania strzału na bardzo dużą odległość, należy więc zawczasu sprawdzić, przy

jakiej nastawie dalsze kręcenie pokrętle nie powoduje już proporcjonalnej zmiany ustawienia celownika. Taki test można przeprowadzić po sztywnym zamocowaniu celownika, obserwując w czasie kręcenia pokrętle przesuwanie się punktu celowania po celu znajdującym się w polu widzenia celownika.

#### **7.4. Poprawki na wiatr**

Aby wprowadzić poprawkę na wiatr boczny, konieczne jest możliwie dokładne zidentyfikowanie kierunku i prędkości wiatru. Nie wystarczy identyfikacja wiatru w rejonie stanowiska strzeleckiego, ale należy ocenić parametry wiatru na całym torze lotu pocisku. Na podstawie obserwacji i pomiarów należy albo wyliczyć odpowiednie poprawki, korzystając na przykład z przenośnego kalkulatora balistycznego, albo oszacować te poprawki na podstawie prostych tabel i własnego doświadczenia. Dobre kalkulatory balistyczne umożliwiają podzielenie przedpoła na kilka stref i wprowadzenie danych specyficznych dla każdej strefy. Jest to szczególnie przydatne przy strzelaniu w urozmaiconym terenie, częściowo porośniętym.

Przy ocenie wiatru korzystać można z wielu sposobów, często nawet jednocześnie. Do oceny można zastosować urządzenia pomiarowe (wiatromierze), flagi, dymy, kurz podnoszony przez pojazdy, roślinność, chmury, miraż, a nawet własne ciało, szczególnie zaś uszy. Poniżej zostaną omówione poszczególne sposoby oceny wiatru.

##### **7.4.1. Pomiar prędkości wiatru wiatromierzem**

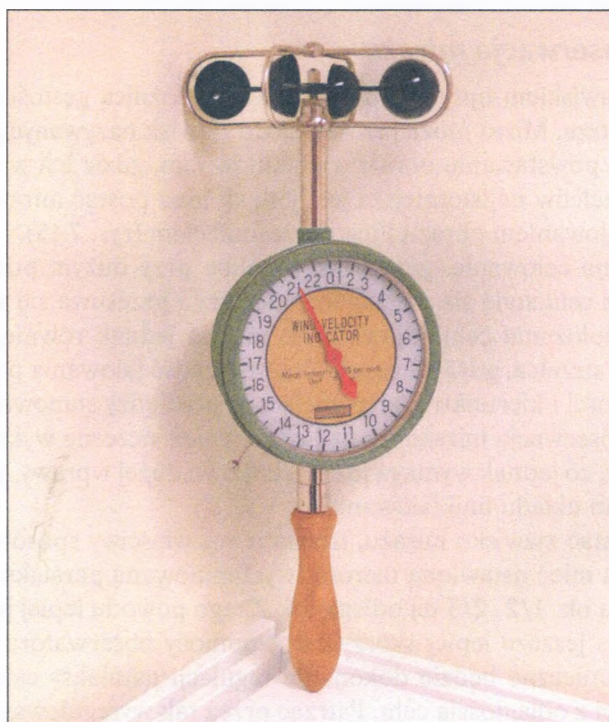
Współczesne wiatromierze (anemometry) są bardzo małymi i poręcznymi przyrządami umożliwiającymi szybki i dokładny pomiar prędkości wiatru na stanowisku strzeleckim. Niemal wszystkie wiatromierze są dodatkowo wyposażone w czujniki ciśnienia atmosferycznego i temperatury, stając się przenośnymi stacjami meteorologicznymi (rys. 7.13).

Korzystając z wiatromierza, trzeba znać jego charakterystykę kierunkową, czyli wiedzieć, czy wiatromierz mierzy wiatr wiejący z określonego kierunku, czy też kierunek wiatru nie jest istotny do jego działania. Większość współczesnych przenośnych wiatromierzy (zbliżonych budową do wiatromierzy przedstawionych na rys. 7.13) działa prawidłowo tylko wtedy, gdy kierunek wiatru jest prostopadły do wirnika wiatraka pomiarowego. Korzystając z takiego wiatromierza, należy ustawić go prostopadle do kierunku wiatru (czyli tak, aby wiatr wiał w kierunku osi turbiny) i dokonać pomiaru. Należy tak usytuować wiatromierz, aby wiejący na niego wiatr nie był zakłócany przez przeszkody, w tym przez operatora. Jeśli wiatr nie jest prostopadły do kierunku strzału, to składową boczną należy obliczyć zgodnie ze wskazówkami zawartymi w podrozdz. 5.6. Wiatromierze kubełkowe<sup>73</sup> (rys. 7.14) nie są czułe na kierunek wiatru i nie trzeba ustawiać ich w określonym kierunku.

<sup>73</sup> W wiatromierzach kubełkowych elementem pomiarowym jest krzyżak o pionowej osi obrotu, którego ramiona są zakończone sferycznymi „kubeczkami”.



Rys. 7.13. Trzy popularne wiatromierze działające na zasadzie wiatraka (od lewej: SILVA, KESTREL i MINOX)



Rys. 7.14. Wiatromierz kubelkowy



Jakkolwiek typowe wiatromierze wiatrakowe mają charakterystykę do pewnego stopnia kierunkową, to jednak nie jest ona na tyle ostra, żeby można było mierzyć bezpośrednio składową boczną wiatru. Istnieją jednak na rynku wiatromierze przeznaczone do zastosowań militarnych (jak np. Kestrel 4500 przedstawiony na rys. 7.13), które pozwalają na prostą ocenę bocznej składowej prędkości wiatru. Wymaga to jednak prawidłowej identyfikacji przez operatora kierunku, z którego wieje wiatr. Istnieją również wiatromierze umożliwiające bardzo precyzyjny pomiar składowych ruchu powietrza w trzech kierunkach układu współrzędnych prostokątnych, ale działają one na innej zasadzie (ultradźwięki) i są zdecydowanie mniej poręczne, delikatne i droższe.

Jak wynika z powyższych rozważań, już na etapie pomiaru prędkości wiatru istotna jest znajomość jego kierunku. Do określenia kierunku wiatru można posłużyć się obserwacją roślinności, flag i dymów. Można również obserwować ruch chmur, ale w tym przypadku możliwe jest popełnienie stosunkowo dużego błędu w ocenie, gdyż wiatr wiejący bezpośrednio nad powierzchnią gruntu może mieć inny kierunek niż ten, który wieje na wysokości chmur.

Sprawdzoną metodą oceny kierunku wiatru jest obserwacja kierunku opadania wyrzuconych do góry wyschniętych źdźbeł trawy, drobnych uschniętych liści lub kurzu. Do określania kierunku wiatru można również po pewnym treningu wykorzystywać własne ciało, a szczególnie uszy i policzki.

### 7.4.2. Obserwacja mirażu

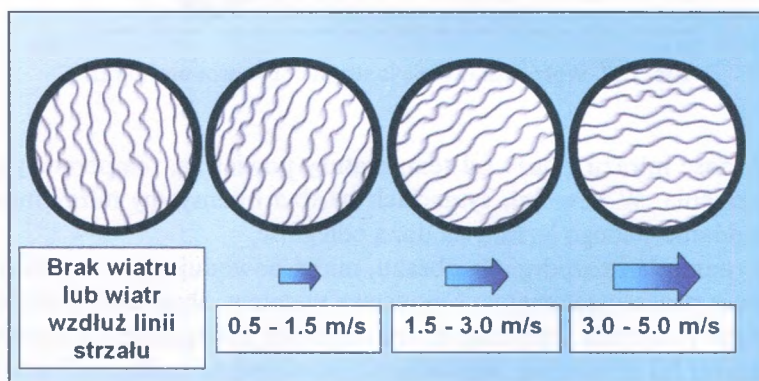
Miraż jest zjawiskiem optycznym związanym z różnicą gęstości i ruchem nagrzanego powietrza. Miraż może prowadzić do zjawisk nazywanych *fatamorganą*, polegających na powstawaniu obrazów obiektów tam, gdzie ich w rzeczywistości nie ma. Dla strzelców najistotniejsza jest jednak inna postać mirażu objawiająca się pozornym falowaniem obrazu i jego przesunięciem (rys. 7.15).

Miraż utrudnia celowanie, gdyż – szczególnie przy dużym powiększeniu celownika – obraz celu staje się niestabilny, nieostry i przesuwa się w stosunku do rzeczywistego położenia celu. Zjawisko to można jednak również wykorzystać z pożytkiem dla strzelca, gdyż kierunek i intensywność falowania pozwalają wnioskować o prędkości i kierunku wiatru wiejącego pomiędzy stanowiskiem strzelckim a celem. Obserwacja mirażu umożliwi również wczesne wykrywanie zmian kierunku wiatru, co jednak wymaga już stosunkowo dużej wprawy, gdyż opiera się na analizie zmian układu linii falowania.

Aby wykorzystać zjawisko mirażu, trzeba je we właściwy sposób obserwować. Luneta powinna mieć ustawioną ostrość (wyliminowaną paralaksę) nie na odległość celu, ale na ok.  $1/2$ – $2/3$  tej odległości. Z tego powodu lepiej jest użyć lunety obserwacyjnej, a jeszcze lepiej skorzystać z pomocy obserwatora, gdyż w przeciwnym razie konieczne będzie dokonanie regulacji paralaksy celownika do nastawy niezgodnej z odległością celu. Patrząc przez tak wyregulowaną lunetę, należy skoncentrować wzrok na falach unoszącego się powietrza, a nie na rozmytym obrazie celu. Kąt, pod jakim fale się poruszają w stosunku do poziomu, pozwala



Rys. 7.15. Zjawisko mirażu (ze względu na dynamikę zjawiska zdjęcie nie odzwierciedla w pełni jego przebiegu polegającego na falowaniu obrazu z wyraźnym kierunkiem przebiegu tych fal)

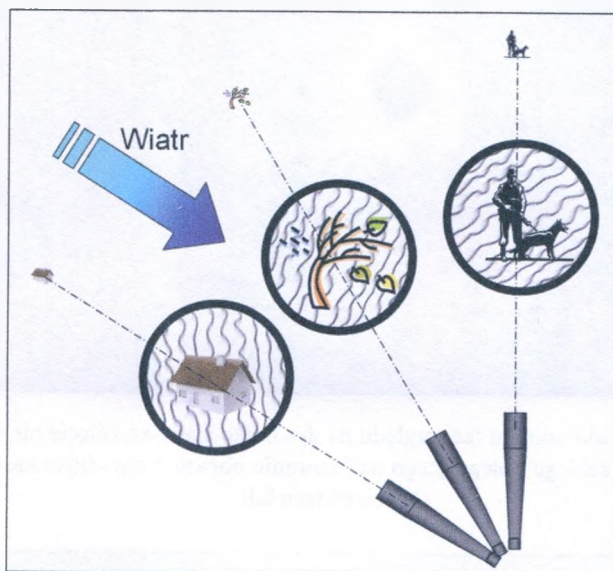


Rys. 7.16. Układ linii falowania powietrza dla różnych prędkości wiatru wiejącego z lewej strony (z godziny 9.00)

na oszacowanie prędkości i kierunku wiatru. Jest to obrazowo przedstawione dla wiatru wiejącego z lewej strony na rys. 7.16.

Jeśli linie falowania są pionowe, to mówi się o „wrzącym mirażu” (ang. *boiling mirage*), który albo wskazuje na brak wiatru, albo na to, że luneta jest ustawiona dokładnie w linii wiatru. Można to wykorzystać do określenia kierunku wiatru. Jeśli, przykładowo, miraż w rejonie celu porusza się skośnie w górę z odchyleniem w prawą stronę, to kierowanie lunety w lewo będzie powodować, że przebieg linii

mirażu będzie coraz bardziej pionowy (bo luneta „ostrzy” pod wiatr, czyli składowa boczna wiatru staje się coraz mniejsza). W pozycji, w której luneta wskazuje na „wrzący miraż”, jej oś jest skierowana w kierunku wiatru. Jest to zobrazowane na rys. 7.17.



Rys. 7.17. Wpływ ustawienia lunety na obserwowany miraż

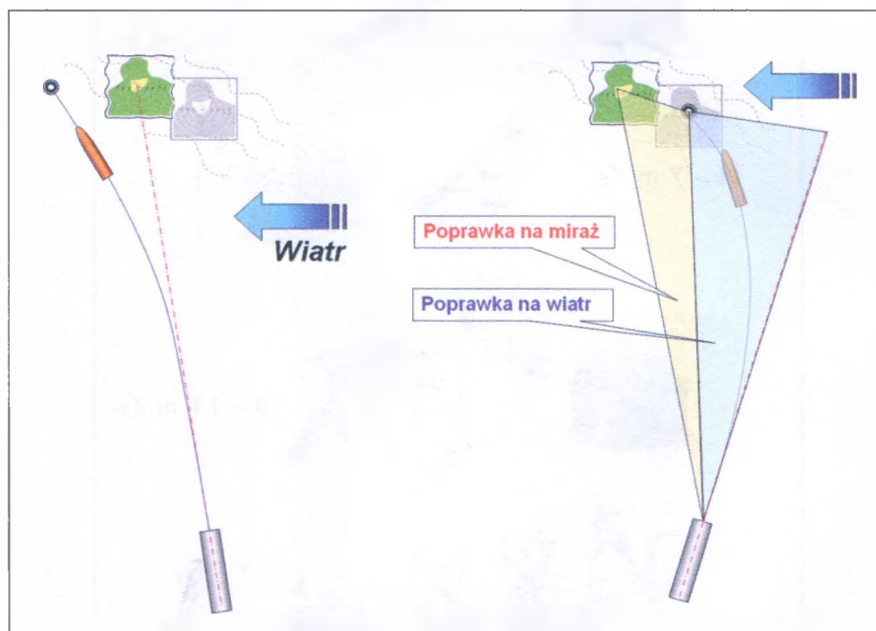
Intensywność mirażu zależy od temperatury powietrza, temperatury podłoża i nasłonecznienia. W pewnych sytuacjach bardzo intensywny miraż może umożliwić oddanie celnego strzału na dużą odległość.

Oprócz rozmycia i rozedrgania obrazu, miraż powoduje jeszcze jedno poważne zakłócenie procesu celowania – przesuwa widziany obraz celu w stosunku do rzeczywistego położenia tego celu. Przesunięcie to jest zgodne z widocznym kierunkiem ruchu fal powietrza, ale wielkość przesunięcia (odległość) nie jest niestety łatwa do oszacowania. Praktycznie jedyną metodą takiego oszacowania jest zdobycie doświadczenia poprzez strzelanie i obserwowanie celu. Możliwe jest przy tym zdobywanie doświadczeń również „na sucho”, bez oddawania strzału. Aby tego dokonać, należy zamocować lunetę (lub celownik) i wcześniej rano, gdy nie ma mirażu, wycelować ją tak, aby krzyż celowniczy pokrył się z celem. Jako cel dobrze jest zastosować dużą białą kartkę papieru z wyraźnie zaznaczonymi pionowymi i poziomymi liniami odpowiadającymi na danej odległości „klikom” posiadanego celownika optycznego. Jeśli na przykład 1 klik = 0,1 MIL, a cel znajduje się w odległości 600 m, to linie powinny być oddalone od siebie o 6 lub 12 cm (0,1 lub 0,2 MIL). Następnie, podczas słonecznego dnia należy sprawdzać przy różnym wietrze (który warto jednocześnie mierzyć anemometrem) i różnej inten-

sywności mirażu o ile – pozornie – cel się przesunął w stosunku do pierwotnej nastawy (czyli, która linia na tarczy znajduje się w danych warunkach pozornie na środku krzyża). Pozwoli to na zdobycie bardzo cennych doświadczeń w ocenie przesunięcia obrazu celu pod wpływem mirażu.

Miraż jest również odpowiedzialny za to, że w warunkach silnego oświetlenia słonecznego, nawet gdy nie ma wiatru, przestrzeliny często się układają nieznacznie ponad celem (odwrotnie niż przy celowaniu z przyrządami metalowymi, kiedy to światło „odpycha” przestrzeliny).

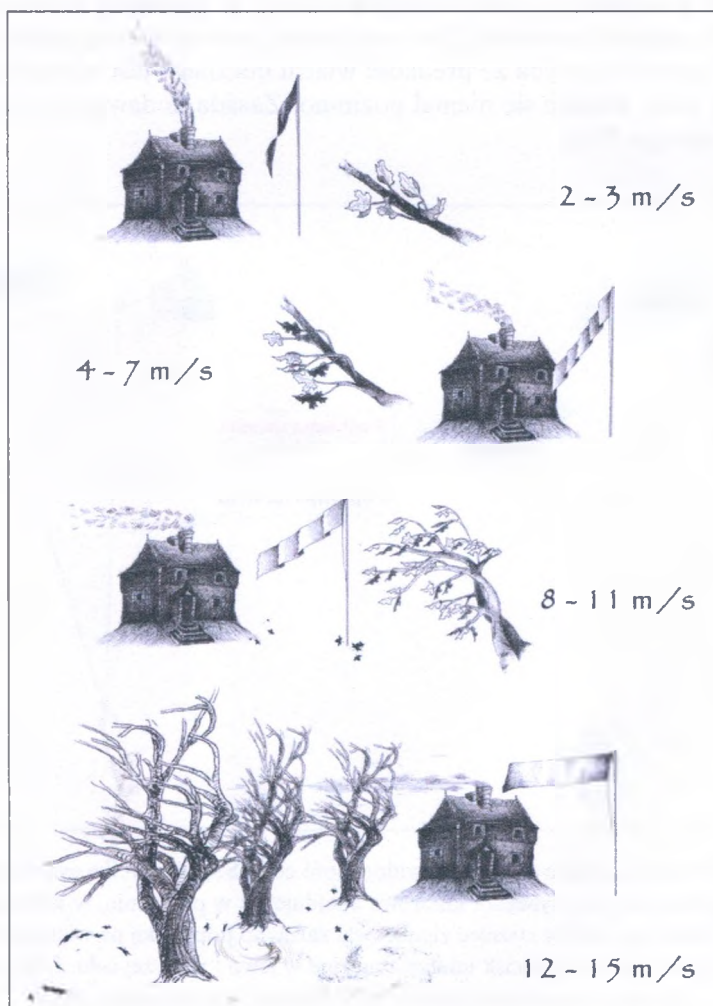
Ponieważ kierunek pozornego przesunięcia celu jest zgodny z kierunkiem ruchu linii mirażu (a więc również z kierunkiem wiatru), to – aby oddać celny strzał – do oszacowanej poprawki na przesunięcie obrazu celu należy dodać poprawkę na wiatr. W konsekwencji, jeśli występuje miraż, to poprawka boczna musi być większa od poprawki na wiatr! Zazwyczaj należy również uwzględnić poprawkę w kierunku góra/dół, chyba że prędkość wiatru bocznego jest większa niż 5 m/s, przy której miraż kładzie się niemal poziomo. Zasada dodawania poprawek jest wyjaśniona na rys. 7.18.



**Rys. 7.18.** Wpływ zjawiska mirażu na widoczność celu. Szara sylwetka symbolizuje rzeczywiste położenie celu, sylwetka kolorowa znajduje się w położeniu, w którym cel jest pozornie widoczny. Gdyby strzelec zignorował zarówno poprawkę na wiatr, jak i na miraż (lewa część rysunku), pocisk uderzył znacznie w lewo i powyżej celu. Dopiero dodanie dwóch poprawek (prawa część rysunku) zapewni celny strzał

### 7.4.3. Obserwacja skutków działania wiatru – zachowania się flag, dymów i roślinności

Strzelec musi wyrobić w sobie nawyk obserwowania i analizowania zachowania się roślinności, flag, dymów, powierzchni wody, kurzu i innych objawów oddziaływania wiatru, łącznie z odczuciami subiektywnymi na swoim własnym ciele. Na rysunku 7.19 pokazane są najbardziej typowe objawy oddziaływania wiatru; objawy te są omówione również w tab. 7.3. Każdorazowo analizując zachowanie się flag, dymów czy roślinności, należy brać pod uwagę pewne anomalie, jakie mogą wystąpić w nietypowych sytuacjach. I tak na przykład przy bardzo niskiej temperaturze powietrza (kilkanaście–kilkadziesiąt stopni Celsjusza poniżej zera), przy praktycz-



Rys. 7.19. Wpływ wiatru na układ dymu, ruch roślinności i ułożenie flag  
[autor rysunku: Marta Ćwikła]

Tabela 7.3. Omówienie wpływu wiatru

Prędkość wiatru [m/s]	Opis	Sila wiatru w skali Beauforta	Zachowanie roślinności	Kąt odchylenia flagi od pionu	Inne
0-0,2	cisza	0	roślinność jest nieruchoma	0°	dym unosi się pionowo
0,3-1,5	powiew	1	poruszają się tylko małe liście	ok. 10°	dym nieznacznie odchyła się od pionu
1,6-3,3	słaby wiatr	2	liście ruszają się i szeleszczą	ok. 30°	na twarzy można wyczuć wiatr
3,4-5,4	łagodny wiatr	3	poruszają się liście i małe gałązki	ok. 45°	na otwartych akwenach wodnych tworzą się fale o szklistej powierzchni
5,5-7,9	umiarkowany wiatr	4	poruszają się gałęzie średniej wielkości	ok. 60°	kurz i opadłe liście są podnoszone przez wiatr, na grzbietach fal tworzy się piana
8,0-10,7	dość silny wiatr	5	poruszają się duże gałęzie, małe drzewa się kołyszą	ok. 80°	wiatr gwizdże, na otwartych akwenach na grzbietach fal pojawiają się białe grzebienie
10,8-13,8	silny wiatr	6	kołyszą się duże drzewa	90° trzepotanie	słychać świst wiatru, wiatr zrywa kapelusze, na otwartych akwenach tworzą się grzywacze

nie bezwietrznej pogodzie dymy mogą się układać niemal poziomo do linii horyzontu. Przyczyną tego nie jest jednak silny wiatr, a gwałtowne wychłodzenie cząsteczek gazów i pyłów stanowiących dym, co eliminuje konwekcję ku górze i powoduje, że dym „ściele” się nad ziemią. Również mokre i wykonane z ciężkiej tkaniny flagi nie osiągają tak dużego kąta odchylenia pod wpływem wiatru, jak flagi suche i lekkie.

W odniesieniu do małych i średnich prędkości wiatru oraz typowych, suchych flag można stosować przybliżony wzór umożliwiający ocenę prędkości wiatru na podstawie kąta, jaki flaga tworzy w stosunku do pionu

$$V = \frac{\alpha}{10}$$

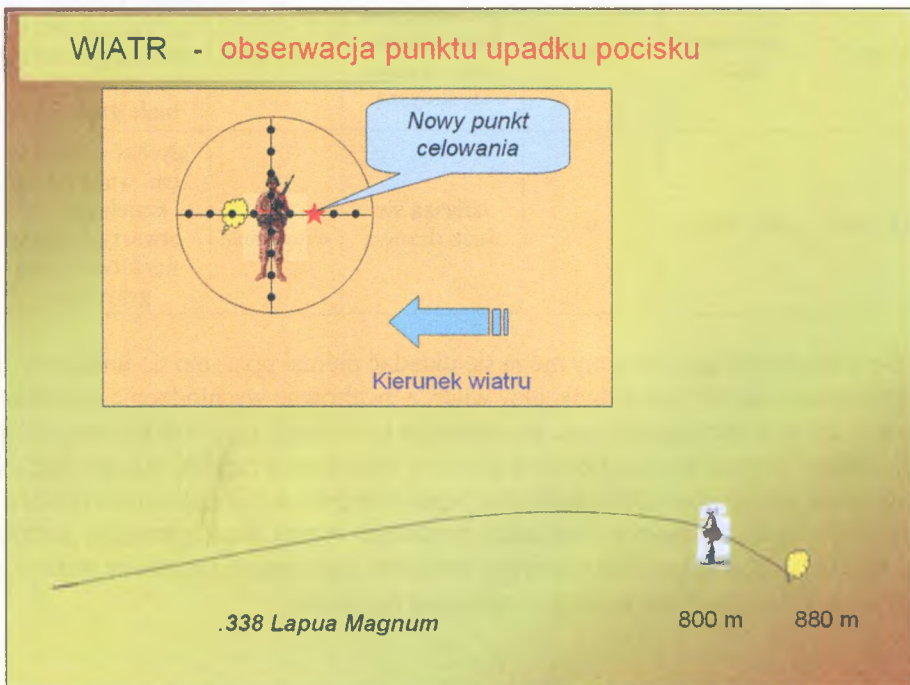
gdzie:  $V$  – prędkość wiatru [m/s],  $\alpha$  – kąt, jaki tworzy wzdłużna krawędź flagi z pionem.

#### 7.4.4. Ocena prędkości wiatru na podstawie obserwacji punktu trafienia

Jakkolwiek zasadą prowadzenia ognia przez snajperów jest próba trafienia celu za pierwszym strzałem, to w wielu sytuacjach istnieje jednak możliwość wyciągnięcia wniosków ze strzałów, które zostały już oddane. Taka sytuacja ma na przykład miejsce na zawodach, gdy oddawanych jest po sobie wiele strzałów do tego samego celu.

Niekiedy istnieje możliwość zaobserwowania miejsca upadku pocisku i na tej podstawie wyciągnięcia wniosków dotyczących prawidłowości nastaw celownika. Ma to miejsce szczególnie wtedy, gdy pociski uderzają w sypki, suchy piasek, mur a niekiedy również w gładką powierzchnię pokrytą śniegiem. Aby można było ocenić prawidłowość zastosowanej poprawki na wiatr na podstawie obserwacji punktu upadku pocisku, pocisk musi trafić w przeszkodę znajdującą się w odległości bardzo zbliżonej do odległości od celu. Ma to oczywiście również miejsce wtedy, gdy pocisk trafia w osłonę, za którą jest ukryty cel. Przy strzelaniu na dużą odległość (np. do tarczy ustawionej na dystansie 800 m i większym) tor lotu pocisku jest już tak stromy, że pocisk po przebiciu tarczy uderza w podłoże w niewielkiej od niej odległości.

Zakładając, że strzelanie odbywa się pociskami Lapua Silver Jacket 185 gr, kal. .308 do tarczy znajdującej się w odległości 800 m i umieszczonej na wysokości



Rys. 7.20. Wykorzystanie obserwacji punktu upadku pocisku do skorygowania celowania

1,2 m, pocisk po przebiciu tarczy (lub jej ominięciu) uderzy w podłoże w odległości ok. 60–80 m za tarczą. Przy typowej prędkości wiatru (mniejszej niż 5 m/s) znaczy to, że odchylenie spowodowane jego działaniem będzie w punkcie upadku pocisku większe co najwyżej o 25 cm w stosunku do odchylenia w płaszczyźnie tarczy. Można więc powiedzieć, że zaobserwowany punkt trafienia wskaże nam bardzo nieznacznie przeszacowany uchyb poziomy, który będzie już łatwy do skorygowania przy następnym strzale (rys. 7.20).

Aby możliwe było obserwowanie punktu trafienia, broń po strzale nie powinna zbyt często zmieniać swojego ustawienia, dzięki czemu cel i jego okolice będą widoczne niemal przez cały czas. Przy strzelaniu na dużą odległość czas lotu pocisku jest znacznie dłuższy niż 1 s, co wystarcza do ustabilizowania się broni poddanej odrzutowi, o ile nie nastąpiło przesunięcie jej punktów podparcia. Niektóre karabiny snajperskie mają możliwość regulacji hamulca wylotowego w sposób umożliwiający wyeliminowanie bocznego przesunięcia karabinu po strzale.

Przy sprzyjających warunkach atmosferycznych obserwator może często zobaczyć fragment toru lotu pocisku i na tej podstawie zasugerować zmianę poprawek. Najczęściej jest widoczne zakłócenie powietrza wywołane falą uderzeniową rozprzestrzeniającą się wokół pocisku. Zmiana gęstości powietrza w rejonie gwałtownych zmian ciśnienia powoduje zniekształcenie obrazu, które może być zauważone w lunecie obserwacyjnej skierowanej wzdłuż osi strzału (szczególnie jeśli jest ona wyostrzona na odległość mniejszą niż odległość od celu). Znacznie rzadziej jest widoczna smuga kondensacyjna powstająca w rejonie występowania obniżonego ciśnienia w śladzie pocisku (zjawisko analogiczne do smug kondensacyjnych pozostawianych przez samoloty). Czasem, przy odpowiednim kierunku padania promieni słonecznych widoczny może być odbłysek światła odbijającego się od pocisku, ale dotyczy to raczej pocisków poruszających się stosunkowo wolno. Kilukrotnie obserwowałem takie odbłyski od pocisków pistoletowych, ale nigdy od karabinowych.

#### **7.4.5. Obliczanie poprawek na wiatr**

Po dokonaniu oceny prędkości i kierunku wiatru następnym krokiem jest określenie poprawek korygujących wpływ wiatru na punkt trafienia. Trzeba pamiętać o uwzględnieniu zarówno poprawki bocznej, jak i pionowej. Zdecydowanie najlepszą metodą jest obliczenie poprawek za pomocą kalkulatora balistycznego (patrz rozdz. 13). Gdy nie dysponujemy takim kalkulatorem, należy posłużyć się tablicami balistycznymi opracowanymi dla danego typu pocisku.

Pewnym ułatwieniem w korzystaniu z tablic jest to, że poprawki są proporcjonalne do prędkości wiatru. Oznacza to, że wystarczy mieć tabelę przygotowaną dla jednej prędkości wiatru i znajdujące się w niej poprawki przeliczać proporcjonalnie na aktualną prędkość wiatru. Uważam, że najwygodniej jest posługiwać się tabelami opracowanymi dla prędkości 1 m/s albo 2 m/s (wykonując proste dzielenie przez 2, uzyskujemy prędkość 1 m/s, a mnożąc, w równie prosty sposób, poprawki przez 2, uzyskujemy nastawy dla prędkości wiatru 4 m/s).



Tabela 7.4. Poprawki na wiatr boczny o prędkości 1 m/s dla kilku typowych pocisków stosowanych przez snajperów (warunki atmosferyczne METRO)

Odległość [m]	Kal. .223 Rem SS109 62 gr $V_0 = 915$ m/s		Kal. .308 Win. Lapua Silver J. 185 gr $V_0 = 790$ m/s		Kal. .308 Win. Lapua Silver J. 167 gr $V_0 = 840$ m/s		Kal. .338 LM Scenar 250 gr $V_0 = 905$ m/s		Kal. .50 BMG Mk211 671 gr $V_0 = 887$ m/s	
	MIL	MOA	MIL	MOA	MIL	MOA	MIL	MOA	MIL	MOA
100	0,06	0,20	0,05	0,16	0,05	0,18	0,03	0,10	0,04	0,13
150	0,09	0,31	0,07	0,24	0,08	0,28	0,05	0,16	0,06	0,19
200	0,12	0,43	0,10	0,33	0,11	0,38	0,06	0,22	0,08	0,26
250	0,16	0,55	0,12	0,42	0,14	0,48	0,08	0,27	0,10	0,33
300	0,20	0,68	0,15	0,52	0,17	0,59	0,10	0,33	0,12	0,41
350	0,24	0,82	0,18	0,62	0,21	0,71	0,11	0,39	0,14	0,48
400	0,28	0,96	0,21	0,72	0,24	0,83	0,13	0,46	0,16	0,56
450	0,33	1,12	0,24	0,83	0,28	0,96	0,15	0,52	0,19	0,64
500	0,37	1,29	0,27	0,94	0,32	1,10	0,17	0,59	0,21	0,73
550	0,43	1,47	0,31	1,06	0,36	1,24	0,19	0,66	0,24	0,81
600	0,48	1,66	0,34	1,18	0,40	1,39	0,21	0,73	0,26	0,91
650	0,54	1,86	0,38	1,30	0,45	1,55	0,23	0,80	0,29	1,00
700	0,61	2,09	0,42	1,44	0,50	1,72	0,26	0,88	0,32	1,10
750	0,68	2,32	0,46	1,58	0,55	1,90	0,28	0,96	0,35	1,20
800	0,75	2,57	0,50	1,73	0,61	2,09	0,30	1,04	0,38	1,31
850			0,55	1,88	0,67	2,29	0,33	1,12	0,41	1,42
900			0,59	2,04	0,72	2,49	0,35	1,21	0,45	1,54
950			0,64	1,58			0,38	1,30	0,48	1,66
1000			0,69	2,38			0,41	1,40	0,52	1,79
1050							0,43	1,49	0,56	1,92
1100							0,46	1,59	0,60	2,06
1150							0,49	1,70	0,64	2,21
1200							0,53	1,81	0,69	2,36

Wartości podane na tle oznaczają odległości, przy których pocisk porusza się z prędkością równą lub mniejszą od prędkości dźwięku.

Tok postępowania jest następujący:

1. Określamy kierunek wiatru (*przykładowo, wiatr wieje z godziny 5*).
2. Szacujemy prędkość wiatru za pomocą jednej z omówionych powyżej metod (*przykładowo, prędkość wiatru wynosi ok. 6 m/s*).
3. Na podstawie rysunku 5.19 określamy współczynnik korygujący wiatr skośny do wiatru bocznego (*przykładowo, dla wiatru wiejącego z godziny 5 wynosi on 0,5*).

4. Obliczamy składową boczną prędkości wiatru jako iloczyn współczynnika korygującego i prędkości wiatru (przykładowo,  $0,5 \times 6 = 3 \text{ m/s}$ ).
5. Z tabeli 7.4 odczytujemy poprawkę poziomą dla danego kalibru i dla danej odległości strzału (przykładowo, dla kalibru .338 LM i odległości 750 m poprawka wynosi 0,28 MIL).
6. Odczytaną poprawkę poziomą mnożymy przez prędkość wiatru (gdyż tabela podaje poprawki dla wiatru o prędkości 1 m/s) (przykładowo,  $0,28 \times 3 = 0,84 \text{ MIL}$ ); poprawkę zawsze odkłada się „pod wiatr”.
7. Obliczamy poprawkę pionową jako 10% poprawki poziomej, przy czym dla lufy bruzdowanej prawostronnie<sup>74</sup> poprawka ta przy wietrze z prawej strony będzie odkładana w dół (ang. *down*), a przy wietrze z lewej strony w górę (ang. *up*) (przykładowo,  $0,84/10 \approx 0,1 \text{ MIL}$ ).

Podobna procedura obowiązuje w odniesieniu do poprawek określanych w minutach kątowych (MOA).

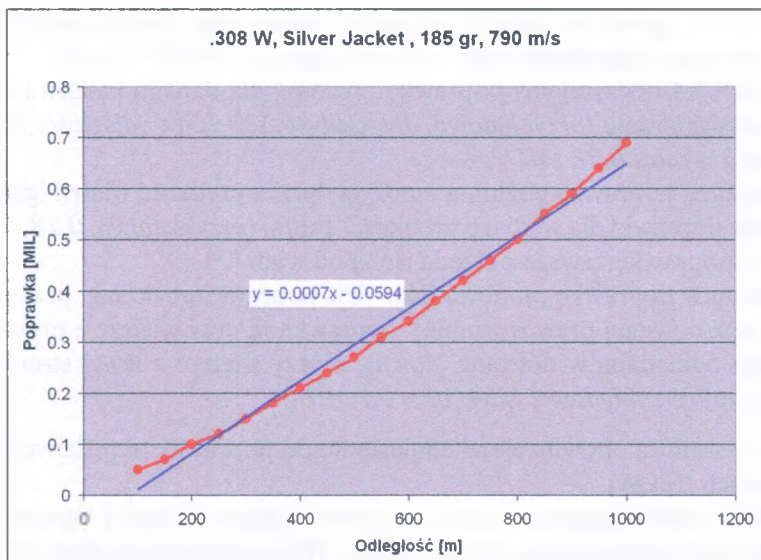
W pewnych ekstremalnych sytuacjach strzelec może nie mieć możliwości skorzystania z kalkulatora balistycznego i tablic. Nie powinno to jednak przekreślać możliwości jego skutecznego działania. Ponieważ zapamiętanie tablicy z poprawkami jest zadaniem trudnym, warto więc przygotować sobie z góry procedurę uproszczonego obliczania poprawek. Procedura ta co prawda jest obciążona pewnymi niedokładnościami, ale biorąc pod uwagę stopień niepewności oszacowania prędkości wiatru, można zaakceptować wyniki przez nią generowane.

Procedura polega na wygenerowaniu prostego wzoru matematycznego zastępującego tabelę. Można to zrobić na przykład na podstawie funkcji trendu liniowego na wykresie dostępnym w popularnym arkuszu kalkulacyjnym EXCEL. Szczegółowy opis postępowania przekracza ramy niniejszej książki, ale większość użytkowników arkusza Excel wie, jak stworzyć wykres, dysponując zbiorem odległości i poprawek, a następnie na wykresie wrysować linię trendu i opisujące ją równanie (rys. 7.21).

W odniesieniu do pocisków wyszczególnionych w tab. 7.4 wzory na przybliżone wyliczanie poprawek  $P_w$  w funkcji odległości  $L$ , odpowiadających prędkości wiatru wynoszącej 1 m/s, są następujące:

- pocisk kal. .223 Rem.; SS109 62 gr;  $V_0 = 915 \text{ m/s}$   
 $P_w = 0,0010L - 0,08$  (poprawka w MIL)  
 $P_w = 0,0033L - 0,3$  (poprawka w MOA);
- Pocisk kal. .308 Win.; Lapua Silver Jacket 185 gr;  $V_0 = 790 \text{ m/s}$   
 $P_w = 0,0007L - 0,06$  (poprawka w MIL)  
 $P_w = 0,0023L - 0,1$  (poprawka w MOA);
- Pocisk kal. .308 Win.; Lapua Silver Jacket 167 gr;  $V_0 = 840 \text{ m/s}$   
 $P_w = 0,0008L - 0,07$  (poprawka w MIL)  
 $P_w = 0,0029L - 0,2$  (poprawka w MOA);

<sup>74</sup> Większość luf jest bruzdowana w prawo, przy bruzdowaniu w lewo kierunek odkładania poprawek pionowych jest odwrotny.



Rys. 7.21. Linia trendu na wykresie Excel

- Pocisk kal. .338 LM; Scenar 250 gr;  $V_0 = 905$  m/s  
 $P_w = 0,0004L - 0,04$  (poprawka w MIL)  
 $P_w = 0,0015L - 0,1$  (poprawka w MOA);
- Pocisk kal. .50 BMG Mk211 671 gr;  $V_0 = 887$  m/s  
 $P_w = 0,0006L - 0,06$  (poprawka w MIL)  
 $P_w = 0,0020L - 0,2$  (poprawka w MOA).

### PRZYKŁAD LICZBOWY

Strzelając pociskiem Scenar kal. .338 Lapua Magnum o masie 250 gr przy wietrze o prędkości 3 m/s wiejącym z godziny 9 na odległość 500 m, należy zastosować następującą poprawkę wyliczoną na podstawie powyższych wzorów:  $3(0,0004 \cdot 500 - 0,04) = 3 \cdot 0,16 = 0,48$  MIL. Gdyby zastosować poprawki z tab. 7.4, poprawka wyniosłaby  $3 \cdot 0,17 = 0,51$  MIL. W praktyce, w obu przypadkach zostałyby ustawione takie same poprawki, wynoszące 0,5 MIL.

## 7.5. Szybkie poprawki

Jakkolwiek podstawowa technika strzelania snajperskiego jest oparta na precyzyjnym, dokładnie wyliczonym strzelaniu uwzględniającym wszystkie istotne czynniki, to jednak sporadycznie snajper może być zmuszony do szybkiego oddania strzału, bez prawidłowego przygotowania. W takich sytuacjach nie ma czasu na dokładny pomiar odległości, wyliczanie poprawek i ustawianie ich na pokrętlach

celownika. W najlepszym razie może mieć jedynie czas na zgrubne oszacowanie odległości i odłożenie poprawek na podziałkach krzyża celowniczego. Do tego celu bardzo przydaje się tabelka nazwana w tej książce „tabelką szybkich poprawek”. Opiera się ona na tym, że poprawki są oszacowywane bezpośrednio na podstawie wielkości kątowej typowych obiektów (bez „przechodzenia” przez odległość jako pośredni wynik obliczeń). W tabeli 7.5 są przedstawione szybkie poprawki dla pocisku kal. .308 Win., w tab. 7.6 – poprawki dla pocisku kal. .338 Lapua Magnum, a w tab. 7.7 – dla pocisku kal. .408 CheyTac.

**Tabela 7.5. Szybkie poprawki w tysięcznych (MIL); pocisk kal. .308 Sierra Match King, 168 gr, prędkość wylotowa 845 m/s, karabin przystrelany na 100 m, wysokość osi celownika nad osią lufy 70 mm**

MIL	Cel 0,3 m (głowa)		Cel 0,5 m (szerokość ramion)		Cel 1,8 m (postać stojąca)	
	poprawka pionowa	poprawka na wiatr 5 m/s	poprawka pionowa	poprawka na wiatr 5 m/s	poprawka pionowa	poprawka na wiatr 5 m/s
0,5	4,9	1,9				
0,75	2,2	1,1	6	2,2		
1,0	1,3	0,8	3,4	1,5		
1,25	0,7	0,6	2,2	1,1		
1,5	0,4	0,5	1,5	0,9		
1,75	0,2	0,4	1,1	0,8		
2,0	0,1	0,4	0,8	0,7		
2,25	0	0,3	0,5	0,6		
2,50	0	0,3	0,4	0,5		
2,75	0	0,3	0,2	0,5	5,7	2,2
3,0	0	0,2	0,1	0,4	4,9	1,9
3,25			0,1	0,4	4,1	1,7
3,5			0	0,3	3,6	1,5
3,75			0	0,3	3,2	1,4
4,0			0	0,3	2,8	1,3

Jako typowe obiekty służące do określania poprawek przyjęto głowę (wysokość 0,3 m), tułów (szerokość w ramionach 0,5 m) i stojącą postać (wysokość 1,8 m). W pierwszej kolumnie każdej tabeli są podane wielkości kątowe odpowiadające poszczególnym obiektom na podziałkach siatki celowniczej. Załóżmy na przykład, że korzystamy z tab. 7.5 i że szerokość celu (0,5 m) jest widziana w celowniku pod kątem 1,5 MIL oraz że wieje boczny wiatr z kierunku 90 stopni (godzina 3) z prędkością 2,5 m/s. Z tabeli odczytujemy, że dla takiej sytuacji należy przyjąć

Tabela 7.6. Szybkie poprawki w tysięcznych (MIL); pocisk kal. .338 Lapua Magnum Scenar 250 gr, prędkość wylotowa 870 m/s, karabin przystrelany na 100 m, wysokość osi celownika nad osią lufy 50 mm

MIL	Cel 0,3 m (głowa)		Cel 0,5 m (szerokość ramion)		Cel 1,8 m (postać stojąca)		
	wg siatki	poprawka pionowa	poprawka na wiatr 5m/s	poprawka pionowa	poprawka na wiatr 5 m/s	poprawka pionowa	poprawka na wiatr 5 m/s
0,5		3,8	1,0				
0,75		1,9	0,6	4,6	1,2		
1,0		1,1	0,5	2,8	0,8		
1,25		0,7	0,4	1,9	0,6		
1,5		0,4	0,3	1,3	0,5		
1,75		0,3	0,3	1,0	0,5		
2,0		0,1	0,2	0,7	0,4		
2,25		0,0	0,2	0,5	0,3	6,1	1,5
2,50		0,0	0,2	0,4	0,3	5,2	1,3
2,75		0,0	0,1	0,3	0,3	4,5	1,2
3,0		0,0	0,1	0,2	0,3	3,8	1,0
3,25				0,1	0,2	3,3	0,9
3,5				0,0	0,2	2,9	0,9
3,75				0,0	0,2	2,6	0,8
4,0				0,0	0,2	2,4	0,7

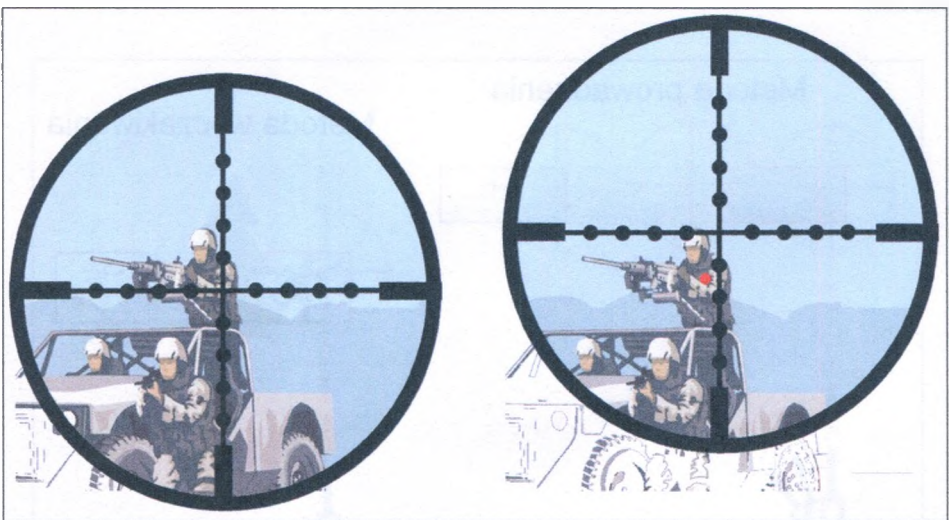
Tabela 7.7. Szybkie poprawki w tysięcznych (MIL); pocisk kal. .408 Chey Tac 419 gr, prędkość wylotowa 914 m/s, karabin przystrelany na 100 m, wysokość osi celownika nad osią lufy 60 mm

MIL	Cel 0,3 m (głowa)		Cel 0,5 m (szerokość ramion)		Cel 1,8 m (postać stojąca)		
	wg siatki	poprawka pionowa	poprawka na wiatr 5 m/s	poprawka pionowa	poprawka na wiatr 5 m/s	poprawka pionowa	poprawka na wiatr 5 m/s
0,5		3,1	0,6				
0,75		1,5	0,4	3,6	0,7		
1,0		0,9	0,3	2,3	0,5		
1,25		0,5	0,2	1,5	0,4		
1,5		0,3	0,2	1,1	0,3		
1,75		0,2	0,1	0,7	0,3		
2,0		0	0,1	0,4	0,2		

Tabela 7.7 (cd.)

MIL	Cel 0,3 m (głowa)		Cel 0,5 m (szerokość ramion)		Cel 1,8 m (postać stojąca)	
	poprawka pionowa	poprawka na wiatr 5 m/s	poprawka pionowa	poprawka na wiatr 5 m/s	poprawka pionowa	poprawka na wiatr 5 m/s
2,25	0	0,1	0,4	0,2		
2,50	0	0,1	0,3	0,2		
2,75	0	0,1	0,2	0,2	3,6	0,7
3,0	0	0,1	0,1	0,1	3,1	0,6
3,25			0	0,1	2,7	0,6
3,5			0	0,1	2,4	0,5
3,75			0	0,1	2,1	0,5
4,0			0	0,1	1,9	0,4

poprawkę pionową 1,5 MIL. Odczytujemy również, że poprawka wymagana przy wietrze bocznym o prędkości 5 m/s wynosi dla tej sytuacji 0,9 MIL. Ponieważ w naszym przypadku wiatr ma prędkość 2,5 m/s, to trzeba zastosować poprawkę dwa razy mniejszą, czyli 0,45 MIL (w zaokrągleniu 0,5 MIL). Jest to zobrazowane na rys. 7.22.

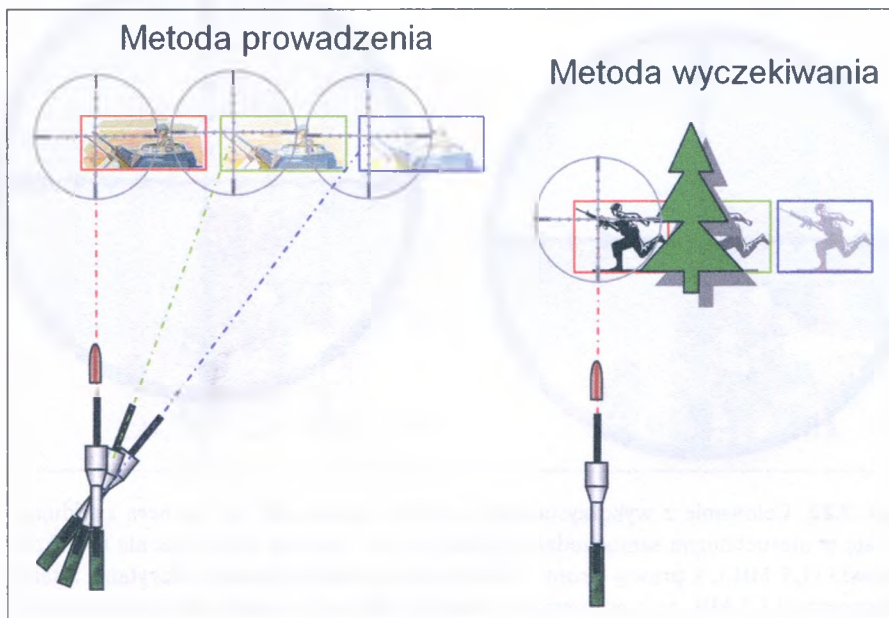


Rys. 7.22. Celowanie z wykorzystaniem „szybkich poprawek” do gunnera znajdującego się w nieruchomym samochodzie: z lewej strony – pomiar kąta widzenia szerokości tułowia (1,5 MIL), z prawej strony – odłożenie poprawki pionowej odczytanej z tabeli i wynoszącej 1,5 MIL oraz poprawki na wiatr 0,5 MIL, czerwona kropka symbolizuje rejon spodziewanego trafienia. Oszacowanie wykonane dla karabinu kal. .308 W i wiatru o prędkości 2,5 m/s więcej go z godziny 3.00

## 7.6. Poprawki na wyprzedzenie

Pierwszą, kardynalną zasadą strzelania do celu ruchomego jest ustawienie celownika optycznego na znacznie mniejsze powiększenie niż stosowane przy strzelaniu do celu stacjonarnego. Dzięki temu zostaje powiększone pole widzenia, łatwiej jest uchwycić cel oraz możliwa jest analiza sytuacji rozwijającej się w kierunku, w którym on zmierza. Często lepsze efekty uzyskuje się również, strzelając z pozycji siedzącej, kłęczącej lub stojącej niż z pozycji leżącej, znacznie ograniczającej płynne manewrowanie bronią. Przy strzelaniu do celów opadających lub wznoszących się pozycja leżąca zasadniczo w ogóle się nie nadaje.

Poprawkę na wyprzedzenie zdecydowanie najlepiej jest odkładać na siatce celowniczej. Próby nastawiania poprawek pokrętłami regulacji poziomej zajmują zbyt dużo czasu i przy zmiennej prędkości celu powodują duże ryzyko pomyłki. Przy strzelaniu do ruchomego celu cały czas trzeba pamiętać, że oprócz wyprzedzenia poprawka musi również uwzględniać korektę wpływu wiatru. Próba jednoczesnego odkładania na podziałce dwóch poprawek może jednak prowadzić do błędów. W przypadku strzelania do celu ruchomego, jeśli czas na to pozwala, korzystne jest więc wprowadzenie uśrednionej poprawki na wiatr przed pojawieniem się celu za pomocą pokrętła regulacji poziomej, a poprawkę na wyprzedzenie odłożyć niezależnie na siatce. Dodatkową zaletą odkładania poprawki na wyprzedzenie na siatce jest powiększenie pola widzenia w kierunku ruchu celu, co umożliwi lepszą ocenę sytuacji taktycznej (np. wcześniejsze wykrycie przeszkody, za którą może się schować cel).



Rys. 7.23. Dwie techniki strzelania do celów ruchomych

Strzelanie do celu ruchomego jest zadaniem wymagającym zastosowania specjalnych technik. Przy strzelaniu snajperskim powszechnie są stosowane dwie techniki: *prowadzenia celu* i *wyczekiwania* (rys. 7.23). Przy strzelaniu śrutem z broni gładkolufowej (strzelb) często jest stosowana technika *przeganiania*, ale nie daje ona dobrych rezultatów przy strzelaniu snajperskim.

Technika **prowadzenia celu** polega na tym, że osł wylotu lufy zostaje ustawiona z odpowiednim wyprzedzeniem w kierunku ruchu celu, a następnie wyprzedzenie to jest utrzymywane aż do chwili oddania strzału<sup>75</sup>, czyli punkt celowania przez cały czas przemieszcza się przed celem. Podczas tego przemieszczania strzelec powinien łagodnie ściągać język spustowy, co zabezpiecza przed tzw. „zerwaniem strzału”. Technika ta szczególnie odpowiednia jest przy strzelaniu z pozycji stojącej, klęczącej i siedzącej. Strzelanie z pozycji leżącej jest zazwyczaj znacznie utrudnione, chyba że cel porusza się wolno i jest bardzo odległy. Jeśli konieczne jest zastosowanie tej techniki przy pozycji leżącej, to pewnym ułatwieniem jest podparcie broni na plecaku lub jakiejś innej podporze niż dwójnóg, który poważnie ogranicza manewrowanie bronią<sup>76</sup>. Technika prowadzenia jest powszechnie stosowana wtedy, gdy strzał trzeba oddać na komendę (np. w sytuacjach zakładniczych), gdy prędkość celu nie jest stała i gdy cel porusza się bardzo szybko.

Technika **wyczekiwania** polega na nieruchomym ustawieniu punktu celowania na spodziewanej drodze celu i oczekiwaniu, aż cel znajdzie się w punkcie zapewniającym właściwe wyprzedzenie (zazwyczaj ocena jest dokonywana na podstawie znaczników podziałki poziomej celownika). Podstawową trudnością w tej technice jest szybkie oddanie strzału bez „zerwania”. Technika wymaga dobrej znajomości charakterystyki urządzenia spustowego i dobrego refleksu. Nie nadaje się ona do strzelania do celów, których ruch jest nieregularny. Zaletą tej techniki jest natomiast możliwość łatwiejszego strzelania do celu, który okresowo znika z pola widzenia za przeszkodami terenowymi (np. za drzewami, budynkami). W odróżnieniu od techniki prowadzenia, przy wyczekiwaniu najkorzystniejszą postawą jest postawa leżąca.

Technika **przeganiania** jest stosowana przy strzelaniu śrutem i loftkami ze strzelb gładkolufowych. Polega ona na tym, że w początkowej fazie strzelba jest wycelowana za cel, następnie dogania cel, mijając go płynnym ruchem i wtedy, gdy znajduje się już przed celem, jest oddawany strzał. Metoda ta nie nadaje się zasadniczo do wykorzystania przez snajperów, gdyż pocisk wymaga znacznie precyzyjniejszego wycelowania niż jest to konieczne w przypadku wiązki śrutu. Metoda może być sporadycznie stosowana przy oddawaniu strzałów z zaskoczenia i na małą odległość, gdyż ułatwia szybkie uchwycenie celu w celowniku optycznym.

W porównaniu z innymi sytuacjami snajperskimi, strzelanie do ruchomego celu sprawia problemy związane z tym, że wszelkie poprawki należy obliczać i usta-










<sup>75</sup> Wylot lufy powinien prowadzić cel jeszcze chwilę po oddaniu strzału (ang. *follow through*), aby zabezpieczyć się przed zbyt wczesnym zatrzymaniem lufy, gdy jeszcze znajduje się w niej pocisk.

<sup>76</sup> Niektóre dwójnogi są mocowane do broni za pomocą przegubu umożliwiającego obrót broni wokół osi pionowej i znacznie mniej ograniczają manewrowość niż dwójnogi o sztywnym zamocowaniu.



wiać bardzo szybko. Bardzo rzadko bowiem się zdarza, aby prędkość i kierunek celu były znane z góry. Jak już wspomniano na początku rozdziału, szybkie nastawienie poprawki jest możliwe praktycznie tylko wtedy, gdy jest ona odkładana na siatce celowniczej. Co ważniejsze, przy korzystaniu z podziałek na siatce możliwe jest dynamiczne reagowanie na zmiany w zachowaniu się celu: zwolnienie, przyspieszenie ruchu, a nawet zatrzymanie. Pozostaje jednak jeszcze szyb-

Tabela 7.8. Poprawki na wyprzedzenie dla pocisku kal. .308 Win. 185 gr Lapua Silver Jacket, o prędkości początkowej 895 m/s oraz poprawka dla pocisku .338 Lapua Magnum 250 gr Scenar, o prędkości wylotowej 910 m/s (rysunki przedstawiają celowanie z karabinu kal. .308 Win.)

Zakres odległości [m]	Kaliber	Ruch celu		
		skrada się 0,3 m/s	maszeruje 1,8 m/s	biegnie 3 m/s
50-250	.308 Win.			
		0,4 MIL	2,4 MIL	4,0 MIL
	.338 LM	0,3 MIL	2,1 MIL	3,4 MIL
250-450	.308 Win.			
		0,5 MIL	2,7 MIL	4,4 MIL
	.338 LM	0,4 MIL	2,2 MIL	3,6 MIL
450-650	.308 Win.			
		0,5 MIL	2,8 MIL	4,7 MIL
	.338 LM	0,4 MIL	2,3 MIL	4,0 MIL
650-850	.338 LM	0,4 MIL	2,5 MIL	4,2 MIL

kie określenie wartości poprawki. Współczesne kalkulatory balistyczne określają bardzo dokładnie poprawki, ale nadal wymagają ręcznego wprowadzania danych o celu<sup>77</sup>, co zabiera sporo czasu, i jeśli snajper nie korzysta z pomocy obserwatora, to odrywa go od obserwacji celu i zmusza do wykonywania ruchów mogących go zdekonspirować. Konieczne jest więc utrwalenie w pamięci wartości poprawek najbardziej istotnych z punktu widzenia operacyjnego.

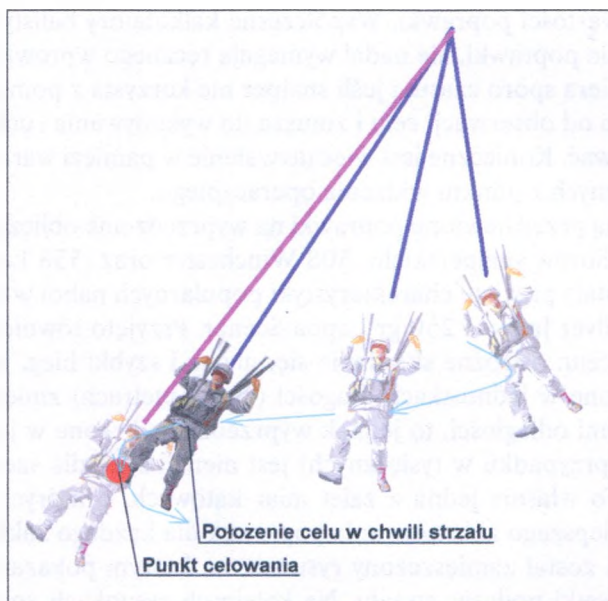
W tabeli 7.8 są przedstawione poprawki na wyprzedzenie obliczone dla bardzo popularnych kalibrów snajperskich: .308 Winchester oraz .338 Lapua Magnum. Do obliczeń zostały przyjęte charakterystyki popularnych naboju w tych kalibrach: 185 gr Lapua Silver Jacket i 250 gr Lapua Scenar. Przyjęto również trzy sposoby poruszania się celu: ostrożne skradanie się, marsz i szybki bieg. Jakkolwiek wyprzedzenie liczone w jednostkach długości (np. w metrach) zmienia się bardzo wraz ze zmianami odległości, to jednak wyprzedzenie liczone w jednostkach kątowych (w tym przypadku w tysięcznych) jest niemal stałe dla szerokiego zakresu odległości. To właśnie jedna z zalet miar kątowych, o których wspomniano w rozdz. 2. Do lepszego zobrazowania poprawek dla każdego zakresu odległości i prędkości celu został zamieszczony rysunek, na którym pokazano prawidłowe uchwycenie sylwetki podczas strzału. Na kolejnych rysunkach zobrazowano poprawki obliczone dla kalibru .308 Winchester. Dla kalibru .338 Lapua Magnum poprawki muszą być nieznacznie mniejsze niż przedstawione na rysunku.

Snajper powinien znać na pamięć poprawki dla poszczególnych prędkości celu i odległości. Zpełnym minimum jest znajomość poprawek dla zakresu odległości 250–450 m, które dla kalibru .308 Win. wynoszą: skradanie się 0,5 MIL, marsz 2,7 MIL i bieg 4,4 MIL. Dla kalibru .338 Lapua Magnum odpowiednie poprawki wynoszą: 0,4 MIL, 2,2 MIL i 3,6 MIL. Przy mniejszej odległości poprawka powinna być „nieznacznie” mniejsza, a przy większej – „nieznacznie” większa. Trzeba pamiętać, że celne strzelanie do celu ruchomego zawsze wymaga mądrego kompromisu między dokładnością obliczeń a ich szybkością!

Jeśli cel porusza się w sposób wahadłowy, to należy pamiętać, że najłatwiej jest go trafić wtedy, gdy jest maksymalnie odchylony i zmienia kierunek swojego ruchu. Trzeba również uwzględnić czas lotu pocisku. Do celów wahających się najlepiej jest strzelać metodą wyczekiwania, celując w punkt znajdujący się nieznacznie przed punktem maksymalnego wychylenia celu (rys. 7.24). Daje to największą szansę trafienia. Tego typu sytuacje występują niekiedy przy strzelaniu do spadochroniarzy<sup>78</sup>, gdy dodatkowym utrudnieniem jest ruch w pionie, który też trzeba skompensować, celując „w dół”, tak jak to pokazano na rys. 7.24.

<sup>77</sup> Istnieją kalkulatory połączone z dalmierzami, barometrami i termometrami, a nawet szybkościomierzami, ale są to raczej rozwiązania eksperymentalne i nie są jeszcze w powszechnym użytku.

<sup>78</sup> Konwencja genewska (protokół I, artykuł 42) zabrania strzelania do spadochroniarzy, jeśli wyskoczyli oni z uszkodzonego statku powietrznego w celu ratowania życia (w praktyce oznacza to załogę samolotu, nie zaś żołnierzy desantu, co do których występuje podejrzenie, że prowadzą działania operacyjne), nie dotyczy natomiast spadochroniarzy, dla których skok jest elementem działań operacyjnych [13], [16].



Rys. 7.24. Celowanie do celu wykonującego ruch wachliwy

### 7.7. Poprawki przy strzelaniu z ruchomej platformy

Poprawki przy strzelaniu z ruchomej platformy (z samochodu, śmigłowca czy okrętu będących w ruchu) stanowią szczególny rodzaj poprawek „na wyprzedzenie”. W odróżnieniu od sytuacji opisanych w poprzednim podrozdziale, w przypadku strzelania z ruchomej platformy stanowisko strzeleckie porusza się w przestrzeni, a cel pozostaje nieruchomy<sup>79</sup>. Co prawda oddanie celnego, pojedynczego strzału z szybko poruszającej się platformy strzeleckiej jest bardzo trudne, a często wręcz niemożliwe, ale snajper powinien znać zasady celowania również w takich sytuacjach. Trudność oddania strzału z ruchomej platformy wynika z wielu powodów. Pierwszym z nich jest konieczność precyzyjnego określenia i odłożenia stosunkowo dużej poprawki (często wynoszącej kilkadziesiąt tysięcznych). Zasadą strzelania z ruchomej platformy jest celowanie z użyciem możliwie małego powiększenia celownika, gdyż zwiększa to pole widzenia i ułatwia uchwycenie celu. Dobrej klasy celownik optyczny przy powiększeniu  $\times 5$  zapewnia pole widzenia o rozwartości kątowej 50–60 MIL, czyli umożliwia przybliżone odłożenie wyprzedzenia wynoszącego maksymalnie 25–30 MIL. Trzeba pamiętać, że podziałka wyskalowana w tysięcznych nie pokrywa całego pola widzenia zapewnianego przez celownik optyczny i zazwyczaj umożliwia precyzyjne odłożenie wyprzedzenia wynoszącego 5–7 MIL w każdą stronę. Drugi problem wiąże się z krótkim czasem, jaki snajper ma na oddanie strzału. Trzeci problem wynika z tego, że większość

<sup>79</sup> W najbardziej ogólnym przypadku cel również może się poruszać, ale takie strzelanie nie ma już charakteru „snajperskiego” i wykonywane jest zazwyczaj przez *gunnera* z broni maszynowej.

ruchomych platform podlega intensywnym drganiom, które przenoszą się na broń i których nie można wyeliminować bez zastosowania systemów stabilizacyjnych, a te są stosowane jak dotychczas tylko do ciężkiej broni pokładowej niektórych pojazdów (np. czołgów, śmigłowców, okrętów).

Przy strzelaniu z ruchomej platformy najlepsze rezultaty uzyskuje się, korzystając z broni maszynowej (rys. 7.25) lub przynajmniej samopowtarzalnej. Wynika to ze zwiększenia prawdopodobieństwa trafienia przy oddaniu wielu strzałów, szczególnie jeśli niektóre z nich są wykonane amunicją smugową. Należy unikać opierania broni o sztywne elementy platformy, gdyż oparcie takie przenosi drgania na karabin. Przy braku specjalnych prowadnic przegubowych najlepsze wyniki uzyskuje się, wieszając broń na elastycznej uprzęży, tak jak jest to pokazane na rysunku. Ze względów bezpieczeństwa broń powinna być dodatkowo zabezpieczona linką (lonżą) uniemożliwiającą jej wypadnięcie przy gwałtownym manewrze platformy.

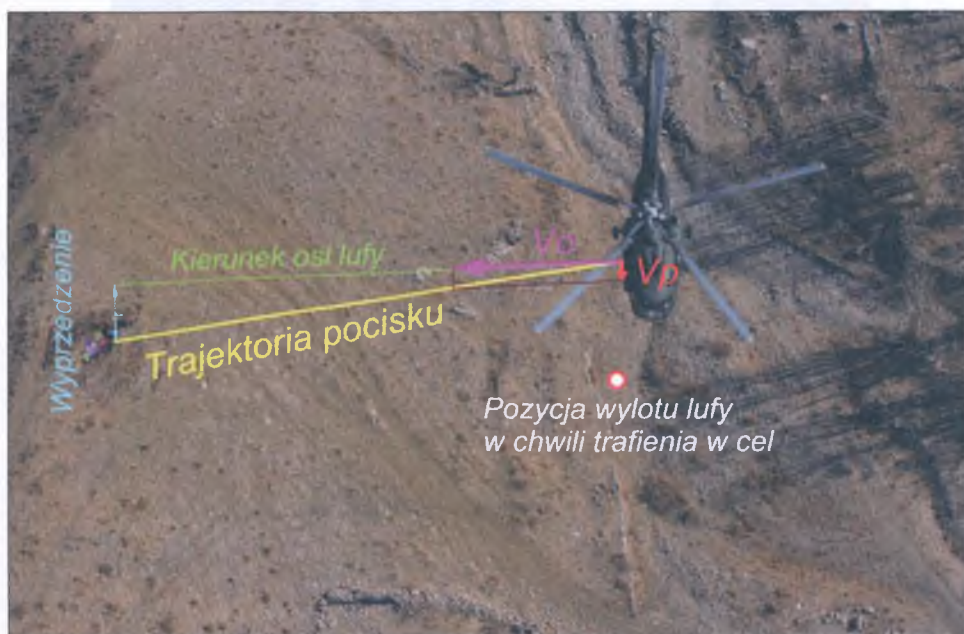


Rys. 7.25. Prowadzenie z pokładu śmigłowca ognia burtowego z karabinu HK416

Zagadnienie celowania z ruchomej platformy jest dość skomplikowane, gdyż trzeba uwzględnić, że pocisk, opuszczając lufę, ma dodatkową składową prędkość wynikającą z ruchu platformy oraz że porusza się on w powietrzu mającym dużą prędkość względną w stosunku do platformy. Prędkość powietrza w stosunku do platformy jest w większości przypadków zbliżona do prędkości platformy względem celu, ale na drodze pocisku często występują również inne gwałtowne prądy powietrzne, takie jak podmuchy powietrza od wirnika śmigłowca.

Na rysunku 7.26 jest przedstawiona schematycznie zasada celowania z ruchomej platformy. Prędkość platformy względem celu oznaczono jako  $V_p$ , natomiast pręd-

kość wylotową pocisku jako  $V_0$ . Po opuszczeniu lufy pocisk porusza się z prędkością wypadkową, czyli porusza się zarówno w kierunku wyznaczonym przez oś lufy, jak i w kierunku, w którym platforma poruszała się w chwili strzału. Trzeba przy tym uwzględnić, że prędkość wylotowa pocisku w czasie jego lotu będzie się zmniejszała na skutek oporu powietrza oraz że składowa prędkości wynikająca z ruchu platformy również będzie się zmniejszała z uwagi na działanie strumienia powietrza opływającego platformę strzelecką, który działa na pocisk podobnie jak wiatr. W odniesieniu do pocisków wyrzeliwanych ze znacznie większą prędkością niż prędkość ruchu platformy z pewnym przybliżeniem można przyjąć, że zmniejszenia obu składowych prędkości będą do siebie proporcjonalne. W konsekwencji pocisk będzie się poruszał tak jak jest to przedstawione na rys. 7.26. Pomimo że w rzucie poziomym tor pocisku jest zbliżony do linii prostej, to jednak dla strzelca poruszającego się z taką samą prędkością co platforma strzelecka tor pocisku wydaje się zakrzywiony „ku tyłowi” (rys. 7.27). Wynika to ze zmniejszania się prędkości pocisku (zarówno w kierunku wylotu lufy, jak i w kierunku ruchu platformy) w miarę oddalania się od wylotu lufy przy nieziennej prędkości platformy.



**Rys. 7.26.** Zasady celowania z ruchomej platformy. Na rysunku zaznaczono wektor prędkości wylotowej pocisku  $V_0$  skierowany wzdłuż wylotu lufy oraz wektor prędkości postępowej śmigłowca  $V_p$ . Pozycja śmigłowca odpowiada chwili oddania strzału. Zanim pocisk dotrze do celu, wylot lufy przemieści się wraz się śmigłowcem do zaznaczonego punktu. W tym czasie trajektoria pocisku zostanie odchylna od kierunku wylotu lufy o odległość oznaczoną na rysunku jako „wyprzedzenie”. Ze względu na opór powietrza wyprzedzenie jest mniejsze od drogi pokonanej przez śmigłowiec w czasie lotu pocisku. Na rysunku pokazano zjawiska widziane z pozycji obserwatora usytuowanego nieruchomo względem celu



Rys. 7.27. Tor ruchu pocisku widziany z ruchomej platformy

W tabeli 7.9 są przedstawione przykładowe poprawki, jakie trzeba uwzględnić przy strzelaniu z ruchomej platformy. Podane poprawki kątowe (w tysięcznych oraz w metrach) można stosować do pocisków kalibru .308 Win. (168 gr,  $V_0 = 850$  m/s), przy strzelaniu pod różnym kątem w stosunku do toru ruchu platformy (kąt  $90^\circ$  oznacza strzelanie pod kątem prostym do kierunku ruchu platformy). Poprawki te mogą być również wykorzystane przy strzelaniu amunicją innego kalibru, ale charakteryzującą się zbliżoną prędkością wylotową.

Należy podkreślić, że jeśli platforma (np. śmigłowiec) krąży wokół celu, tak że strzelec pozornie widzi cel w tym samym położeniu, to i tak wszystkie rozważania przedstawione powyżej są aktualne, gdyż pocisk w chwili wylotu z lufy porusza się nie tylko zgodnie z wektorem prędkości skierowanym w osi lufy, ale również wektorem prędkości odpowiadającym prędkości platformy. Jedynie w przypadku strzelania ze śmigłowca będącego w zawisie nie odklada się poprawek kierunkowych (o ile nie wieje silny wiatr).

Szczególnym przypadkiem strzelania z ruchomej platformy jest strzelanie w kierunku ruchu (ku przodowi lub tyłowi). W takim przypadku prędkość platformy zwiększa lub zmniejsza prędkość wylotową pocisku liczoną w stosunku do celu nieruchomego oraz powietrza. Oznacza to, że strzelając w kierunku ku przodowi, należy celować nieznacznie niżej (bo efektywna prędkość pocisku jest większa), a strzelając ku tyłowi – nieznacznie wyżej niż miałyby to miejsce podczas strzela-

Tabela 7.9. Przykładowa wartość wyprzedzenia przy strzelaniu z ruchomej platformy (pocisk kal. .308 Win. o prędkości wylotowej 850 m/s)

Prędkość ruchu platformy	Odległość strzału [m]	Wyprzedzenie dla danego kąta strzału <sup>1</sup>			
		90°	60°	45°	30°
10 m/s 36 km/h 20 węzłów	100	1,2 m	1,0 m	0,8 m	0,6 m
	200	2,4 m	2,0 m	1,7 m	1,2 m
	300	3,5 m	3,0 m	2,5 m	1,7 m
	400	4,7 m	4,1 m	3,3 m	2,3 m
	500	5,9 m	5,1 m	4,1 m	2,9 m
	<b>cały zakres</b>	<b>12,0 MIL</b>	<b>10,0 MIL</b>	<b>8,0 MIL</b>	<b>6,0 MIL</b>
20 m/s 72 km/h 40 węzłów	100	2,4 m	2,0 m	1,6 m	1,2 m
	200	4,7 m	4,0 m	3,3 m	2,3 m
	300	7,1 m	6,0 m	4,9 m	3,5 m
	400	9,4 m	8,1 m	6,5 m	4,6 m
	500	11,8 m	10,1 m	8,2 m	5,8 m
	<b>cały zakres</b>	<b>24,0 MIL</b>	<b>20,0 MIL</b>	<b>16,0 MIL</b>	<b>12,0 MIL</b>
30 m/s 108 km/h 59 węzłów	100	3,5 m	3,0 m	2,4 m	1,7 m
	200	7,1 m	6,0 m	4,9 m	3,4 m
	300	10,6 m	9,0 m	7,3 m	5,1 m
	400	14,1 m	12,0 m	9,7 m	6,8 m
	500	17,6 m	15,0 m	12,2 m	8,6 m
	<b>cały zakres</b>	<b>35,0 MIL</b>	<b>30,0 MIL</b>	<b>24,0 MIL</b>	<b>17,0 MIL</b>
40 m/s 144 km/h 78 węzłów	100	4,7 m	4,0 m	3,2 m	2,3 m
	200	9,4 m	8,0 m	6,4 m	4,5 m
	300	14,1 m	11,9 m	9,7 m	6,8 m
	400	18,8 m	15,9 m	12,9 m	9,0 m
	500	23,5 m	19,9 m	16,1 m	11,3 m
	<b>cały zakres</b>	<b>47,0 MIL</b>	<b>40,0 MIL</b>	<b>32,0 MIL</b>	<b>23,0 MIL</b>
50 m/s 180 km/h 98 węzłów	100	5,9 m	4,9 m	4,0 m	2,8 m
	200	11,8 m	9,9 m	8,0 m	5,6 m
	300	17,6 m	14,8 m	12,0 m	8,4 m
	400	23,5 m	19,8 m	16,0 m	11,2 m
	500	29,4 m	24,7 m	20,0 m	14,0 m
	<b>cały zakres</b>	<b>59,0 MIL</b>	<b>49,0 MIL</b>	<b>40,0 MIL</b>	<b>28,0 MIL</b>

<sup>1</sup> Kąt strzału liczony od kierunku ruchu platformy (90° oznacza strzelanie pod kątem prostym do kierunku ruchu, a kąt 0° – strzelanie ku przodowi lub ku tyłowi).

nia z nieruchomego stanowiska. Oczywiście przy strzelaniu pod kątem w górę lub w dół, należy stosować jednocześnie zasady przedstawione w podrozdz. 7.9. Przy dużej prędkości ruchu platformy oddziaływanie strumienia powietrza jest bardzo silne i powoduje odchylenie trajektorii pocisku w górę (strzelając z lewej burty)<sup>80</sup> lub w dół (strzelając z prawej burty). Przykładowo, podczas strzelania na dystansie 500 m z platformy poruszającej się z prędkością 20 m/s odchylenie trajektorii w górę lub w dół może osiągnąć nawet 1 m (dla kalibru .308 Win.).

Ze względu na występowanie derywacji pocisku (patrz podrozdz. 5.4) wyprzedzenie dla danej prędkości platformy i odległości od celu musi być nieznacznie większe przy strzelaniu z lewej burty niż z prawej. Zjawisko to nie ma jednak większego znaczenia podczas strzelania na małą i średnią odległość.

### 7.8. Poprawki na temperaturę, wilgotność i ciśnienie

Przy strzelaniu na średnią i dużą odległość, jeśli strzelanie odbywa się w temperaturze znacznie odbiegającej od temperatury, dla której są wykonane tablice balistyczne, lub na innej wysokości, jeśli nie ma kalkulatora balistycznego, trzeba zastosować dodatkowe poprawki.

W tabeli 7.10 jest przedstawiony przykładowy wpływ temperatury na poprawkę pionową dla pocisków kal. .308 Winchester, Lapua Silver Jacket 185 gr. Tworząc tabelę, przyjęto, że karabin jest przystrzelany w temperaturze 15°C, czyli przy innej temperaturze do wartości ustawionej na pokrętle pionowym trzeba dodać wartość poprawki przedstawionej w odpowiedniej do odległości kolumnie tabeli. W tabeli 7.11 są przedstawione analogiczne poprawki dla pocisku kal. .338 Lapua Magnum Scenar 250 gr.

**Tabela 7.10. Przybliżona wartość poprawki na zmianę temperatury dla pocisków .308 Winchester, Lapua Silver Jacket 185 gr (ciśnienie 997,5 hPa, wilgotność 78%); poprawki zaokrąglono do wartości typowych „klików” pokręteł**

Temperatura [°C]	Poprawka dla dystansu [m]			
	200	400	600	800
-20	0	0,1 MIL 0,25 MOA	0,3 MIL 1,25 MOA	0,8 MIL 2,75 MOA
-15	0	0,1 MIL 0,25 MOA	0,3 MIL 1 MOA	0,7 MIL 2,5 MOA
-10	0	0,1 MIL 0,25 MOA	0,2 MIL 0,75 MOA	0,5 MIL 1,75 MOA
-5	0	0,1 MIL 0,25 MOA	0,2 MIL 0,75 MOA	0,4 MIL 1,5 MOA
0	0	0	0,1 MIL 0,25 MOA	0,3 MIL 1 MOA

<sup>80</sup> Przy założeniu, że gwint lufy jest prawozwojny; przy gwincie lewozwojnym kierunki odchylenia są odwrotne.



Tabela 7.10 (cd.)

Temperatura [°C]	Poprawka dla dystansu [m]			
	200	400	600	800
5	0	0	0,1 MIL 0,25 MOA	0,2 MIL 0,5 MOA
10	0	0	0	0,1 MIL 0,25 MOA
15	0	0	0	0
20	0	0	0	-0,1 MIL -0,25 MOA
25	0	0	-0,1 MIL -0,25 MOA	-0,2 MIL -0,5 MOA
30	0	0	-0,1 MIL -0,25 MOA	-0,3 MIL -1 MOA

Wartości poprawek wyrażone w minutach kątowych złożono kursywą.

Tabela 7.11. Przybliżona wartość poprawki na zmianę temperatury dla pocisków .338 Lapua Magnum Scenar 250 gr (ciśnienie 997,5 hPa, wilgotność 78%); poprawki zaokrąglono do wartości typowych „klików” pokreśl

Temperatura [°C]	Poprawka w tysięcznych dla dystansu [m]				
	200	400	600	800	1000
-20	0	0,2 MIL 0,5 MOA	0,4 MIL 1,25 MOA	0,7 MIL 2,5 MOA	1,3 MIL 4,5 MOA
-15	0	0,1 MIL 0,25 MOA	0,3 MIL 1 MOA	0,6 MIL 2 MOA	1,1 MIL 3,75 MOA
-10	0	0,1 MIL 0,25 MOA	0,3 MIL 1 MOA	0,5 MIL 1,75 MOA	0,9 MIL 3 MOA
-5	0	0,1 MIL 0,25 MOA	0,2 MIL 0,5 MOA	0,4 MIL 1,5 MOA	0,7 MIL 2,5 MOA
0	0	0,1 MIL 0,25 MOA	0,1 MIL 0,25 MOA	0,3 MIL 1 MOA	0,5 MIL 1,75 MOA
5	0	0	0,1 MIL 0,25 MOA	0,2 MIL 0,5 MOA	0,3 MIL 1 MOA
10	0	0	0	0,1 MIL 0,25 MOA	0,2 MIL 0,5 MOA
15	0	0	0	0	0
20	0	0	0	-0,1 MIL -0,25 MOA	-0,2 MIL -0,5 MOA
25	0	0	-0,1 MIL -0,25 MOA	-0,2 MIL -0,5 MOA	-0,3 MIL -1 MOA
30	0	-0,1 MIL -0,25 MOA	-0,1 MIL -0,25 MOA	-0,3 MIL -1 MOA	-0,5 MIL -1,75 MOA

Wartości poprawek wyrażone w minutach kątowych złożono kursywą.

Jak wynika z tabeli 7.12, dla typowego snajperskiego karabinu kal. .308 Win. przy strzelaniu pociskiem Lapua Silver Jacket 185 gr poprawki niezbędne do skorygowania normalnych wahań ciśnienia barometrycznego wywołanych pogodą są znikome. Przy ekstremalnym wahaniu ciśnienia (głęboki niż lub wysoki wyż) warto je wprowadzać w postaci jednego „kliku” (0,1 MIL lub 0,25 MOA) dopiero przy strzelaniu na dystansie ok. 700–800 m, jeśli karabin był przystrzelany dla warunków średniego ciśnienia.

Tabela 7.12. Wpływ zmian ciśnienia barometrycznego na wymaganą wartość nastawy celownika dla pocisku kal. .308 Win., Lapua Silver Jacket 185 gr

Ciśnienie [hPa]	Poprawka dla dystansu [m]			
	200	400	600	800
998 (niż)	0	-0,02 MIL <i>-0,09 MOA</i>	-0,04 MIL <i>-0,14 MOA</i>	-0,1 MIL <i>-0,3 MOA</i>
1013	0	0	0	0
1033 (wyż)	0	0,02 MIL <i>0,09 MOA</i>	0,04 MIL <i>0,14 MOA</i>	0,1 MIL <i>0,3 MOA</i>

Wartości poprawek wyrażone w minutach kątowych złożono *kursywą*.

Tabela 7.13. Wpływ wysokości na wymaganą wartość nastawy celownika dla pocisku kal. .308 Win., Lapua Silver Jacket 185 gr.

Wysokość [m]	Poprawka dla dystansu [m]			
	200	400	600	800
500	0	-0,05 MIL <i>-0,17 MOA</i>	-0,1 MIL <i>-0,3 MOA</i>	-0,3 MIL <i>-1,0 MOA</i>
1000	-0,01 MIL <i>-0,03 MOA</i>	-0,1 MIL <i>-0,3 MOA</i>	-0,3 MIL <i>-1,0 MOA</i>	-0,6 MIL <i>-2,0 MOA</i>
1500	-0,02 MIL <i>-0,07 MOA</i>	-0,1 MIL <i>-0,3 MOA</i>	-0,4 MIL <i>-1,4 MOA</i>	-0,9 MIL <i>-3,1 MOA</i>
2000	-0,03 MIL <i>-0,10 MOA</i>	-0,2 MIL <i>-0,7 MOA</i>	-0,5 MIL <i>-1,7 MOA</i>	-1,1 MIL <i>-3,7 MOA</i>
2500	-0,03 MIL	-0,2 MIL <i>-0,7 MOA</i>	-0,6 MIL <i>-2,0 MOA</i>	-1,3 MIL <i>-4,5 MOA</i>
3000	-0,04 MIL <i>-0,14 MOA</i>	-0,3 MIL <i>-1,0 MOA</i>	-0,7 MIL <i>-2,4 MOA</i>	-1,5 MIL <i>-5,2 MOA</i>

Wartości poprawek wyrażone w minutach kątowych złożono *kursywą*.

Zupełnie inaczej przedstawia się sprawa w przypadku zmiany ciśnienia wywołanej zmianami wysokości, gdyż jest ona znacznie większa. W tabeli 7.13 są przedstawione poprawki, jakie trzeba dodatkowo uwzględnić dla karabinu kal. .308 Win. przy strzelaniu pociskiem Lapua Silver Jacket 185 gr. W tabeli założono, że karabin był przystrzelany na poziomie morza. Analogicznie, w tabeli 7.14 są

Tabela 7.14. Wpływ wysokości na wymaganą wartość nastawy celownika dla pocisku kal. .338 Lapua Magnum Scenar 250 gr

Wysokość [m]	Poprawka w tysięcznych [MIL] dla dystansu [m]				
	200	400	600	800	1000
500	0	-0,02 MIL -0,07 MOA	-0,1 MIL -0,3 MOA	-0,2 MIL -0,7 MOA	-0,3 MIL -1,0 MOA
1000	-0,01 MIL -0,03 MOA	-0,05 MIL -0,17 MOA	-0,1 MIL -0,3 MOA	-0,3 MIL -1,0 MOA	-0,6 MIL -2,0 MOA
1500	-0,01 MIL -0,03 MOA	-0,1 MIL -0,2 MOA	-0,2 MIL -0,7 MOA	-0,4 MIL -1,4 MOA	-0,8 MIL -2,8 MOA
2000	-0,02 MIL -0,07 MOA	-0,1 MIL -0,3 MOA	-0,3 MIL -1,0 MOA	-0,6 MIL -2,0 MOA	-1,0 MIL -3,4 MOA
2500	-0,02 MIL -0,07 MOA	-0,1 MIL -0,3 MOA	-0,4 MIL -1,4 MOA	-0,7 MIL -2,4 MOA	-1,2 MIL -4,1 MOA
3000	-0,03 MIL -0,1 MOA	-0,1 MIL -0,4 MOA	-0,5 MIL -1,7 MOA	-0,8 MIL -2,8 MOA	-1,4 MIL -4,8 MOA
3500	-0,03 MIL -0,1 MOA	-0,2 MIL -0,7 MOA	-0,6 MIL -2,0 MOA	-0,9 MIL -3,1 MOA	-1,6 MIL -5,5 MOA

Wartości poprawek wyrażone w minutach kątowych złożono kursywą.

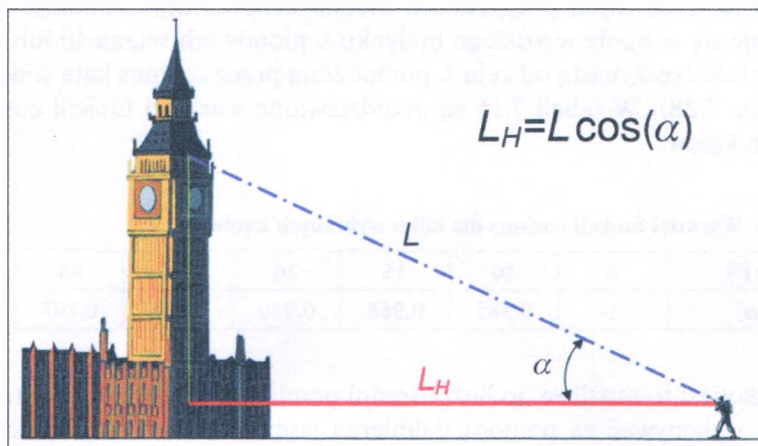
zaprezentowane poprawki dla pocisku kal. .338 Lapua Magnum Scenar 250 gr. Porównanie poprawek dla kalibrów .308 i .338 wykazuje, że pociski kalibru .338 Lapua Magnum są zdecydowanie mniej czułe na wysokość, na której odbywa się strzelanie. Wynika to z ich lepszych właściwości aerodynamicznych opisanych współczynnikiem balistycznym  $BC$ .

### 7.9. Poprawka na strzelanie w górę i w dół

Zagadnienie strzelania do celu znajdującego się ponad lub poniżej wylotu lufy jest często bardzo upraszczane, co prowadzi do wielu błędów w nastawie przyrządów celowniczych i w związku z tym zostanie szeroko omówione w niniejszym rozdziale. Do niedawna problem miał znaczenie raczej teoretyczne, gdyż w Polsce niezbyt często dochodziło do sytuacji, w której strzał na dużą odległość był wykonywany pod dużym kątem. Obecnie sytuacja się zmieniła w związku z coraz częstszym wykorzystywaniem śmigłowców jako platform dla snajperów oraz z udziałem Wojska Polskiego w misjach prowadzonych w terenach górskich. Do uproszczenia terminologii, w niniejszym rozdziale strzelanie do celu znajdującego się ponad lub poniżej wylotu lufy będzie nazywane *strzelaniem pod kątem*.

Problem strzelania pod kątem jest bardzo szczegółowo opracowany od strony teoretycznej [5] i każdy dobrej jakości program balistyczny pozwala na wprowadzenie poprawek bardzo dokładnie uwzględniających wysokość położenia celu w stosunku do wylotu lufy (wysokość względną), a dokładniej kąta  $\alpha$  w płaszczyźnie pionowej, pod jakim cel jest widoczny (rys. 7.28). Niestety, algorytm korekcji jest dość skomplikowany i przez to niezbyt nadaje się do szybkich przeliczeń

w pamięci. Jeśli więc nie ma możliwości wykorzystania kalkulatora balistycznego, to trzeba stosować inne, mniej lub bardziej dokładne metody uwzględniania położenia celu powyżej lub poniżej wylotu lufy.



Rys. 7.28. Kąt, pod jakim jest widziany cel

Pominięcie wpływu kąta, pod jakim jest widziany cel, prowadzi do powstania błędów w celowaniu tym większych, im ten kąt jest większy i im większa jest odległość od celu. Można przyjąć, że dla typowego pocisku kalibru .308 (Lapua Silver Jacket 185 gr), przy kącie nieprzekraczającym  $15^\circ$  i odległości strzału mniejszej niż 200 m poprawkę na strzał pod kątem można pominąć, bo błąd w punkcie trafienia będzie nie większy niż 1 cm. Przy kącie  $30^\circ$  poprawkę dla tego samego pocisku można pominąć tylko wtedy, gdy dystans jest nie większy niż 100 m. Przy większej odległości lub większym kącie każdorazowo należy określić poprawkę niwelującą wpływ wysokości względnej celu.

**UWAGA!** W żadnym przypadku nie należy stosować intuicyjnej zasady: „do celu powyżej wylotu lufy celuję wyżej, a do celu poniżej wylotu lufy celuję niżej”. Metoda ta wynika z błędnego przekonania, że pocisk lecący „w górę” wyraźnie szybciej wytraca prędkość. Zarówno przy strzale do celu znajdującego się powyżej, jak i poniżej wylotu lufy zawsze należy celować „niżej” niż to wynika z tabel do strzelania w poziomie dla danej odległości.

Powszechnie są stosowane trzy metody przybliżonego określania nastaw celownika przy strzelaniu pod kątem. Przedstawione są one poniżej w kolejności wynikającej z łatwości ich użycia. Niestety, najłatwiejsza metoda jest jednocześnie najmniej dokładna, a dopiero metoda najtrudniejsza pozwala na uzyskanie bardzo dokładnych wyników.

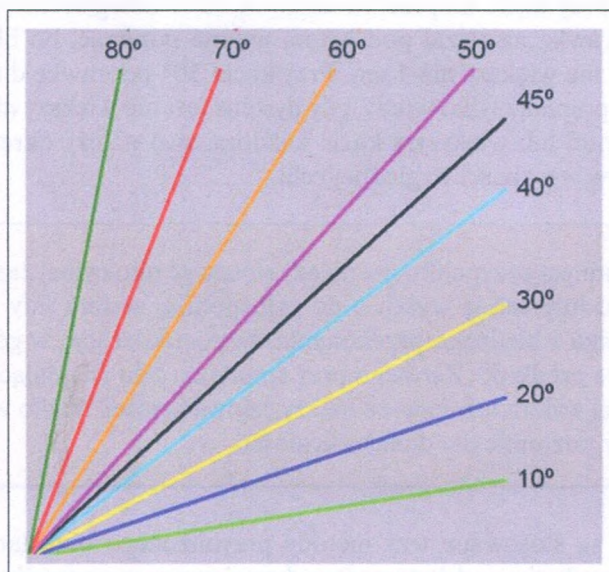
### 7.9.1. Metoda odległości horyzontalnej

W metodzie tej zamiast rzeczywistej odległości do celu  $L$  (po skosie), do obliczenia nastaw celownika przyjmuje się odległość w poziomie  $L_H$  (horyzontalną). Odległość tę w pewnych przypadkach można bezpośrednio zmierzyć (np. gdy cel znajduje się w oknie wysokiego budynku o pionowych ścianach) lub wyliczyć jako odległość rzeczywistą od celu  $L$  pomnożoną przez cosinus kąta widoczności celu  $\alpha$  (rys. 7.28). W tabeli 7.15 są przedstawione wartości funkcji cosinus dla wybranych kątów.

Tabela 7.15. Wartości funkcji cosinus dla kilku wybranych kątów

Kąt $\alpha$ [°]	0	10	15	20	30	45	60
Cos( $\alpha$ )	1	0,985	0,966	0,940	0,866	0,707	0,500

Jeśli tylko jest to możliwe, to bezpośredni pomiar odległości horyzontalnej najlepiej jest wykonywać za pomocą dalmierza laserowego lub siatki celowniczej. W wielu przypadkach nie jest to jednak możliwe (np. cel znajduje się na wzgórzu o łagodnych stokach). Konieczne jest wtedy wykonanie pomiaru albo oszacowanie kąta widzenia celu. Można to zrobić albo za pomocą specjalnego przyrządu instalowanego na celowniku optycznym, albo za pomocą zwykłego kątomierza lub wręcz szablonu takiego jak przedstawiony na rys. 7.29.



Rys. 7.29. Graficzna interpretacja kilku podstawowych kątów

**PRZYKŁAD LICZBOWY**

Za pomocą dalmierza zmierzono odległość rzeczywistą od celu  $L$ , która wynosi 355 m. Kąt widzenia celu  $\alpha$  wynosi  $30^\circ$ . Na celowniku optycznym w karabinie należy ustawić poprawkę taką jak dla odległości  $L_H = 355 \cdot \cos(30) = 355 \cdot 0,866 = 307$  m. Z tablic dla pocisku Lapua Silver Jacket wystrzelonego z prędkością 780 m/s przy celowniku umieszczonym 5 cm nad osią lufy można odczytać, że poprawka odległościowa dla odległości 307 m wynosi 1,8 MIL.

**7.9.2. Metoda korekcji cosinusowej**

Metoda ta jest oparta na odległości rzeczywistej  $L$  oraz kącie strzału  $\alpha$ , które muszą być znane. Poprawka ustawiana na celowniku jest obliczana jako iloczyn poprawki odległościowej odczytanej dla odległości rzeczywistej  $L$  (tak jakby był to strzał poziomy na taką odległość) oraz cosinusa kąta  $\alpha$ .

**PRZYKŁAD LICZBOWY**

Za pomocą dalmierza zmierzono odległość rzeczywistą od celu  $L$ , która wynosi 600 m. Kąt strzału  $\alpha$  wynosi  $15^\circ$ . Z tablic dla pocisku Lapua Silver Jacket wystrzelonego z prędkością 780 m/s przy celowniku umieszczonym 5 cm nad osią lufy można odczytać, że poprawka odległościowa dla odległości 600 m wynosi 5,5 MIL. Na celowniku optycznym w karabinie należy więc ustawić poprawkę obliczoną jako  $5,5 \cdot \cos(15) = 5,5 \cdot 0,966 = 5,3$  MIL.

**7.9.3. Metoda Sierra**

Metoda ta pozwala na uzyskanie bardzo dokładnej poprawki, ale wymaga wykonania znacznie większej ilości obliczeń. Do zrealizowania obliczeń za pomocą tej metody trzeba znać zarówno kąt widzenia celu  $\alpha$ , odległość rzeczywistą  $L$  oraz opad pocisku  $O_L$ <sup>81</sup> dla tej odległości i przewyższenie (rzędną) toru nad linią celowania  $Y_L$ , jaka wystąpiłaby przy strzelaniu na odległość, na którą broń jest przystrzelana. Tok obliczeń jest następujący: należy obliczyć wartość wyrażenia  $(1 - \cos(\alpha))$  i pomnożyć przez nią opad pocisku  $O_L$ . Następnie, do uzyskanej wartości dodać przewyższenie toru  $Y_L$ , zachowując znak tego przewyższenia (ujemny, jeśli pocisk znajduje się poniżej linii celowania i dodatni, jeśli jest powyżej). W rezultacie tych obliczeń jest uzyskiwane przewyższenie pocisku odpowiadające strzałowi pod kątem, które jeszcze trzeba przeliczyć na minuty katowe lub mili-radiany.

<sup>81</sup> Opad pocisku (ang. *drop*) to odległość mierzona w kierunku pionowym od punktu na torze lotu pocisku do prostej stanowiącej przedłużenie osi lufy. Niektóre programy balistyczne podają opad jako wartości ujemne, jednak w metodzie *Sierra* przyjmuje się, że wartość opadu jest liczbą dodatnią.

**PRZYKŁAD LICZBOWY**

Za pomocą dalmierza zmierzono odległość rzeczywistą od celu  $L$ , która wynosi 700 m. Kąt strzału  $\alpha$  wynosi  $30^\circ$ . Z tablic dla pocisku Lapua Silver Jacket wystrzelonego z prędkością 780 m/s przy celowniku umieszczonym 5 cm nad osią lufy można odczytać, że na dystansie 700 m pocisk ma opad  $O_L = 5,93$  m, a przewyższenie (przy przystrzeleniu na 100 m)  $Y_L = -5,04$  m. W konsekwencji szukane przewyższenie przy strzale pod kątem wynosi:  $(1 - \cos(\alpha)) \cdot O_L + Y_L = (1 - 0,866) \cdot 5,93 - 5,04 = -4,25$  m. Oznacza to, że należy zastosować poprawkę odległościową 6,1 MIL (bo na odległości 700 m jedna tysięczna odpowiada odcinkowi o długości 0,7 m).

Tabela 7.16. Porównanie błędów celowania spowodowanych zastosowaniem metod uproszczonych dla pocisku kal. .308 Lapua Silver Jacket 185 gr wystrzelonego z prędkością 780 m/s, przy osi celownika znajdującej się 5 cm ponad osią lufy

Odległość [m]	Błąd celowania [m]							
	metoda odległości horyzontalnej				metoda korekcji cosinusowej			
	15°	30°	45°	60°	15°	30°	45°	60°
100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03
200	0,00	-0,01	-0,02	-0,04	0,00	-0,01	-0,02	-0,04
300	0,01	0,01	0,00	-0,04	-0,01	-0,03	-0,07	-0,11
400	0,02	0,06	0,08	0,03	-0,01	-0,05	-0,10	-0,18
500	0,05	0,15	0,22	0,17	-0,01	-0,06	-0,14	-0,25
600	0,09	0,30	0,46	0,41	-0,02	-0,08	-0,19	-0,32
700	0,16	0,52	0,82	0,78	-0,03	-0,11	-0,23	-0,38
800	0,25	0,84	1,32	1,3	-0,03	-0,11	-0,26	-0,45

Decydując się na wybór prawidłowej metody, trzeba zdawać sobie sprawę z popełnianych błędów oraz brać pod uwagę możliwość szybkiego wykonania niezbędnych obliczeń. W tabeli 7.16 są przedstawione błędy celowania spowodowane zastosowaniem metod uproszczonych. Metoda *Sierra* zapewnia tak dużą dokładność, że trudno w jej przypadku mówić o błędach i z tego powodu została pominięta w tabeli. Żółte tło niektórych danych w tabeli wskazuje na to, że błąd celowania jest mniejszy niż 10 cm.

Jak wynika z tabeli, metoda odległości horyzontalnej zapewnia dobrą dokładność dla pocisków kal. .308 Silver Jacket 185 gr przy strzeleniu na odległość do ok. 400 m, niezależnie od kąta strzału. Metoda generalnie powoduje trafianie powyżej punktu celowania (dodatnie wartości odchyłek w tab. 7.16). Metoda korekcji cosinusowej zapewnia dobrą dokładność przy małych kątach strzału (do  $30^\circ$ ), niezależnie od odległości. Przy większych kątach, już przy odległości powyżej 200 m odchyłki stają się bardzo duże. W odróżnieniu od metody odległości horyzontalnej odchyłki są zasadniczo ujemne, czyli punkt trafienia układu się poniżej punktu celowania.

## 8. Dobór broni i amunicji do charakteru zadania snajperskiego

Proces wyposażania snajperów w broń i amunicję powinien być poprzedzony szczegółową analizą spodziewanych warunków działań. W wyniku analizy dokonanej pod kątem cech balistycznych powinny być podjęte decyzje dotyczące kalibrów broni i rodzajów amunicji, jaka będzie do nich stosowana. Wybór konkretnego typu broni powinien natomiast odbywać się na podstawie informacji o celności, niezawodności, trwałości i ergonomii poszczególnych oferowanych rozwiązań oraz (niestety) ich ceny.

Szczególnie ważne jest dobranie odpowiedniego celownika i ewentualnie przystawek noktowizyjnych, które będą z nim współpracować. Nieporozumieniem jest na przykład kompletowanie karabinu o kalibrze .308 Winchester z celownikiem o powiększeniu 8-32 dla strzelca policyjnego, gdyż jego maksymalne powiększenie nie będzie przydatne przy strzelaniu na typowym dla policji dystansie (50-200 m), natomiast przy najmniejszym powiększeniu pole widzenia będzie zdecydowanie zbyt małe. Dodatkowo, większość przystawek noktowizyjnych pracuje lepiej przy powiększeniach ok. 3-krotnych.

Podobnym nieporozumieniem jest wyposażanie wojskowego karabinu snajperskiego o kalibrze .50 BMG w celownik o powiększeniu 3,5-10, gdyż będzie on mało przydatny przy prowadzeniu ognia na odległość ponad 800 m (oprócz oczywistych problemów z precyzyjnym celowaniem nie będzie on umożliwiał rozpoznania celu indywidualnego).

Poniższe rozważania mają na celu ułatwienie podjęcia decyzji o wyborze optymalnego kalibru i ewentualnie o doborze amunicji. Oczywiście analiza opiera się na założeniu, że porównywana broń i amunicja są bardzo wysokiej jakości, a różnice w celności praktycznej i skuteczności wynikają z innych cech balistycznych poszczególnych rozwiązań.

W tabeli 8.1 są zebrane podstawowe dane o kalibrach i amunicji, jakie będą porównywane w dalszej części rozdziału. Trzeba nadmienić, że jako praktyczną donośność dla broni snajperskiej przyjmuje się odległość, na jakiej pocisk wytraca prędkość do prędkości dźwięku (w tym przypadku do prędkości 360 m/s, która jest nieznacznie większa od prędkości dźwięku). Przy większej odległości następuje bowiem bardzo wyraźne pogorszenie celności, pomimo że większość omawianych pocisków dysponuje jeszcze znaczną energią umożliwiającą skuteczne rażenie celu. Wybrane do porównania pociski zostały tak dobrane, aby w miarę dobrze reprezentować typową amunicję snajperską używaną w Polsce. Trzeba jednak podkreślić, że dla wielu kalibrów (szczególnie .50 BMG) jest produkowana bardzo różnorodna amunicja, która może wykazywać zupełnie inną charakterystykę niż ta, jaką przyjęto do porównań. Zarówno pociski .50 BMG Hornady AMAX, jak i .408 CheyTac Lost River J40 charakteryzują się wyjątkowo wysokimi współczynnikami balistycznymi predestynującymi je do strzelania na dużą odległość. Inne pociski w tych samych kalibrach mają zdecydowanie krótszą donośność praktyczną.

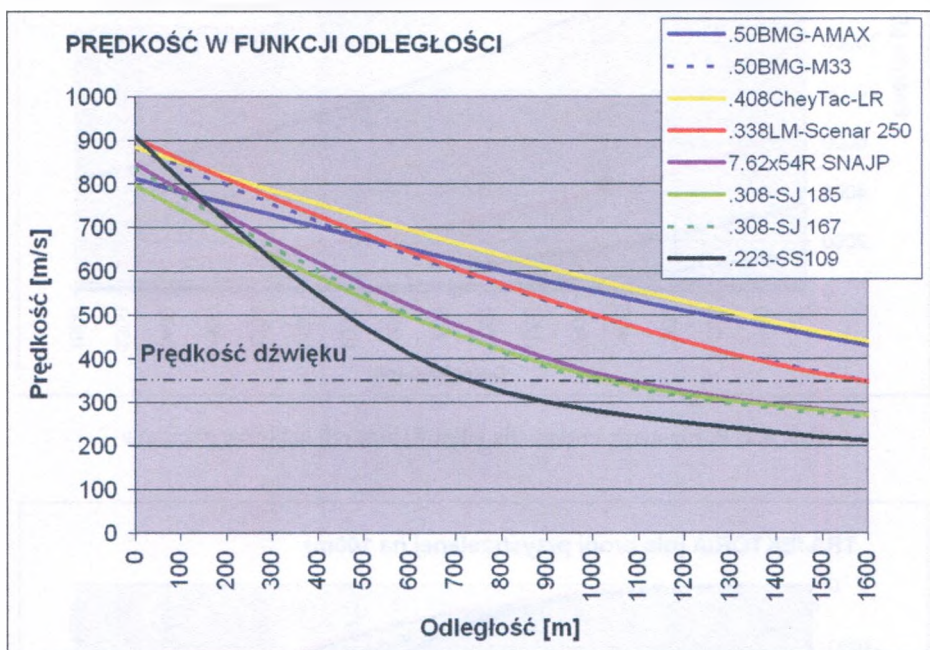


Tabela 8.1. Charakterystyka porównywanej amunicji

Kaliber	Pocisk				Donośność praktyczna [m]	Energia wylotowa [J]	Energia na dystansie 1000 m [J]	Znoszenie od wiatru bocznego 3 m/s na dystansie 1000 m
	masa [gr]	typ	współczynnik balistyczny BC	prędkość wylotowa [m/s]				
.50 BMG	750	AMAX	1,050	811	2000	15974	7434	77,4
	647	M33	0,701	884	1500	16382	5217	114,4
.408 CheyTac	419	Lost River J40	0,934	884	2000	10609	4602	78,4
.338 Lapua Magnum	250	Lapua Scenar	0,675	904	1500	6624	2031	116,0
7.62 × 54R	152	7N1 Snajperskie	0,498	846	1000	3521	668	193,2
.308 Win.	185	Lapua Silver Jacket	0,521	795	950	3797	768	197,7
	167		0,470	840	1000	3818	663	211,3
.223 Rem.	62	SS-109	0,307	910	700	1665	159	334,5

Oznaczenia kolorów: ■ - bardzo dobre właściwości balistyczne wynikające z dużego współczynnika BC, ■ i ■ - przeciętne, ■ - słabe.

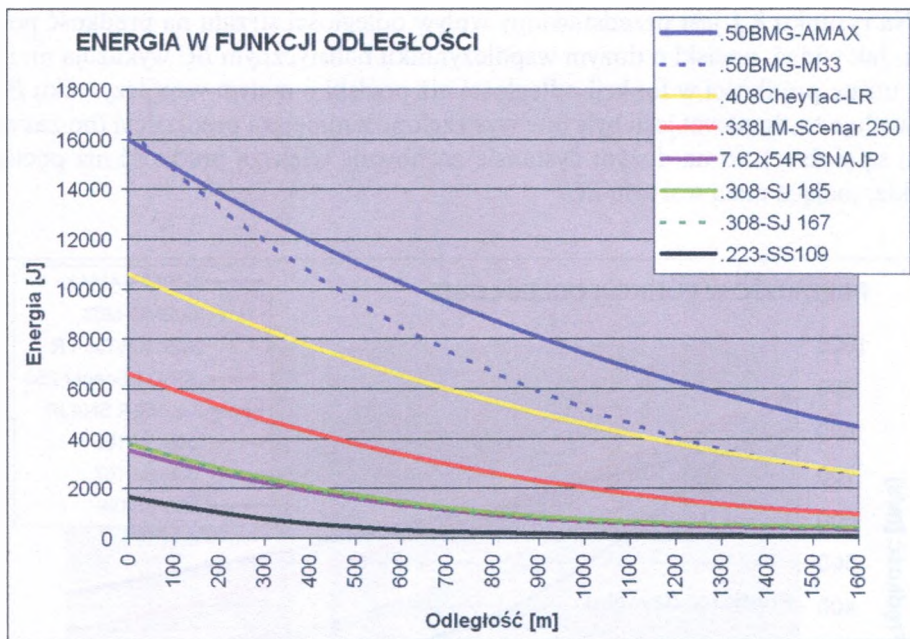
Na rysunku 8.1 jest przedstawiony wpływ odległości strzału na prędkość pocisku. Jak widać, pociski o dużym współczynniku balistycznym  $BC$  wykazują mniejszą utratę prędkości w funkcji odległości niż pociski o małym współczynniku  $BC$ . Powoduje to, że nawet jeśli były one wystrzelone z mniejszą prędkością (bo zazwyczaj są cięższe), to na dużym dystansie zachowują większą prędkość niż pociski lekkie, mające małą wartość  $BC$ .



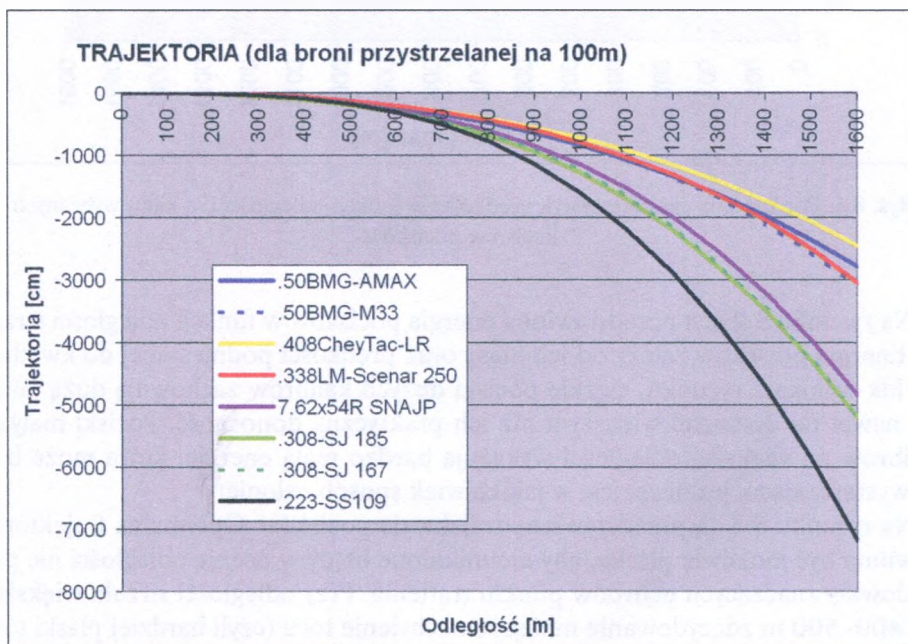
Rys. 8.1. Porównanie charakterystyk prędkości w funkcji odległości dla kilku wybranych kalibrów pocisków

Na rysunku 8.2 jest przedstawiona energia pocisków w funkcji odległości strzału. Energia pocisków zależy od ich masy oraz prędkości podniesionej do kwadratu. Jak wynika z rysunku, ciężkie pociski dużych kalibrów zachowują dużą energię nawet na dystansie większym niż ich praktyczna donośność. Pociski małych kalibrów na większej odległości wykazują bardzo małą energię, która może być niewystarczająca, jeżeli cel jest w jakikolwiek sposób osłonięty.

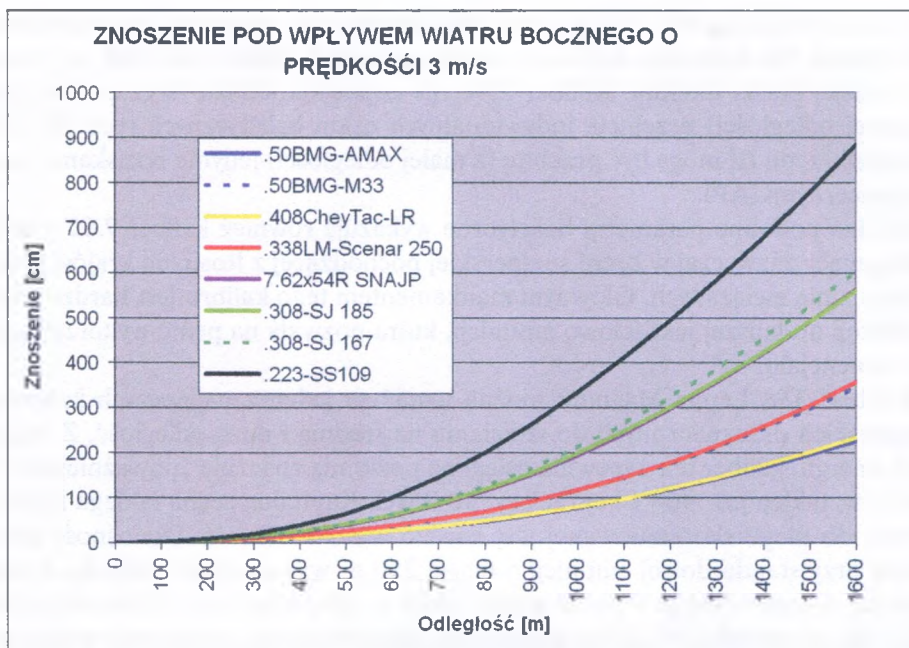
Na rysunku 8.3 są przedstawione trajektorie pocisków. Optymalna trajektoria powinna być możliwie płaska, aby nieuniknione błędy w ocenie odległości nie powodowały znaczących uchybów punktu trafienia. Przy odległości strzału większej niż 400–500 m zdecydowanie mniejsze nachylenie toru (czyli bardziej płaski tor) mają ciężkie pociski dużych kalibrów. Natomiast przy strzelaniu na małą odległość bardziej płaski tor mają pociski wystrzeliwane z większą prędkością, a więc zazwyczaj pociski lekkie, małych kalibrów.



Rys. 8.2. Porównanie energii dla kilku wybranych kalibrów pocisków



Rys. 8.3. Porównanie trajektorii dla kilku wybranych kalibrów pocisków (bronia przystrzelana na odległość 100 m)



Rys. 8.4. Porównanie znoszenia od wiatru bocznego o prędkości 3 m/s dla kilku wybranych kalibrów pocisków

Na rysunku 8.4 jest przedstawione znoszenie pocisków spowodowane wiatrem bocznym o prędkości 3 m/s. Bezapelacyjnie najlepsze wyniki w walce ze znoszeniem osiągają pociski o dużym współczynniku  $BC$ , a więc ciężkie i bardzo smukłe.

Jak wynika z tabeli, donośność skuteczna dla poszczególnych kalibrów bardzo się różni. Dla kalibru .223 przy strzelaniu typowym nabojem SS-109 pocisk zwalnia do prędkości dźwięku na dystansie ok. 700 m. Nie oznacza to niestety, że kaliber ten dobrze nadaje się do strzelania na tak dużą odległość, gdyż, jak wynika z rys. 8.4, wykazuje on znaczną podatność na znoszenie związane z wiatrem bocznym i szybką utratę energii. W warunkach taktycznych można przyjąć, że kaliber .223 nie powinien być stosowany w broni snajperskiej, jeśli ma być ona wykorzystywana do strzelania na dystansie większym niż 300–400 m. Kaliber ten nadaje się jednak dobrze dla snajpera policyjnego, gdyż na małym dystansie pocisk ma płaski tor lotu i energię wystarczającą do skutecznego zneutralizowania nieosłoniętych celów. Karabin jest przy tym zazwyczaj bardzo lekki i manewrowy. W niektórych krajach precyzyjne karabiny kal. .223 Rem. są klasyfikowane jako parasnajperskie.

Na dystansie do około 700–800 m dobrze sprawuje się kaliber .308 Winchester. Zapewnia on rozsądny kompromis między masą broni, skutecznością a celnością. Jest to prawdopodobnie kaliber karabinowy zapewniający największą różnorodność amunicji, począwszy od lekkich pocisków o masie 125 gr, a skończywszy na pociskach 200 gr. Na dłuższym dystansie (600–800 m) najlepsze parametry

wykazują pociski ciężkie (185 gr), o ile skok gwintu lufy zapewnia ich prawidłową stabilizację. Na krótszym dystansie lepsze są pociski lekkie (150–168 gr) mające bardziej płaski tor lotu. Kaliber .308 nie zapewnia jednak (szczególnie przy większej odległości) przebicia indywidualnych osłon balistycznych typu III i IV. Kamizelki typu III mogą być przebite (z małej odległości) jedynie pociskami przeciwpancernymi (AP).

Bardzo podobne parametry balistyczne wykazuje również kaliber  $7.62 \times 54R$  występujący zazwyczaj w broni snajperskiej pochodzącej z Rosji lub krajów historycznie z nią związanych. Głównym mankamentem tego kalibru jest bardzo trudny dostęp do lepszej jakościowo amunicji, która pozwala na pełne wykorzystanie jego potencjału.

Kaliber .338 Lapua Magnum można uznać za jeden z najlepszych kalibrów snajperskich przeznaczonych do strzelania na średnią i dużą odległość. Z wyjątkiem energii, kaliber ten zapewnia osiągi na poziomie znacznie „poważniejszych” kalibrów, takich jak .408 CheyTac czy .50 BMG. Kapitałną cechą takiego kalibru i broni do niego skonstruowanej jest bardzo wysoka celność. Donośność praktyczna przy standardowej amunicji o masie 250 gr wynosi około 1500 m, a przy amunicji o masie 300 gr – nawet ponad 1600 m. Specjalne pociski monolityczne (takie jak np. pocisk LM 105) pozwalają na celne strzelanie na dystansie większym niż 2000 m! Ważną zaletą broni w kalibrze .338 Lapua Magnum, w porównaniu z .408 CheyTac i .50 BMG jest ok. dwukrotnie mniejsza masa broni wynosząca zazwyczaj ok. 6 kg (w porównaniu z 10–15 kg). Pociski kalibru .338 Lapua Magnum przebijają osłony balistyczne typu III oraz typu IV (na małej i średniej odległości).

Kaliber .300 Winchester Magnum jest rozpowszechniony w siłach specjalnych kilku krajów Europy Zachodniej oraz popularny wśród myśliwych polujących na grubego zwierza. Parametry balistyczne tego kalibru plasują go pomiędzy kalibrem .308 W a .338 LM. Umożliwia on skuteczne prowadzenie ognia na dystansie do ok. 1100 m. Charakteryzuje się bardzo dobrą celnością. Ponieważ łuski naboju kal. .300 Winchester Magnum mają opasanie, więc są trudne do ponownej elaboracji.

Kaliber .408 CheyTac, pomimo stosunkowo małego rozpowszechnienia, jest już kalibrem niemal kultowym. Zapewnia on możliwość prowadzenia celnego ognia na odległości do 2000 m. Pociski mają bardzo dużą energię i małe znoszenie od wiatru. Poważną wadą jest wysoka cena amunicji i niewielka trwałość lufy. Broń w kalibrze .408 CheyTac nadaje się głównie do prowadzenia ognia na dużą i bardzo dużą odległość. Przy strzelaniu na odległość mniejszą jej atutem jest duża energia pocisku i niezła przebijalność. Trzeba jednak pamiętać, że typowe dla tego kalibru pociski monolityczne nie są absolutnie substytutem pocisków przeciwpancernych; dopiero zastosowanie pocisków przeciwpancernych prowadzi do uzyskania dużej przebijalności opancerzenia.

Kaliber .50 BMG jest owiany legendami sławiącymi jego skuteczność, potwierdzonymi rekordowym strzałem Roba Furlonga, który trafił przeciwnika z odle-

głości 2430 m. Nie jest to jednak w rzeczywistości wymarzony kaliber snajperski. Kaliber .50 BMG powstał bowiem z myślą o broni maszynowej i typowa amunicja wojskowa nie ma wcale nadzwyczajnie dobrych osiągnięć balistycznych. Od pewnego jednak czasu jest produkowana amunicja precyzyjna (np. z pociskami 750 gr Hornady A-Max), która doskonale nadaje się do stosowania w broni snajperskiej. Podstawowym zastosowaniem broni w kalibrze .50 BMG jest nadal niszczenie celów znajdujących się za zasłonami i lekko opancerzonych, szczególnie przy użyciu pocisków wielofunkcyjnych, takich jak Mk. 211 Raufoss. Poważnymi wadami broni snajperskiej kalibru .50 BMG są: duża masa, duża głośność, bardzo duża energia gazów wylotowych demaskująca stanowisko strzeleckie poprzez podnoszenie kurzu i ruch roślinności. Użytkując broń kalibru .50 BMG, trzeba pamiętać, że istnieje wiele typów amunicji wojskowej o bardzo różniących się parametrach balistycznych. Przy strzelaniu na dużą odległość, poszczególne rodzaje amunicji wymagają bardzo różnych nastaw celownika.

Reasumując, wydaje się, że do zastosowań policyjnych najbardziej uniwersalnym kalibrem jest kaliber .308 Winchester. Jeśli istnieje prawdopodobieństwo wykorzystania snajpera na odległości większej niż 400–600 m (co może mieć miejsce na lotnisku czy w akcjach prowadzonych w warunkach brzegowych lub morskich), należy rozważyć użytkowanie karabinów w kalibrze .338 Lapua Magnum. Popularny w USA kaliber .300 Winchester Magnum ustępuje kalibrowi .338 Lapua Magnum i nie zastępuje go w pełni.

W zastosowaniach wojskowych wszystkie omawiane kalibry znajdują dla siebie właściwe miejsce. Wojsko z natury rzeczy prowadzi akcje w bardzo różnym terenie, na różnej odległości i często musi zwalczać cele lekko opancerzone. Ważna jest więc mobilność i możliwość indywidualnego przenoszenia dużej ilości amunicji. Tym niemniej, jako najbardziej uniwersalny w zastosowaniach wojskowych można chyba uznać kaliber .338 Lapua Magnum, gdyż przy dużej efektywności pocisków, broń i amunicja zachowują niewielką masę.

## 9. Błędy i ich skutki

W celu ukazania wpływu poszczególnych czynników na błędy powodujące przesunięcie punktu trafienia w stosunku do punktu celowania zostały wykonane obliczenia balistyczne dla popularnego pocisku kal. .308 typu Lapua Silver Jacket 185 gr. Przyjęto, że pocisk ten ma prędkość wylotową  $V_0 = 790$  m/s i współczynnik balistyczny  $BC = 0,547$ . Przyjęto również, że broń jest przystrzelana w temperaturze  $t = 15^\circ\text{C}$ , przy ciśnieniu barometrycznym  $p = 997,5$  hPa i wilgotności względnej  $w = 78\%$ . Symulacje zostały wykonane dla dwóch odległości: 200 m i 600 m. Pierwsza odległość jest typową górną granicą dla snajperów policyjnych, a druga – dla snajperów wojskowych (dla kalibru .308 Winchester).

Wpływ poszczególnych czynników jest pokazany na rysunkach tarczy o wymiarach  $100 \times 100$  cm. Kolorem czerwonym zaznaczono średni punkt trafienia w tarczę umieszczoną w odległości 200 m, a kolorem zielonym – w odległości 600 m. Gdyby nie popełniono żadnych błędów w celowaniu, to średnie punkty trafienia w obu przypadkach pokrywałyby się z „centralną dziesiątką”, czyli ze środkiem tarczy. Bardzo dobry karabin snajperski, z właściwie dobraną amunicją, przy idealnych warunkach strzelania powinien zapewnić skupienie wynoszące ok. 0,5 MOA (czyli 30 mm) na dystansie 200 m i ok. 0,6–0,75 MOA (czyli 10–135 mm) na dystansie 600 m.

Zła ocena któregoś z czynników wpływających na tor lotu pocisku oraz zmiany parametrów pocisku prowadzą jednak do przesunięcia średniego punktu trafienia w stosunku do punktu celowania. Na kolejnych rysunkach jest poglądowo przedstawiony wpływ poszczególnych błędów na punkt trafienia.

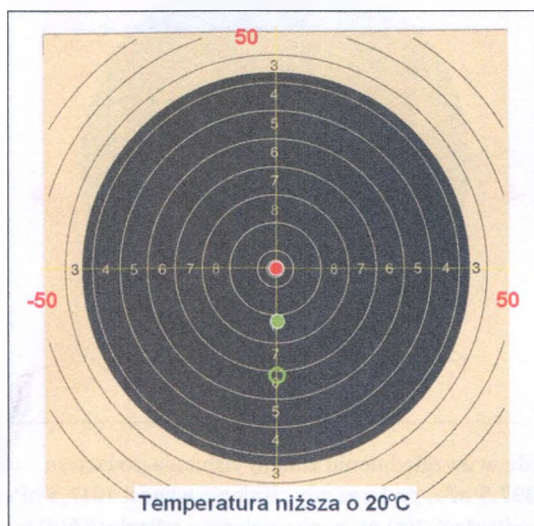


Rys. 9.1. Wpływ błędu w ocenie odległości (poprawkę określono dla 200 m zamiast dla 220 m – punkt czerwony i dla 600 m zamiast 620 m – punkt zielony)

Na rysunku 9.1 jest przedstawiona sytuacja, gdy rzeczywista odległość od celu wynosi odpowiednio 220 m i 620 m zamiast przyjętych podczas nastawiania celowników odległości 200 m i 600 m. Jak wynika z rysunku, przy strzelaniu na dystansie 200 m pocisk uderzy 3,2 cm poniżej punktu celowania, a przy strzelaniu na dystansie 600 m – aż o 17,9 cm niżej. O ile w większości przypadków uchyb wynoszący 3 cm można zaakceptować, to już uchyb wynoszący 18 cm może mieć poważne konsekwencje.

Na rysunku 9.2 jest przedstawiona sytuacja, w której zastosowano nastawy odpowiednie dla temperatury 15°C, podczas gdy w rzeczywistości panuje temperatura -5°C. Błąd w ocenie temperatury o 20°C nie powoduje praktycznych konsekwencji na dystansie 200 m, ale na dystansie 600 m powoduje już obniżenie punktu trafienia o 11,3 cm. Trzeba zaznaczyć, że w powyższym przykładzie nie został uwzględniony wpływ temperatury na prędkość wylotową pocisku i ewentualne przesunięcie punktu trafienia spowodowane innymi drganiami lufy. Ponieważ obniżenie temperatury prochu powoduje zmniejszenie prędkości wylotowej i zwiększenie gęstości powietrza, więc oba te czynniki działające jednocześnie zwiększają uchyb. Można szacować, że dla odległości 600 m przy uwzględnieniu zmniejszenia prędkości wylotowej pocisku o 10 m/s obniżenie punktu trafienia wyniesie w rzeczywistości ok. 22 cm.

Na rysunku 9.3 jest przedstawiony wpływ błędu w uwzględnieniu wilgotności powietrza. Jak wynika z rysunku zarówno dla odległości 200 m, jak i 600 m jest on pomijalnie mały (mniejszy niż 0,5 cm).



**Rys. 9.2.** Wpływ błędu w uwzględnieniu temperatury powietrza – celownik wyregulowany do temperatury 15°C, podczas gdy panuje temperatura -5°C (punkt czerwony – odległość 200 m; punkt zielony wypełniony – odległość 600 m bez uwzględnienia zmniejszenia prędkości wylotowej pocisku; okrąg zielony, niewypełniony – odległość 600 m z przybliżonym uwzględnieniem zmniejszenia prędkości wylotowej)





**Rys. 9.3.** Wpływ błędu w uwzględnieniu wilgotności powietrza – celownik wyregulowany do wilgotności 78%, podczas gdy wilgotność wynosi 18% (punkt czerwony – odległość 200 m, punkt zielony – odległość 600 m)



**Rys. 9.4.** Wpływ błędu w uwzględnieniu zmiany ciśnienia powietrza – celownik wyregulowany dla ciśnienia 997,5 hPa, podczas gdy ciśnienie wynosi 1017,5 hPa (punkt czerwony – odległość 200 m, punkt zielony – odległość 600 m)

Na rysunku 9.4 jest ukazany wpływ ciśnienia powietrza wynikający z sytuacji barycznej. Jak wynika z rysunku, na dystansie 200 m wpływ jest pomijalnie mały, na dystansie 600 m nieskorygowany wzrost ciśnienia barometrycznego o 20 hPa powoduje obniżenie punktu trafienia o ok. 2,5 cm.

Na rysunku 9.5 jest przedstawiony uchyb wynikający z nieuwzględnienia wysokości, na jakiej jest oddawany strzał. Broń jest przystrzelana dla wysokości 0 m n.p.m., podczas gdy strzał jest oddany na wysokości 1500 m n.p.m. Niższe ciśnienie powietrza, a co za tym idzie – mniejsza gęstość powietrza powoduje zmniejszenie oporu powietrza, a w konsekwencji wyższe układanie się punktów trafienia. Dla odległości 200 m uchyb wynosi jedynie 0,5 cm, ale dla odległości 600 m zwiększa się już do 22,5 cm.

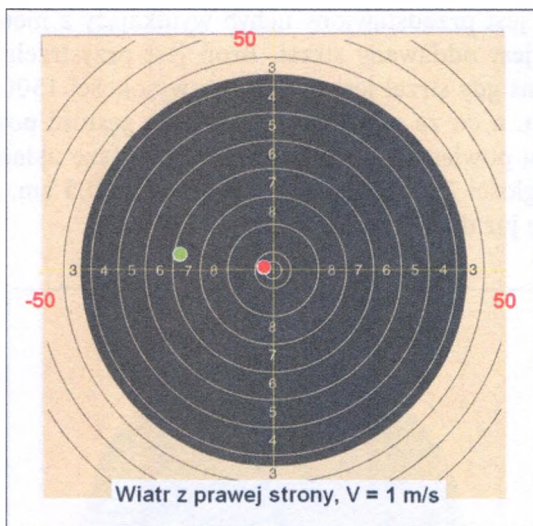


**Rys. 9.5.** Wpływ błędu w uwzględnieniu zmiany ciśnienia powietrza wynikającej ze zmiany wysokości nad poziomem morza – celownik wyregulowany dla wysokości 0 m n.p.m., podczas gdy strzał jest oddawany na wysokości 1500 m n.p.m. (punkt czerwony – odległość 200 m, punkt zielony – odległość 600 m)

Na rysunku 9.6 są przedstawione uchyby będące wynikiem pominięcia poprawki na wiatr wiejący z prawej strony z prędkością 1 m/s. Wiatru takiego można łatwo nie zauważyć, a jego wpływ jest już dość istotny dla odległości 600 m, gdy pocisk zostaje odchyłony o 20,5 cm. Przy odległości strzelania 200 m uchyb wynosi jedynie ok. 2 cm.

Na rysunku 9.7 jest ukazany wpływ pominięcia kąta, pod jakim cel znajduje się w stosunku do poziomu. Przedstawiony jest przypadek, w którym cel znajduje się w górze, pod kątem  $10^\circ$ , a odległość jest oceniana poprzez bezpośredni pomiar. Dla odległości 200 m uchyb wynosi jedynie 0,5 cm, ale dla odległości 600 m zwiększa się on do 6 cm.

Na rysunku 9.8 jest przedstawiony wpływ braku wyprzedzenia związanego z ruchem celu przemieszczającego się ze strony lewej na prawą z prędkością „spacerową” wynoszącą 2 km/h. Dla odległości 200 m uchyb wynosi 14 cm, a dla odległości 600 m wynosi on aż 45,5 cm.



**Rys. 9.6.** Wpływ błędu polegającego na nieuwzględnieniu wiatru bocznego wiejącego z prawej strony z prędkością 1 m/s (punkt czerwony – odległość 200 m, punkt zielony – odległość 600 m)



**Rys. 9.7.** Wpływ nieuwzględnienia kąta o wartości  $10^\circ$  w górę, pod jakim znajduje się cel (punkt czerwony – odległość 200 m, punkt zielony – odległość 600 m)

Na rysunku 9.9 jest ukazany wpływ błędów w określeniu prędkości pocisków na ich tor lotu. Jeśli pocisk opuści lufę z prędkością 800 m/s, a nie 790 m/s, dla jakiej przystrzelano karabin, to przesunięcie pionowe punktu trafienia wyniesie dla odległości 200 m ok. 0,5 cm, a dla odległości 600 m – ok. 9,5 cm.



Rys. 9.8. Wpływ nieuwzględnienia ruchu celu, który porusza się z prędkością  $2 \text{ km/h}$  (spacer) z lewej strony na prawą (punkt czerwony - odległość  $200 \text{ m}$ , punkt zielony - odległość  $600 \text{ m}$ )



Rys. 9.9. Wpływ prędkości pocisku zwiększonej o  $10 \text{ m/s}$  (punkt czerwony - odległość  $200 \text{ m}$ , punkt zielony - odległość  $600 \text{ m}$ )

Na rysunku 9.10 jest przedstawiony wpływ nieznacznie zmniejszonego współczynnika balistycznego  $BC$  z wartości  $0,547$  do  $0,540$ , jaki może mieć miejsce przy lekkim uszkodzeniu pocisku. W wyniku takiego uszkodzenia pociski wystrzelone na odległość  $600 \text{ m}$  będą się układać o ok.  $2 \text{ cm}$  poniżej punktu celowania.



Rys. 9.10. Wpływ różnic we współczynniku balistycznym (punkt czerwony - odległość 200 m, punkt zielony - odległość 600 m)

Trzeba jednak zdawać sobie sprawę, że silne uszkodzenie pocisku (np. zgniecenie wierzchołka w wyniku złego wejścia do komory naboju) może doprowadzić do znacznie większych zmian współczynnika  $BC$ .

## 10. Strzelanie na bardzo dużą odległość

Jednym z częstych błędów popełnianych przez strzelców taktycznych zaczynających swoją przygodę ze strzelaniem długodystansowym jest przekonanie, że będą w stanie uzyskiwać rezultaty tak dobre, jak uzyskują, strzelając na małą i średnią odległość. Rozumowanie jest następujące: skoro na dystansie 100 m ja i mój karabin uzyskujemy skupienie ok. 0,5 MOA (15 mm), podobnie na 300 m – ok. 0,6 MOA (55 mm), to zapewne na dystansie 1200 m uzyskamy ok. 0,7–0,8 MOA, czyli 25–30 cm. Takie przewidywania są oparte na założeniu, że efekt wszystkich popełnianych błędów jest z grubsza proporcjonalny do odległości. Niestety, przekonanie to jest błędne.

Większość błędów i zakłóceń, które powodują, że statystycznie pocisk trafia obok punktu celowania, ma charakter bardzo progresywny w stosunku do odległości. Tak więc zakłócenie zupełnie nieistotne przy małej odległości strzelania staje się katastrofalne przy odległości dużej.

Popełnienie błędu w ocenie odległości o 10 m dla kalibru .338 Lapua Magnum będzie zupełnie bez znaczenia przy strzale na 100 m (uchyby wyniesie mniej niż 1 mm), ale przy strzale na 1000 m spowoduje już uchyb wynoszący 20 cm, czyli 200 razy większy. Podobnie jest z wpływem wiatru. Jeśli pominiemy korekcję na wiatr boczny o prędkości 0,5 m/s (a to jest wiatr wręcz niemożliwy do wycucia), to przy dystansie 100 m uchyb wyniesie 2 mm, a przy dystansie 1000 m – wzrośnie już do 22 cm. Oczywiście do tego dochodzą uchyby związane z celowaniem, złożeniem, amunicją itp. W sumie więc popełniając minimalny błąd w ocenie odległości i wiatru, strzelając na dystansie 1000 m, musimy się liczyć z uchybem maksymalnym przynajmniej 30 cm. Taki uchyb nie daje już gwarancji trafienia w sylwetkę człowieka, jakkolwiek prawdopodobieństwo sukcesu jest nadal duże. Gdyby jednak prowadzić ogień na dystansie 1400 m (czyli na maksymalnym zalecany dystansie dla broni kal. .338 LM), to uchyb spowodowany błędem w ocenie odległości wyniesie 32 cm, a w ocenie wiatru aż 50 cm; całkowity uchyb maksymalny może wynieść ponad 0,6 m, co poważnie zmniejsza prawdopodobieństwo trafienia.

Jak więc zwiększyć szanse na trafienie w cel na dystansie większym niż 1000 m? Odpowiedź jest prosta – wszystko musi być perfekcyjne, a dodatkowo jeszcze przyda się mały łut szczęścia (i niezmienny wiatr w trakcie lotu pocisku).

Amunicja użyta do strzelania na dużą odległość musi być najwyższej jakości. Nie zaszkodzi kontrolne zważenie nabojów i wyeliminowanie tych, których waga różni się najbardziej od pozostałych nabojów. Można też dokonać selekcji pod względem długości nabojów. Trzeba koniecznie dokładnie obejrzeć pociski, sprawdzić, czy nie mają skaz, spłaszczonego wierzchołka lub czy nie są pokryte nalotem. W miarę możliwości amunicję należy ładować do komory ręcznie, bez korzystania z magazynka, co ochroni wierzchołek pocisku przed uszkodzeniem (szczególnie ważne w broni samopowtarzalnej). Lufa karabinu powinna być czysta, niepokryta smarem. Dobrze, jeśli po czyszczeniu zostaną oddane dwa lub trzy strzały, które wylały śladowe ilości oleju pozostającego po czyszczeniu.

Przed oddaniem strzału należy **BARDZO DOKŁADNIE** określić odległość (najlepiej z dokładnością do 1–2 m) i ocenić wiatr. Koniecznie również, obliczając poprawki, należy uwzględnić wysokość nad poziomem morza (lub ciśnienie powietrza). Dobrze jest uwzględnić wpływ temperatury powietrza zarówno na prędkość wylotową, jak i na przebieg trajektorii. Celownik musi mieć całkowicie wyeliminowaną paralaksę.

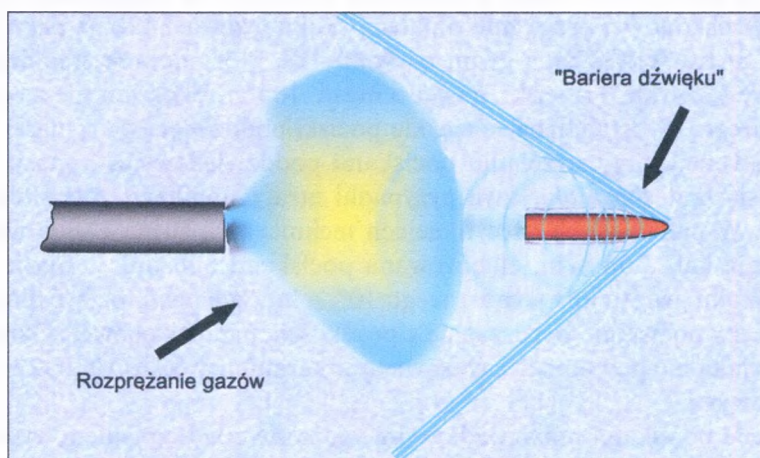
Sam proces oddawania strzału musi być wykonany szczególnie precyzyjnie. Bardzo dokładnie trzeba sprawdzić, czy broń jest ustawiona w odpowiedniej płaszczyźnie (ang. *canting*) i czy jest prawidłowo podparta o ramię. Policzek zawsze tak samo powinien dociskać bakę kolby. Płynny nacisk na język spustowy jest tak oczywisty, że nawet nie będę o nim wspominać w tym miejscu.

Jeśli wszystkie czynności zostały wykonane tak jak jest opisane powyżej, to szanse na oddanie celnego strzału będą większe. Oddając strzał, trzeba jednak zdawać sobie sprawę, że mogą wystąpić czynniki spoza naszej kontroli i spoza naszej świadomości. Nawet najlepiej oszacowany wiatr może się zmienić, a nabój, który wykorzystujemy, może mieć wady, o których nie wiemy, pomimo skrupulatnej selekcji. Tak więc należy być przygotowanym na konieczność oddania kolejnego strzału, jeśli warunki taktyczne na to pozwolą.

Z tego powodu niezwykle ważne jest, aby obserwator i snajper starali się dostrzec punkt trafienia. Pozwoli to na szybkie wprowadzenie poprawki i oddanie drugiego, celniejszego strzału. Ponieważ pocisk leci do celu znajdującego się w odległości 1000 m przez ponad 1,5 s, więc strzelec ma szansę zaobserwować punkt upadku pocisku, jeśli broń jest dobrze wyważona i właściwie podparta. Analizując punkt upadku pocisku, cały czas trzeba pamiętać, że na dużej odległości tor lotu jest bardzo stromy. Nie powinno więc nas zaskoczyć, że pocisk zaraz za celem uderzy w podłoże. Przy założeniu, że strzał z karabinu kal. .338 LM był oddany z odległości 1200 m do stojącego celu, ale ze względu na wiatr pocisk przeleciał obok i w widoczny sposób uderzył w podłoże, uderzenie to nastąpi ok. 40–50 m za celem. Z perspektywy snajpera patrzącego przez celownik będzie to uderzenie niemal „pod nogami” celu, z jego prawej lub lewej strony. Na tej podstawie nie można dokonać korekty pionowej! Można natomiast uściślić korektę boczną na wiatr, bo nie jest ona tak czuła na odległość i 50 m za celem będzie ona (liczona w miarach kątowych) właściwie bardzo nieznacznie większa niż dla odległości, w której cel się znajduje (oczywiście przy słabym wietrze, ale przy silnym, porywistym wietrze strzelanie na dużą odległość to loteria).

## 11. Strzelanie z amunicji poddźwiękowej

Amunicja poddźwiękowa jest stosowana wtedy, gdy konieczne jest oddanie strzału z tłumikiem w celu maksymalnego ograniczenia hałasu. Podczas oddawania strzału z broni palnej, której pociski przekraczają prędkość dźwięku, pojawiają się dwa istotne źródła hałasu (rys. 11.1): gwałtowne rozprężanie się gazów opuszczających lufę i fala uderzeniowa związana z tzw. stożkiem (barierą) dźwięku. O skali zjawisk występujących podczas przekraczania bariery dźwięku może świadczyć rys. 11.2, na którym widać samolot przekraczający prędkość dźwięku (fala uderzeniowa rozprzestrzenia się poza obłokiem pary wodnej wykroplonej z powodu dużego podciśnienia).



Rys. 11.1. Źródła hałasu podczas strzału



Rys. 11.2. Przekraczanie bariery dźwięku przez samolot F18 Hornet [autor zdjęcia: John Gay, U.S. Navy]

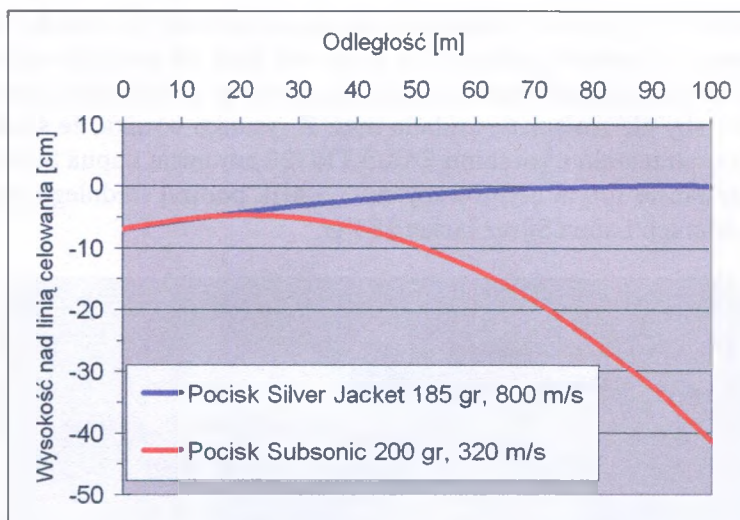


Tłumiki instalowane na wylocie przewodu lufy mogą bardzo efektywnie złagodzić szybkie rozprężanie się gazów prochowych i przez to znacznie zmniejszyć poziom hałasu generowanego przez te gazy. Tłumik nie może niestety zmniejszyć hałasu związanego z falą uderzeniową wytworzoną przez pocisk poruszający się z prędkością większą od prędkości dźwięku (tzn. ponad 340 m/s). Jeśli więc strzał ma być bardzo cichy, to trzeba zastosować amunicję poddźwiękową, często nazywaną *subsonic*. Ponieważ jednak energia pocisku jest proporcjonalna do kwadratu jego prędkości oraz do masy, więc znaczne zmniejszenie prędkości wylotowej bardzo zmniejsza energię pocisku. Aby częściowo zrekompensować tę stratę, pociski poddźwiękowe mają zazwyczaj masę większą od pozostałych pocisków.

Niestety, zwiększanie masy pocisku jest ograniczone możliwością jego stabilizacji żyroskopowej przez lufę o danym skoku gwintu. I tak na przykład lufa karabinu SAKO TRG22 ma gwint o skoku 11", który dobrze stabilizuje naddźwiękowe („zwykłe”) pociski, nawet o masie 185 gr. Skok ten nie zawsze jednak wystarcza, by ustabilizować ciężkie pociski poddźwiękowe o masie 200 gr. W konsekwencji, przy strzelaniu pociskami poddźwiękowymi o masie 200 gr zdarzają się tzw. *skośniaki*, czyli przypadki utraty stabilizacji i koziółkowania pocisków. W najnowszych specyfikacjach technicznych firma Lapua wskazuje, że amunicja kal. .308 Win. elaborowana pociskami Subsonic o masie 200 gr wymaga skoku gwintu lufy wynoszącego 10", a lufa nie powinna być dłuższa niż 450 mm (aby pocisk nie poruszał się z prędkością naddźwiękową). Oznacza to, że amunicja ta nie powinna być stosowana w karabinach SAKO TRG22 z lufami standardowymi.

Strzelanie pociskami poddźwiękowymi wiąże się z wystąpieniem wielu specyficznych zjawisk. Najważniejsze z nich są omówione poniżej.

- Założenie ciężkiego tłumika na wylot lufy powoduje znaczne zmiany wyważenia broni oraz charakterystyki drgań lufy. W konsekwencji, biorąc dodatkowo pod uwagę dłuższy czas pobytu pocisku w lufie, jaki występuje pomiędzy zainicjowaniem strzału a wylotem pocisku, w istotny sposób zmienia się punkt trafienia pocisku w cel. Nie chodzi jednak o wpływ mniejszej prędkości na trajektorię lotu, a o wpływ masy tłumika i czasu przebywania w lufie na kierunek, w którym pocisk opuszcza lufę. Może się więc zdarzyć, że punkt trafienia przesunie się zdecydowanie w dół i na przykład w prawo lub lewo, nawet na niewielkim dystansie 50 czy 100 m. Tak więc konieczne jest albo nowe przystrzelanie broni (na dystansie nie większym niż 100 m), albo wprowadzenie odpowiednich korekt do ustawień celownika („nowe zero”).
- Ze względu na mniejszą prędkość wylotową i większą masę, pociski po wylocie z lufy poruszają się po innej trajektorii niż pociski naddźwiękowe. Trzeba to uwzględnić przy określaniu poprawek związanych z odległością. Pociski poddźwiękowe lecą po znacznie bardziej stromym torze i przez to punkt trafienia bardziej zależy od odległości strzału. Przybliżone dane o trajektorii typowego pocisku Lapua Subsonic 200 gr znajdują się na rys. 11.3.



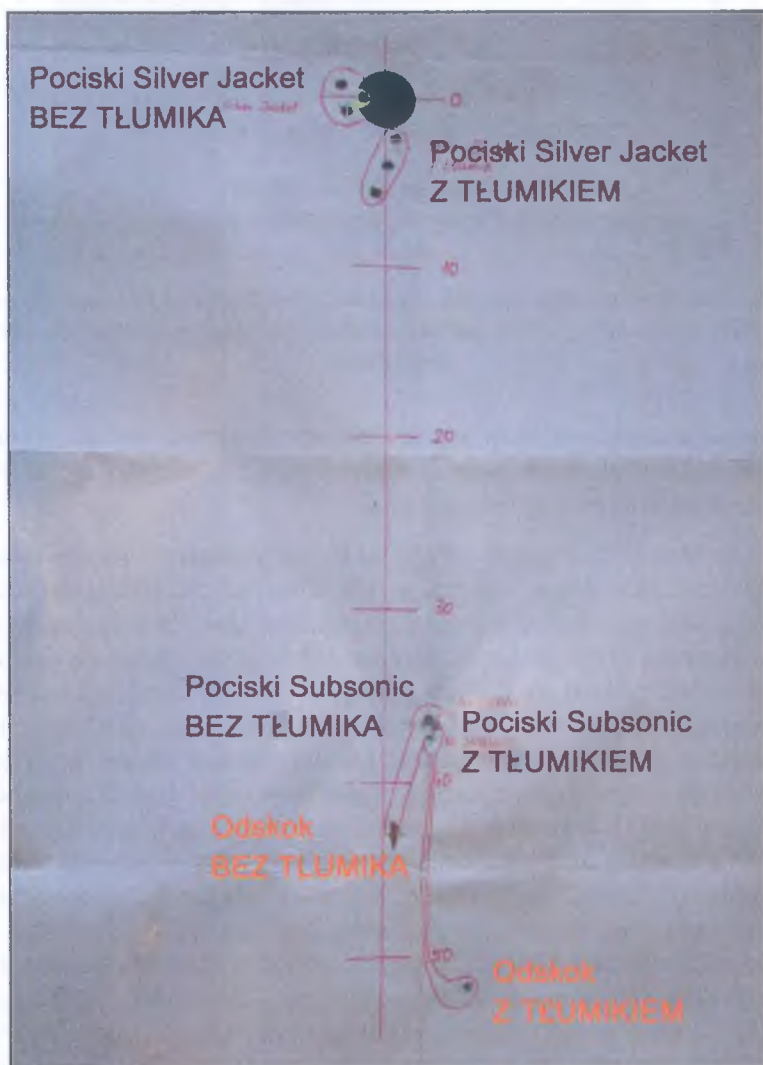
Rys. 11.3. Trajektoria pocisku kal. .308 Lapua Subsonic 200 gr na tle trajektorii pocisku Lapua Silver Jacket 185 gr; broń jest przystrzelana na odległości 100 m dla pocisków Silver Jacket

- Ponieważ energia pocisków poddźwiękowych jest znacznie mniejsza niż pocisków naddźwiękowych, więc zarówno przebijalność, jak i zdolności obalające tych pocisków są wyraźnie gorsze.

Na marginesie należy zwrócić uwagę na to, że broń strzelająca pociskami dużego kalibru (np. .338 Lapua Magnum, .408 CheyTac, .50 BMG) wyrzuca z lufy bardzo dużą ilość gazów pod wysokim ciśnieniem. Gazy te mogą zdemaskować pozycję zajmowaną przez snajpera, gdyż powodują podnoszenie się chmury pyłu, śniegu i falowanie drobnej roślinności w promieniu nawet 2 m. Jeśli jest taka możliwość, to przygotowując stanowisko, należy odgarnąć materiały, które mogłyby być podniesione przez podmuch gazów. Można również osłonić podłoże siatką maskowniczą do niego przytwierdzoną. Niekiedy w celu ograniczenia podmuchu są stosowane tłumiki hałasu powodujące łagodne rozprężenie gazów prochowych. Zastosowanie tłumika przy strzelaniu amunicją naddźwiękową tylko częściowo eliminuje hałas wystrzału, gdyż pocisk po wylocie z lufy generuje falę uderzeniową występującą zawsze po przekroczeniu bariery dźwięku.

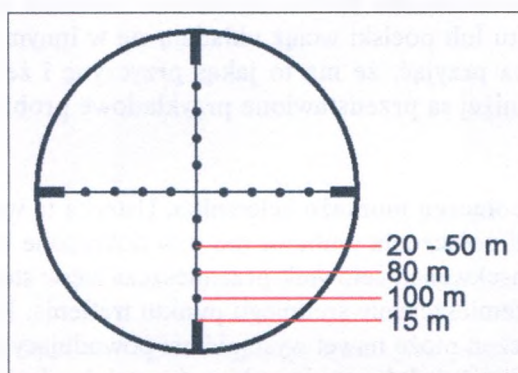
Po założeniu tłumika ZAWSZE, w mniejszym lub większym stopniu, przesuwają się punkty trafienia, co wymaga skorygowania „zera” (rys. 11.4). Jest to spowodowane wpływem masy tłumika na podrzut broni oraz na drgania lufy. Wpływ tłumika na prędkość wylotową jest natomiast nieznaczny i przy strzelaniu na niewielką odległość może być pominięty. Jak wynika z rysunku 11.4, w badanym karabinie SAKO TRG22 przy strzelaniu amunicją Lapua Silver Jacket założenie tłumika powoduje przesunięcie średniego punktu trafienia o ok. 4 cm w dół (0,4 MIL) oraz 2 cm w prawo (0,2 MIL). Przy strzelaniu amunicją Subsonic przesunięcie jest na-

tomiaś bardzo nieznaczne. Wpływ tłumika przedstawiony na rysunku nie może być traktowany w sposób ogólny, gdyż może być inny dla każdego egzemplarza broni. Jeśli tłumik jest cyklicznie zdejmowany, to trzeba go zakładać zawsze w ten sam sposób, aby nie zmieniać rozkładu mas. Z rysunku wynika, że średni punkt trafienia przy strzelaniu z karabinu SAKO TRG22 amunicją Lapua Subsonic 200 gr jest na dystansie 100 m usytuowany ok. 3,7 MIL poniżej średniego punktu trafienia dla amunicji Lapua Silver Jacket 185 gr.



Rys. 11.4. Położenie punktu trafienia przy strzelaniu amunicją naddźwiękową i poddźwiękową bez tłumika i z tłumikiem (karabin SAKO TRG 22, amunicja kal. .308 Silver Jacket 185 gr oraz Subsonic 200 gr, odległość 95 m, podziałka pionowa na rysunku jest podana w centymetrach)

Na rysunku 11.3 zobrazowano również problem utraty stabilizacji pocisków Subsonic 200 gr wystrzelonych z luf karabinów SAKO TRG21/22 mających skok gwintu wynoszący 11". Zarówno przy strzelaniu bez tłumika, jak i z tłumikiem zaobserwowano bardzo duże „odskoki” pocisków. Odskok uzyskany bez tłumika miał przestrzelinę o charakterystycznym, wydłużonym kształcie odpowiadającym bocznemu obrysowi pocisku, co wskazuje na to, że pocisk leciał bokiem. Odskok uzyskany z tłumikiem miał co prawda przestrzelinę o kształcie okrągłym, ale był jeszcze bardziej odległy od punktu trafienia pozostałych pocisków. Biorąc pod uwagę odległość i doświadczenia uzyskane podczas innych strzałów, można spekulować, że w przypadku tego odskoku pocisk zdążył odwrócić się tyłem do przodu i uderzył w tarczę częścią denną.



**Rys. 11.5.** Przykładowe poprawki przy strzelaniu z amunicji kal. .308 Lapua Subsonic 200 gr z karabinu przystrzelanego na odległości 100 m amunicją Lapua Silver Jacket 185 gr

Amunicja poddźwiękowa jest stosowna sporadycznie, dlatego przystrzeliwanie broni specjalnie do niej jest niepraktyczne. Zazwyczaj korzystniej jest przystrzelana broń do typowej dla danej formacji amunicji naddźwiękowej, a w przypadku konieczności użycia tłumika i amunicji poddźwiękowej – niezbędne korekcie odkładać na siatce celowniczej. Na rysunku 11.5 są przedstawione poprawki uzyskane dla karabinu Sako TRG22 przystrzelanego do amunicji .308 Lapua Silver Jacket 185 gr. Poprawki te należy uznać za orientacyjne, gdyż każdy karabin może inaczej reagować na zmianę amunicji ze względu na właściwe sobie drgania lufy. Zanim więc zostanie podjęta decyzja o przyjęciu proponowanych poprawek, należy je zweryfikować, oddając strzały przynajmniej na dystansie 100 m i ok. 40 m.

## 12. Rozwiązywanie problemów

Czasem podczas strzelania zdarza się, że uzyskane rezultaty znacznie odbiegają od spodziewanych. Sytuacje takie przytrafiają się zarówno strzelcom niedoświadczonym, jak i strzelcom z bardzo dużym doświadczeniem i nie mogą być lekceważone, zgodnie z zasadą „może jutro będzie lepiej”. Zjawisko strzału to swoista mieszanka zjawisk deterministycznych (w których przyczyna powoduje jednoznacznie przewidywalny skutek) i zjawisk probabilistycznych (losowych). Z pewnym uproszczeniem można powiedzieć, że zjawiska probabilistyczne powodują określony rozrzut pocisków<sup>82</sup>, z którym trzeba się pogodzić, a zjawiska deterministyczne poważnie zwiększają ten rozrzut lub odsuwają średni punkt trafienia od punktu celowania. Jeśli więc rozrzut zwiększa się w stosunku do „typowego” rozrzutu lub pociski wciąż układają się w innym miejscu niż przewidywane, to trzeba przyjąć, że ma to jakąś przyczynę i że trzeba ją wykryć i wyeliminować. Poniżej są przedstawione przykładowe problemy i możliwe ich przyczyny.

- **Rozluźnienie połączeń montażu celownika.** Usterka ta występuje stosunkowo często, jeśli połączenia śrubowe nie były dokręcone we właściwym momencie. W konsekwencji celownik przemieszcza się w stosunku do osi lufy, powodując przemieszczenie średniego punktu trafienia. Przy większym rozluźnieniu połączeń może nawet wystąpić luz powodujący znaczne zwiększenie rozrzutu. Stopień dokręcenia połączeń powinien być cyklicznie kontrolowany (za pomocą klucza dynamometrycznego). Jeśli połączenia wymagają dokręcenia, to konieczne jest ponowne przystrzelenie broni.
- **Rozluźnienie mocowań pokręteł regulacyjnych.** Większość celowników optycznych jest wyposażonych w pokrętła regulacyjne, których pozycję w stosunku do mechanizmu regulacyjnego można zmieniać, po zluźnieniu jednego lub kilku wkrętów ustalających. Dzięki temu pokrętła można ustawić po przystrzeleniu broni w pozycji 0. Jeśli wkręty te ulegną przypadkowemu odkręceniu, to obracanie pokrętłem nie powoduje synchronicznego przesuwania mechanizmu regulacji. W konsekwencji rzeczywiste ustawienie mechanizmu regulacji jest inne niż wynika to z położenia pokręteł i średni punkt trafienia nie odpowiada punktowi celowania. Często, pomimo kręcenia pokrętłem, ustawienie celownika się nie zmienia. Usterkę taką można w wielu celownikach rozpoznać po tym, że pokręcanie pokrętłami nie powoduje „klikania” mechanizmu. Prawidłowe wyeliminowanie usterki wymaga dokonania przystrzelenia broni i ponownego zablokowania pokrętła w położeniu zerowym. W warunkach polowych, jeśli usterka została zauważona natychmiast po jej wystąpieniu, można spróbować ostrożnie cofnąć pokrętło do pozycji, jaką miało ono przed podjęciem próby zmiany nastaw i zabloko-

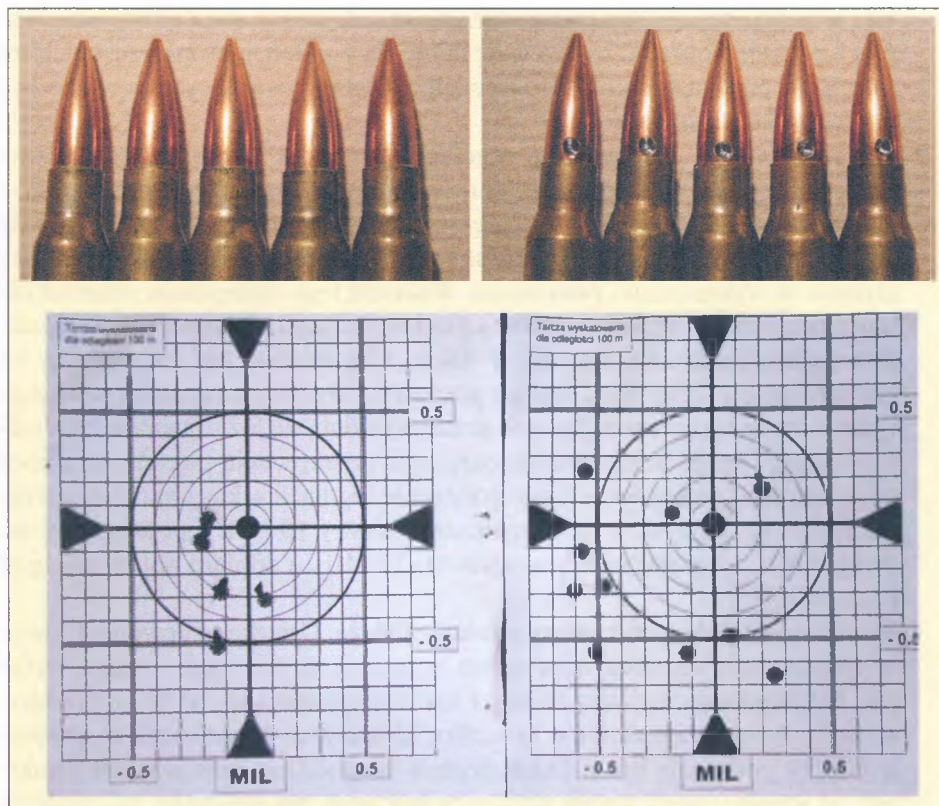
<sup>82</sup> Rozrzut ten jest w miarę stały dla danego strzelca, broni i amunicji.

wać je w tej pozycji. Postępowanie takie może, ale nie musi przywrócić właściwą pozycję pokrętła, trzeba więc liczyć się z potencjalnym przesunięciem średniego punktu trafienia. Dokręcenie wkrętów ustalających powinno być cyklicznie kontrolowane.

- **„Przymarznienie” mechanizmu regulacji celownika.** W niektórych celownikach, szczególnie nowych, oraz w niskich temperaturach mechanizm regulacyjny ma tak duże opory, że sprężynki dociskające tubus wewnętrzny do trzpieni pokręteł regulacyjnych nie są w stanie ich pokonać i tubus nie podąża płynnie za wykręcanymi pokrętłami. Wskutek tego odkręcaniu pokręteł nie towarzyszy proporcjonalna zmiana punktu trafienia. Strzelec ma wrażenie, że regulacja pokrętła nie przynosi efektu, albo że efekt ten jest mniejszy od zamierzonego. Czasem odrzut po pierwszym strzale po regulacji powoduje wykasowanie luzu i wtedy kolejne strzały układają się już prawidłowo. Wyeliminowanie usterki polega na wielokrotnym przekręceniu pokrętła od oporu do oporu oraz na każdorazowym kończeniu regulacji w kierunku dokręcania pokrętła. Na przykład w celu uzyskania nastawy 10 MIL z początkowej nastawy 5 MIL najpierw należy ustawić 11–12 MIL, a dopiero potem dokręcić do 10 MIL<sup>83</sup>.
- **Rozluźnienie połączeń komory zamkowej i łoża.** Usterka ta powoduje znaczne zwiększenie rozrzutu oraz często przesunięcie średniego punktu trafienia. Do uzyskania wysokiej celności karabinu konieczne jest pewne osadzenie lufy z komorą zamkową w łożu. Skutkiem zmian w osadzeniu są bowiem zmiany w podrzucie broni i inne drgania zespołu lufy oraz komory zamkowej, w wyniku czego pocisk opuszcza lufę w innym kierunku niż miało to miejsce podczas przystrzelania broni.
- **Złe wyważenie pocisków.** Strzelanie pociskami niewyważonymi powoduje, że pocisk opuszczający lufę zmienia gwałtownie oś obrotu (z osi przechodzącej przez środek geometryczny na oś przechodzącą przez środek masy), co wiąże się z wystąpieniem impulsu skierowanego prostopadłe do kierunku lotu. Jeśli niewyważony jest pojedynczy pocisk, to jego punkt trafienia wyraźnie odsunie się od średniego punktu trafienia. Jeśli wszystkie pociski będą miały duże niewyważenia, to znacznie zwiększy się rozrzut pocisków (rys. 12.1).
- **Zmiana prędkości wylotowej pocisku.** Wpływ prędkości wylotowej pocisku jest szczególnie widoczny przy strzelaniu na dużą odległość. Punkty trafienia pocisków o większej prędkości wylotowej zazwyczaj<sup>84</sup> układają się wyżej niż punkty trafienia pocisków o mniejszej prędkości. Większa prędkość pocisków może być spowodowana niejednorodnością amunicji, uszkodzeniem amunicji polegającym na głębszym osadzeniu pocisku (np. w wyniku wystąpienia nadmiernego nacisku czy uderzenia przy przeładowywaniu) lub

<sup>83</sup> W przykładzie zakłada się, że przy zwiększaniu nastawy pokrętło wykręca się z obudowy.

<sup>84</sup> Drgania lufy mogą powodować również boczne odchylenia punktów trafienia, a przy bardzo małym sztywnych lufach – nawet odchyłki na dół.



**Rys. 12.1.** Układ przestrzelin dla niewyważonych pocisków kal. .308 Win.: z lewej strony - przestrzeliny uzyskane na dystansie 120 m przy strzelaniu pociskami bez modyfikacji; z prawej strony - przestrzeliny uzyskane pociskami, w których płaszczu bocznym były nawiercone otwory o średnicy 2,5 mm i głębokości 2 mm

nadmierną temperaturą naboju. Zbyt wysoka temperatura naboju może być skutkiem długotrwałego oddziaływania słońca na nabój lub długiego przebywania w silnie rozgrzanej komorze naboju. W miarę możliwości należy dbać o to, aby amunicja miała ustabilizowaną, niezbyt wysoką temperaturę. Jednym ze sposobów jest przechowywanie jej w dobrze izolowanych zasobnikach (rys. 12.2).

- **Nieprawidłowe złożenie podczas strzału.** Błąd strzelca powodujący przesuwanie się średniego punktu trafienia podczas kolejnych strzałów lub serii strzałów. Zmiana sposobu trzymania karabinu lub jego oparcia o ramię strzelca powoduje zmiany w podrzucie i odrzucie broni. Konsekwencją tego są zmiany w ustawieniu osi lufy w chwili, gdy pocisk opuszcza lufę. Przy wystąpieniu tego błędu następuje przesuwanie się średniego punktu trafienia w kolejnych seriach strzałów, jeśli pomiędzy seriami strzelec zmienił postawę (np. wstał i zszedł ze stanowiska strzeleckiego). Aby wykryć, czy nieprawi-



Rys. 12.2. Amunicja kal. .408 CheyTac przechowywana w dobrze izolowanym zasobniku produkcji firmy SpecOps

dłowe złożenie jest przyczyną problemów, należy zaobserwować, czy problemy z przesuwaniem punktu trafienia występują również wtedy, gdy poszczególne serie strzałów są wykonywane bez zmiany postawy. Jeśli zostanie zaobserwowany związek między zmianą postawy a przesunięciem punktu trafienia, to więcej uwagi należy poświęcić prawidłowemu składaniu się do strzału. Próby należy wykonywać bez zmiany nastaw celownika. Jeśli problemy występują tylko wtedy, gdy pomiędzy seriami były dokonywane zmiany nastaw (np. strzelanie na 600 m przeplatane strzelaniem na 900 m), to należy raczej przypuszczać, że przyczyną są problemy z powtarzalnością nastaw celownika.

- **Pozorne przesunięcie celu spowodowane mirażem.** Zjawisko, które może być odpowiedzialne za niecelne strzały nawet przy braku wiatru, zostało opisane szczegółowo w p. 7.4.2. Miraż powoduje pozorne przesunięcie celu w kierunku, w którym przemieszcza się nagrzane powietrze. Jeśli wpływ mirażu zostanie zignorowany, to w różnych dniach, a nawet w różnych porach dnia średni punkt trafienia będzie wypadać w różnych miejscach, powodując wrażenie, że „coś się zmienia w karabinie lub amunicji”. Prawdziwa przyczyna tkwi jednak w nieprawidłowym wycelowaniu broni, a nie w innej trajektorii pocisku. Silne nasłonecznienie prowadzi więc do podniesienia średniego punktu trafienia, bo pozornie cel na skutek mirażu jest wyżej niż w rzeczywistości. Nie są znane proste i niezawodne metody oceny oddziaływania mirażu. Pomocne w tym może być tylko duże doświadczenie.



Tabela 12.1. Diagnozowanie problemów

Objawy	Przyczyny związane z bronią	Przyczyny związane z celownikiem	Przyczyny związane z amunicją	Przyczyny związane ze strzelcem	Przyczyny związane z warunkami strzelania
Znacznie zwiększony rozrzut	zużyta lub uszkodzona lufa	luźny celownik	amunicja złej jakości lub uszkodzona	brak koncentracji	trudne warunki strzelania, słaba widoczność
	ogłędziny lufy (szczególnie w okolicy komory naboowej i koronki) za pomocą laparoskopu	sprawdzenie naciągu śrub mocujących celownik	wizualne sprawdzenie amunicji; próbne strzelanie amunicją z innej partii	przekazanie broni innemu strzelcowi w celu sprawdzenia rozrzutu	wykonanie strzelania kontrolnego w dobrych warunkach
	rozluźnienie połączenia lufy i komory zamkowej z łożem	uszkodzenia wewnętrzne celownika	pociski zbyt ciężkie dla danego skoku gwintu lufy przy danej gęstości powietrza	nieprawidłowe (zmiennne) złożenie	porywisty, zmienny wiatr
	sprawdzenie śrub mocujących	wykonanie testów celownika; zamiana celownika i dokonanie próbnego strzelania	wykonanie strzelania amunicją elaborowaną lżejszymi pociskami	wykonanie strzelania po zmianie złożenia; przekazanie broni innemu strzelcowi w celu sprawdzenia rozrzutu	sprawdzenie prędkości i kierunku wiatru; wykonanie strzelania z innej broni i amunicji
		niewłaściwa korekcja paralaksy			
		skorygować paralaksę			

Tabela 12.1 (cd.)

Objawy	Przyczyny związane z bronią	Przyczyny związane z celownikiem	Przyczyny związane z amunicją	Przyczyny związane ze strzelcem	Przyczyny związane z warunkami strzelania
Zmiana SPT w poszczególnych seriach strzałów	rozluźnienie połączenia lufy i komory zamkowej z łozem	luźny celownik	amunicja z innych partii	nieprawidłowe (zmienne) złożenie	zmiana warunków strzelania
	<i>sprawdzenie dokręcenia śrub mocujących</i>	<i>sprawdzenie naciągu śrub mocujących celownik</i>	<i>sprawdzenie partii amunicji</i>	<i>wykonanie kilku serii strzelań przy jednoczesnej kontroli złożenia; przekazanie broni innemu strzelcowi w celu sprawdzenia</i>	<i>skorygowanie nastaw o wpływ wiatru, ciśnienia i temperatury</i>
	zmiana temperatury broni	uszkodzenia wewnętrzne celownika	amunicja o różnej temperaturze	błędy we wprowadzaniu nastaw	
	<i>wykonanie strzelań po przerwach umożliwiających wychłodzenie broni</i>	<i>zamiana celownika i dokonanie próbnego strzelania</i>	<i>sprawdzenie temperatury amunicji; wykonanie kilku serii strzelań amunicją o takiej samej temperaturze</i>	<i>sprawdzenie nastaw celownika</i>	
		„przymarzenie” celownika			
		<i>rozruszanie pokręteł i zakańczanie wprowadzania nastaw w kierunku, w którym pokrętła są wkręcane</i>			

Tabela 12.1 (cd.)

Objawy	Przyczyny związane z bronią	Przyczyny związane z celownikiem	Przyczyny związane z amunicją	Przyczyny związane ze strzelcem	Przyczyny związane z warunkami strzelania
Duże, pojedyncze odskoki od SPT	zbyt słabe uderzenia iglicy	luźny celownik	stara amunicja	„zrywanie” spustu	porywy wiatru
	<i>sprawdzenie stanu iglicy i sprężyny iglicy; wyczyszczenie zamka i iglicy oraz nasmarowanie jej suchym smarem (grafitem, dwusiarczkiem molibdenu, dwusiarczkiem wolframu)</i>	<i>sprawdzenie naciągu śrub mocujących celownik</i>	<i>zmiana amunicji na inną i ponowne wykonanie próbnego strzelania</i>	<i>bardzo wolne i spokojne naciskanie na język spustowy</i>	<i>strzelanie w okresach, gdy wiatr ma najmniejszą prędkość</i>
Różnica pomiędzy obliczonymi nastawami a rzeczywistym SPT	zmiana prędkości wylotowej pocisków	broń nieprzystrzelana	amunicja o zmienionych parametrach	niewłaściwe nastawy celownika	zmienione warunki strzelania
	<i>sprawdzenie, czy prędkość wylotowa pocisków odpowiada prędkości przyjętej do obliczeń (uwzględniając wpływ temperatury)</i>	<i>sprawdzenie przystrzelania broni i skorygowanie nastaw „zerowych” celownika</i>	<i>sprawdzenie parametrów amunicji (masy pocisku, współczynnika BC, prędkości wylotowej); zmiana partii amunicji</i>	<i>sprawdzenie, czy nastawy celownika zostały prawidłowo wprowadzone</i>	<i>sprawdzenie, czy odległość oraz warunki atmosferyczne (głównie prędkość i kierunek wiatru, ciśnienie i temperatura powietrza) są właściwie określone</i>
		błędy celownika			
		<i>wykonanie badań celownika, szczególnie w zakresie kalibracji siatki celowniczej i pokręteł</i>			

Trudno w sposób szczegółowy, a jednocześnie przejrzysty opisać wszystkie możliwe problemy występujące podczas strzelania oraz sposób ich diagnozowania. Najbardziej ogólnie rzecz ujmując, problemy te mogą być spowodowane czynnikami związanymi z:

- bronią,
- celownikiem,
- amunicją,
- strzelcem,
- warunkami strzelania.

Aby problem zdiagnozować, warto przeanalizować teoretycznie przyczyny obserwowanych skutków (uwzględniając w odpowiedniej kolejności nawet bardzo mało prawdopodobne przyczyny), a następnie wykonać różnego typu testy, które powinny umożliwić przynajmniej zawężenie obszaru poszukiwań do jednej z wymienionych powyżej grup czynników.

W tabeli 12.1 przedstawione są przykładowe problemy występujące podczas strzelania oraz ich potencjalne przyczyny ze zgrubnym wskazaniem ich prawdopodobnego źródła. Założono, że problem wystąpił w broni, która jest w stanie zapewnić dobre skupienie i prawidłowy ŚPT. W tabeli 12.1 wskazano również na testy, jakie powinny umożliwić bardziej szczegółowe rozpoznanie problemu.

Snajper musi liczyć się z sytuacją, gdy pomimo wprowadzenia obliczonych poprawek najlepiej jak można w danej sytuacji, nie może trafić w cel. Powodów tego może być wiele: uderzony i przemieszczony celownik, przypadkowo pozyskana „niestandardowa” amunicja, niemożliwe do wykrycia ze stanowiska strzeleckiego prądy powietrzne, zła ocena odległości. Jeśli snajper albo obserwator są w stanie zaobserwować punkty trafienia pocisków, to na ich podstawie można określić, jaką dodatkową poprawkę trzeba uwzględnić przy celowaniu. Czasem jednak nie jest to możliwe. W takiej sytuacji, jeśli dopuszczalne jest oddawanie kolejnych strzałów, można próbować trafić w cel, strzelając nad i pod nim oraz z jego prawej i lewej strony. Na początku najlepiej jest celować z przesunięciem pionowym lub poziomym ok. 60-70% wysokości lub szerokości celu (rys. 12.3). Kolejność oddawania strzałów powinna wynikać z analizy przyczyn błędów – jeśli przypuszczamy, że błędna jest ocena odległości, to trzeba zacząć od strzałów nad i pod cel, a jeśli sądzimy, że jest to wiatr boczny – to w lewo i w prawo od celu. Z moich doświadczeń wynika, że przy strzelaniu na dużą odległość – jeśli poprawka na wiatr nie jest właściwa – to prawdopodobnie jest ona zbyt mała. Mając to na uwadze, jako pierwszą można wypróbować poprawkę większą od pierwotnie ustawionej.

Analizując przyczyny niespodziewanych uchybów, zawsze należy brać pod uwagę również tzw. „głupie” błędy. Błędy te przydarzają się nawet najbardziej doświadczonym strzelcom i mogą być spowodowane stresem lub zmęczeniem. Klasyczne „głupie” błędy to strzelanie z nastaw wprowadzonych dla innej odległości, pomyłka we wprowadzeniu nastaw – zamiast korekcji w lewo, korekcja w prawo lub na odwrót, przy pokrętkach wieloobrotowych ustawienie bębna o jeden



**Rys. 12.3.** Próba korekcji niecelnego strzału poprzez przemieszczenie punktu celowania: kolor granatowy – prawidłowy punkt celowania, kolor czerwony – przesunięte punkty celowania

obrót za wysoko lub za nisko. Innym „głupim” błędem jest wykonanie pomiaru odległości w jardach, a nie w metrach, co w wielu dalmierzach może nastąpić po przypadkowej ingerencji w ustawienie jednostek miar. Jeśli nastawy są wprowadzane na komendę obserwatora, to ich kwitowanie nie może być mechaniczne. Potwierdzając wprowadzenie nastawy, trzeba rzeczywiście ją odczytać z pokręteł i upewnić się, że jest taka, jaką zamierzaliśmy wprowadzić.

## 13. Przygotowanie zindywidualizowanych tablic balistycznych, kalkulatory balistyczne

Dzięki współczesnym programom i kalkulatorom balistycznym możliwe jest samodzielne opracowywanie indywidualnych tabel balistycznych. Nawet jeśli kalkulator balistyczny umożliwia określanie na bieżąco optymalnych nastaw celownika, to i tak dobrze jest mieć zapasowe źródło danych w postaci tabel obliczonych za jego pomocą i zapisanych na wodoodpornym papierze (patrz rozdz. 14). Pierwotnie zamierzałem szczegółowo omówić najlepsze kalkulatory balistyczne, ale ostatnio niemal co miesiąc pojawiają się nowe i bardziej zaawansowane programy, a to powoduje, że wszystkie informacje szczegółowe szybko byłby nieaktualne. W związku z tym zostaną podane jedynie ogólne uwagi o kalkulatorach<sup>85</sup> i programach balistycznych.

Wybierając kalkulator, należy wziąć pod uwagę to, że obliczenia balistyczne mogą być prowadzone różnymi metodami. Bardziej zaawansowane programy i kalkulatory pozwalają użytkownikowi na wybór metody obliczeń. Sugeruję, aby przed przeczytaniem dalszej części rozdziału szczegółowo zapoznać się z podrozdz. 5.1.

W wielu prostych kalkulatorach i programach balistycznych obliczenia są oparte na krzywej balistycznej  $G1$  określonej dla pocisków bardzo odbiegających od współczesnych pocisków karabinowych. Zaletą tych programów jest to, że współczynniki balistyczne  $BC$  odniesione do krzywej  $G1$  są łatwo dostępne dla właściwie wszystkich pocisków komercyjnych. Problemy natomiast mogą się pojawić z uzyskaniem danych dla niektórych pocisków wojskowych. Przykładem programu bazującego na krzywej  $G1$  jest *Ballistics Calculator Enhanced - Sniper 1*. Niestety, łatwość pozyskania danych wejściowych okupiona jest zmniejszoną dokładnością obliczeń, szczególnie przy strzelaniu na dużą odległość.

W bardziej rozwiniętych programach możliwe jest wprowadzanie różnych współczynników  $BC$  dla różnych zakresów prędkości, co znacznie poprawia dokładność, ale wymaga danych, które nie dla wszystkich pocisków są dostępne.

Nieliczne programy balistyczne pozwalają prowadzić obliczenia na podstawie krzywej balistycznej  $G7$ , która znacznie lepiej odpowiada charakterystyce współczesnych pocisków karabinowych. Dzięki temu zwiększa się dokładność wyników uzyskiwanych dla dużych odległości. Stosując tego typu kalkulator, napotykamy jednak poważny problem w postaci braku współczynników balistycznych  $BC$  odniesionych do krzywej  $G7$ . Można go częściowo ominąć poprzez samodzielne oszacowanie tego współczynnika, co zostanie omówione w dalszej części rozdziału.

Przykładem programu umożliwiającego wykonywanie obliczeń opartych na krzywej  $G7$  jest *Point Mass Ballistics Solver*. Program ten pozwala na wybranie wzorca w postaci krzywej  $G7$  albo  $G1$ . W książce [6] autora programu, Briana

<sup>85</sup> Kalkulator balistyczny rozumiany jest jako oprogramowanie, które można zainstalować w przenośnym urządzeniu typu telefon komórkowy, palmtop czy nawet zegarek.

Litza, można znaleźć współczynniki balistyczne odniesione do krzywych  $G1$  i  $G7$  dla wielu pocisków stosowanych do dalekich strzelań.

Kolejna grupa programów i kalkulatorów balistycznych pracuje, korzystając z algorytmów opracowanych przez prof. Artura Pejśa [10]. Jakkolwiek dane wejściowe wymagają wprowadzenia wartości współczynnika balistycznego odniesionego do krzywej  $G1$ , to jednak zgodnie z algorytmem wszystkie obliczenia opierają się na krzywej stworzonej przez Pejśa. Co więcej, krzywą tę można jeszcze bardziej dopasować do danego pocisku za pomocą dodatkowych współczynników. Pełne wykorzystanie możliwości, jakie dają programy pracujące na podstawie algorytmu Pejśa, wymaga znalezienia optymalnych wartości tych współczynników (najczęściej jest to jeden dodatkowy współczynnik, ale mogą być również dwa). Procedura optymalizacyjna jest stosunkowo prosta, wymaga jednak oddania kilku strzałów na dużą odległość i określenia rzeczywistych nastaw zapewniających trafienie na tym dystansie. Nastawy te są wprowadzane do programu, który sprawdzi, przy jakiej wartości współczynnika nastawa obliczona pokryje się z nastawą zmierzoną. Otrzymany współczynnik, po zaakceptowaniu, umożliwi wykonanie bardzo precyzyjnych obliczeń w całym zakresie pracy kalkulatora. Nie jest więc konieczne powtarzanie strzelań na inną odległość. Należy podkreślić, że początkowe wartości współczynników proponowane przez programy są już na tyle bliskie optymalnym, że spodziewane odchyłki trajektorii obliczonej od rzeczywistej nie są duże. Procedura optymalizacyjna ma za zadanie jedynie precyzyjne dostrojenie programu do charakterystyki pocisku.

Przykładowe programy realizujące obliczenia na podstawie algorytmu Pejśa to *Precision Shooter's Workbench (PSW)* i *Field Firing Solutions (FFS)* firmy Lex Talus Corporation. Przydatną dla snajpera funkcją kalkulatora *FFS* jest możliwość dokonywania prostych pomiarów odległości za pomocą GPS-u lub GPS-u i mapy.

Najbardziej zaawansowane pod względem możliwości są programy i kalkulatory balistyczne pracujące na podstawie danych uzyskanych z pomiarów balistycznych prowadzonych dla konkretnych pocisków za pomocą radarów dopplerowskich. Programy takie zapewniają potencjalnie największą dokładność obliczeń, gdyż bazują na wynikach pomiarów, nie zaś na przybliżonych modelach matematycznych. Niestety, tylko dla nielicznych pocisków dostępne są dane pochodzące z pomiarów radarowych. Do chlubnych wyjątków należą pociski firmy LAPUA, która to firma udostępniła zbiory pozwalające na wprowadzanie danych o swoich pociskach bezpośrednio do programu *Quick Target Unlimited*. Trzeba nadmienić, że program *Quick Target Unlimited* jest bardzo uniwersalny i może pracować zarówno z danymi radarowymi, jak i z wieloma standardowymi krzywymi balistycznymi, włączając w to  $G1$  i  $G7$ . Program ten pozwala nawet na określanie poprawek potrzebnych do strzelania z ruchomej platformy. Kalkulator balistyczny *Advanced Ballistic Computer (ABC)* towarzyszący wyrobom firmy CheyTac przeznaczonym na rynek wojskowy również pracuje na bazie wyników pomiarów radarowych.

Jakkolwiek różne programy i kalkulatory balistyczne wymagają różnych zestawów danych wejściowych, to jednak pewne dane muszą być wprowadzone niezaw-

leżnie od oprogramowania, bo bez nich nie jest możliwe wykonywanie obliczeń balistycznych. Ponieważ w zależności od wersji oprogramowania dane są wprowadzane albo w systemie metrycznym, albo anglosaskim, więc dla ułatwienia, w nawiasach są podane najważniejsze przeliczniki. Do niezbędnych danych należą:

- masa pocisku (1 gran = 0,0648 g)
- prędkość wylotowa pocisku (1fps = 0,3048 m/s)
- współczynnik balistyczny  $BC$  (bazujący na krzywej  $G1$  lub  $G7$ , lub zestaw danych uzyskanych za pomocą radaru dopplerowskiego)
- ciśnienie atmosferyczne (1 inHg = 3,39 kPa)
- temperatura ( $t_{[F]} = 1,8t_{[C]} + 32$ )
- wilgotność powietrza
- prędkość wiatru (1 mph = 0,447 m/s)
- kierunek wiatru
- odległość, na której jest przystrzelana broń (1 yard = 0,914 m)
- odległość osi celownika od osi lufy (1 in = 25,4 mm)

Z wyjątkiem odległości osi celownika od osi lufy wszystkie pozostałe dane wejściowe były już omówione w odpowiednich rozdziałach tej książki. Odległość osi celownika od osi lufy jest ważnym parametrem, gdyż decyduje o wartości nastaw celownika niezbędnych do trafienia. Jeśli na przykład w karabinie przystrzelanym na 100 m celownik jest umieszczony 7 cm powyżej lufy, a w programie balistycznym przyjęto 5 cm, to można spodziewać się przesunięcia punktu trafienia o ok. 18 cm na odległości 1000 m. Dobrze jest więc dokonać pomiaru wysokości celownika z dokładnością do kilku milimetrów.

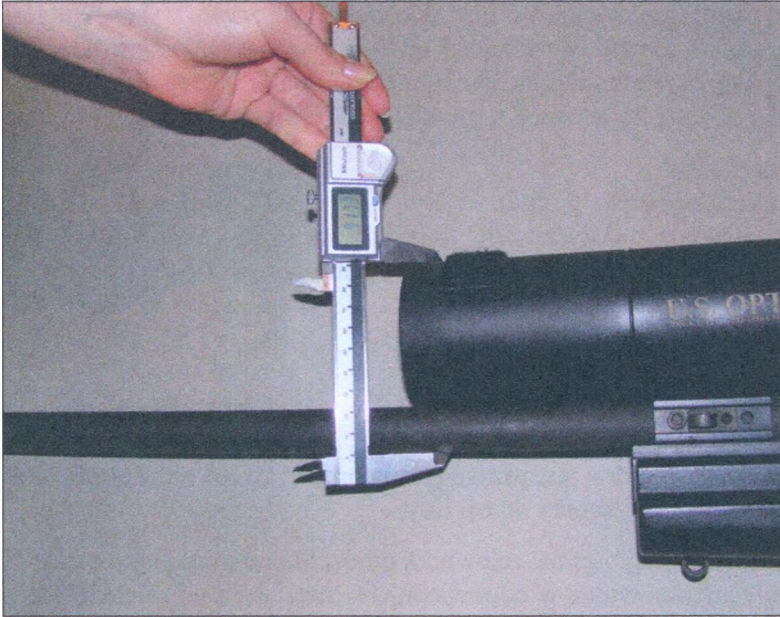
Pomiar odległości osi celownika od osi lufy  $H$  jest w większości przypadków stosunkowo łatwy. Do jego dokonania wystarczy warsztatowa suwmiarka, a nawet linijka. W karabinach, w których obiektyw celownika jest umieszczony nad lufą w takim miejscu, że pod lufę można wprowadzić szczękę suwmiarki, najwygodniej jest przeprowadzić pomiar w sposób przedstawiony na rys. 13.1 (metoda A). Od uzyskanej odległości  $L$  odejmujemy połowę zewnętrznej średnicy lufy  $d$  i połowę zewnętrznej średnicy obiektywu  $D$

$$H = L - \frac{d}{2} - \frac{D}{2}$$

Jeśli ze szczęką suwmiarki nie można podejść do dolnej powierzchni lufy, to obiektyw można „przedłużyć” za pomocą liniału, jednocześnie mierząc odległość górnej powierzchni obiektywu od górnej powierzchni lufy  $l$ . Następnie, do uzyskanej odległości należy dodać połowę średnicy lufy  $d$  i odjąć połowę średnicy zewnętrznej obiektywu  $D$ ; jest to przedstawione na rys. 13.2 i nazwane metodą B

$$H = l + \frac{d}{2} - \frac{D}{2}$$





Rys. 13.1. Pomiar odległości osi celownika od osi lufy w karabinie – metoda A



Rys. 13.2. Pomiar odległości osi celownika od osi lufy w karabinie – metoda B

Największy problem przy korzystaniu z programów i kalkulatorów balistycznych powstaje wtedy, gdy nie są dostępne wartości współczynnika balistycznego  $BC$ . Dotyczy to niektórych pocisków wojskowych. Konieczne jest wtedy samodzielne oszacowanie wartości takiego współczynnika. Jest to łatwiejsze w przypadku współczynników opartych na krzywej  $G7$  niż na  $G1$ , bo są one niemal niezależne od prędkości.

W celu oszacowania współczynnika  $BC$  w dostępnych źródłach należy wyszukać współczynnik balistyczny dla pocisku o możliwie najbardziej podobnym kształcie i wielkości. Będzie on stanowił punkt wyjściowy do poszukiwań wartości rzeczywistej. Na podstawie tego, bardzo przybliżonego współczynnika należy obliczyć nastawy i w dobrych warunkach atmosferycznych wykonać strzelanie na kilku odległościach. Największa z nich powinna być zbliżona do odległości, przy której pocisk zmniejsza prędkość do prędkości dźwięku. Przykładowo, dla pocisków kalibru .308 Win. mogą to być odległości: 100 m (odległość przystrzelania), 300 m, 600 m, 800 m. Na podstawie wyników tych strzelań należy określić prawidłowe nastawy, jakie powinny być stosowane na tych odległościach przy danych warunkach atmosferycznych. Następnie, za pomocą programu, należy dokonać kolejnych wyliczeń, dokonując nieznacznych zmian wprowadzanej wartości współczynnika  $BC$ . Zmiany te trzeba wprowadzać tak długo, aż wyniki programu będą się zgadzały z wynikami strzelań kontrolnych. Wartość współczynnika  $BC$ , przy której zgodność jest najlepsza, powinna być przyjęta jako obowiązująca. W podobny sposób można „podregulować” również znany nam współczynnik balistyczny amunicji, jeśli występuje systematyczna różnica między obliczeniami a wynikami strzelań. Trzeba jednak pamiętać, że efekty zmian wartości współczynnika balistycznego są widoczne przede wszystkim dla dużych odległości.

#### PRZYKŁAD LICZBOWY

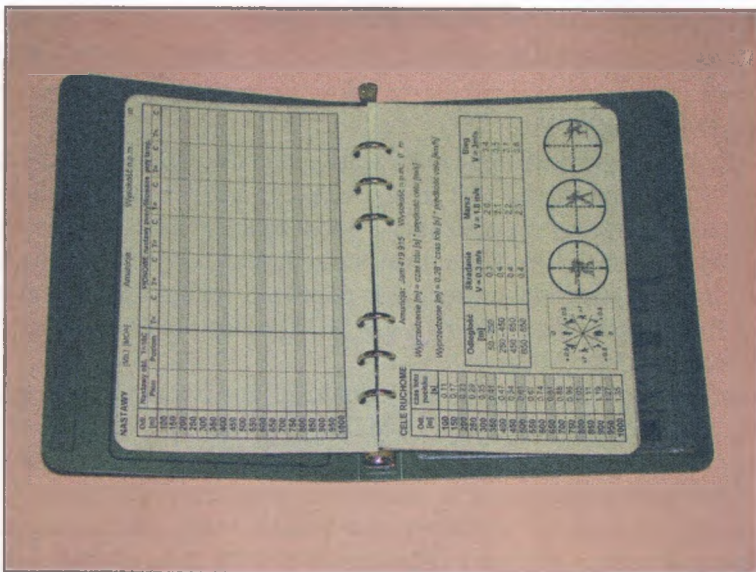
Załóżmy, że należy wykonać obliczenia balistyczne dla pełnopłaszczowego pocisku kalibru 7,62 mm o masie 150 gr, wylatującego z lufy z prędkością 845 m/s. Współczynnik balistyczny dla zbliżonego pod względem kształtu i masy pocisku Hornady FMJ wynosi 0,405. Po podstawieniu danych do programu balistycznego *Quick Target* uzyskujemy następujące poprawki (zakładając odległość przystrzelania 100 m): odległość 300 m – 4,9 MOA, odległość 600 m – 17,7 MOA, odległość 800 m – 30,6 MOA.

Po dokonaniu strzelań okazuje się jednak, że do uzyskania trafienia należy zastosować nastawy odpowiednio: 5,1 MOA, 19,2 MOA i 34,0 MOA. Wymagane nastawy są większe niż nastawy obliczone, co oznacza, że pocisk ma gorsze właściwości aerodynamiczne niż te, które wstępnie przyjęliśmy do obliczeń i że należy zmniejszyć wartość współczynnika balistycznego. Zmniejszając współczynnik metodą prób i błędów każdorazowo o 0,01, stwierdzimy, że po osiągnięciu wartości 0,365 wyniki obliczeń niemal dokładnie pokryją się z wynikami strzelań. Oznacza to, że o ile wszystkie inne parametry były wprowadzone poprawnie, to współczynnik balistyczny pocisku  $BC = 0,365$ . Po zastosowaniu tego współczynnika program powinien zapewniać uzyskanie dobrych wyników dla innych odległości i innych warunków strzelania.

## 14. Dziennik snajperski

Jakkolwiek jestem zdecydowanym wrogiem biurokracji i nadmiernej sprawozdawczości, to jednak wyznaję zasadę, że dziennik snajperski jest niezbędną dla snajpera pomocą, pozwalającą mu na łatwiejsze korzystanie z własnych doświadczeń i ograniczenie możliwości popełnienia „grubego” błędu w nastawach. Dobrze prowadzony dziennik i właściwa analiza zapisów w nim zawartych pozwalają na uzyskanie informacji o broni i amunicji, które są niemal niemożliwe do uzyskania w inny sposób.

W dodatku B są zamieszczone przykładowe strony, które Czytelnicy mogą wykorzystać przy wykonywaniu swoich dzienników. Na stronie internetowej [http://www.mech.pg.gda.pl/kkmip/zp/do\\_pobrania/batalistyka/](http://www.mech.pg.gda.pl/kkmip/zp/do_pobrania/batalistyka/) znajdują się zbiory umożliwiające bezpośredni druk tych stron na formatkach *Rite in the Rain* wykonanych z wodoodpornego papieru przystosowanego do wpinania do specjalnej okładki<sup>86</sup> (rys. 14.1). Nabywcy niniejszej książki otrzymują prawo do kopiowania stron z dodatku B oraz wykorzystywania wspomnianych zbiorów do wykonania **NA WŁASNE POTRZEBY** dzienników snajperskich. Komercyjne wykorzystanie tych materiałów wymaga mojej pisemnej zgody. Poniżej są omówione poszczególne strony i podane wskazówki dotyczące ich wykorzystania. W zależności od potrzeb poszczególne strony mogą być oczywiście duplikowane.



Rys. 14.1. Dziennik snajperski wykonany z materiałów firmy Rite in the Rain

<sup>86</sup> Papier przystosowany do wykorzystania w dzienniku snajperskim nazywa się *Loose Leaf Copier Paper, 150 Green Sheets* lub *Loose Leaf Copier Paper, 150 Tan Sheets*, a okładka: *Green Tactical Field Ring Binder 5 5/8" × 7 1/2"*. Adres strony producenta: [www.riteintherain.com](http://www.riteintherain.com).

Na niektórych stronach znajdują się pola wyboru pozwalające m.in. na wybranie jednostek ([MIL]/[MOA]) lub wielkości „oczek” siatki zobrazowanej na rysunkach ([1/4], [1/2], [1] MOA; [0,1] [0,2] [0,5] MIL). Dla uniknięcia niejednoznaczności należy każdorazowo zakreślić odpowiednie pole.

**Strona 1** Najważniejsze dane dotyczące broni i zainstalowanego na niej celownika. Pole *Powiększenie dalmiercze* powinno zawierać informację o tym, przy jakim powiększeniu celownik umożliwi określenie odległości za pomocą siatki celowniczej wyskalowanej w tysięcznych lub minutach kątowych.

**Strona 2** Tabela przeliczeniowa pozwalająca na określenie odległości od celu za pomocą siatki celowniczej wyskalowanej w tysięcznych (MIL). Tabela zawiera odległości od celów o wielkości 0,25–4,50 m, przy kątach widzialności 0,3–4,8 MIL. Określenie dużej odległości na podstawie małych celów jest bardzo niedokładne i szkoda miejsca na zamieszczanie takich kombinacji. Tabela jest podzielona na dwie części: dane w polach jasnych dotyczą niewielkich celów znajdujących się w odległości mniejszej niż 947 m. Korzysta się z nich razem z pierwszą kolumną wskazującą na wielkość kątową celu. Pola zacieniowane dotyczą celów większych i korzysta się z nich na podstawie ostatniej kolumny, w której są podane wielkości kątowe. Przykładowo, jeśli cel o szerokości 0,45 m jest widoczny pod kątem 1,5 MIL, to odległość od niego wynosi 300 m. Podobnie jeśli cel o wysokości 1,80 m jest widziany pod kątem 3,7 MIL, to odległość wynosi 486 m.

**Strona 3** Tabela do określania odległości horyzontalnej przy strzelaniu do celów znajdujących się powyżej lub poniżej stanowiska ogniowego. Dla zmierzonych odległości od celu zawierających się w przedziale 100–800 m i kątów strzału 5–45° można odczytać odległość horyzontalną, czyli taką, która stanowi podstawę do określania poprawki odległościowej. Przykładowo, jeśli odległość od celu zmierzona dalmierzem wynosi 300 m i cel znajduje się pod kątem 30°, to poprawkę należy obliczyć tak jak dla odległości 260 m.

**Strona 4** Tabela z przeliczeniem tysięcznych (MIL) i minut kątowych (MOA), przydatna głównie do obsługi celowników, w których pokrętła są wyskalowane w MOA, a siatka celownicza w MIL. Na stronie tej znajduje się również tabela z sinusami i cosinusami kątów oraz prosty kątomierz ułatwiający szacowanie wielkości kąta w stopniach.

**Strona 5** Linijka z podziałkami ułatwiającymi odczytywanie miar liniowych w postaci miar kątowych dla kilku typowych odległości. Podziałki można stosować na przykład podczas przystrzeliwania broni do określania poprawek i rozrzutu (stronę tę należy wydrukować w takiej skali, aby na podziałce dla odległości 100 m odcinkowi 1,5 MIL odpowiadał odcinek o długości 15 cm).

**Strona 6** Opis symptomów towarzyszących wiatrowi o różnej prędkości, diagram ułatwiający szacowanie prędkości wiatru na podstawie mirażu oraz wykres kołowy wskazujący na to, jaki procent prędkości wiatru należy uwzględnić,

jeśli wiatr wieje z kierunków korespondujących z godzinami na tarczy zegara analogowego. Przykładowo, jeśli wiatr wieje „z godziny 2”, to należy uwzględnić 86% jego prędkości.

**Strona 7** Na tej stronie należy zapisywać wszystkie zmiany wprowadzane na trwałe do celownika. Jeśli celownik jest poddany „zerowaniu” polegającemu na rozłączeniu pokręteł i mechanizmu regulacyjnego w celu ustawienia pokręteł „na zero”, to w poszczególnych rubrykach należy odnotować stare nastawy i odpowiadające im nowe nastawy. Przykładowo, jeśli z powodu zmiany amunicji „zero” wypadło przy nastawach 0,5 MOA w górę i 0,75 MOA w prawo, to niwelując te odchyłki poprzez przestawienie oraz zablokowanie pokrętła w położeniu {0, 0}, notatka powinna być następująca: *2009-11-03; przywrócenie „zera”; reg. pionowa jest 0, było 0,5 G; reg. pozioma jest 0, było 0,75 P; zmiana amunicji.* Notatki o regulacji celownika pozwalają na łatwiejsze korzystanie z doświadczeń z okresu przed regulacją.

**Strona 8** Dane o wykorzystywanej amunicji, niezbędne do korzystania z kalkulatora balistycznego.

**Strona 9** Wyniki pomiarów prędkości pocisków – należy wpisać temperaturę powietrza, prędkość średnią i odchylenie standardowe (miarę wskazującą na zmierzony rozrzut prędkości pocisków).

**Strona 10** Obliczone nastawy pionowe i poziome dla różnych odległości w tysięcznych (MIL) lub minutach kątowych (MOA)<sup>87</sup>. Podczas kolejnych przystrzelań broni należy podawać temperaturę i zweryfikowaną poprawkę. Każdorazowo należy zaznaczać temperaturę powietrza, gdyż może ona powodować istotne zmiany poprawek dla dużych odległości. Na jednej karcie należy gromadzić wyniki uzyskane podczas strzelania na podobnej wysokości nad poziomem morza (przy podobnym ciśnieniu powietrza).

**Strona 11** Obliczone poprawki, o jakie muszą być zmienione nastawy przy strzelaniu na różnej wysokości i w różnej temperaturze.

**Strona 12** Czas lotu pocisku obliczony przy użyciu kalkulatora balistycznego i poprawki w tysięcznych dla skradania się (0,3 m/s), marszu (1,8 m/s) i biegu (3 m/s). Przykładowy rysunek wizualizuje sposób celowania dla typowej amunicji kal. .308 Win. i odległości 250–450 m. Diagram kołowy wskazuje, jak należy przeliczać prędkość celu, jeśli porusza się on pod kątem innym niż kąt prosty.

**Strona 13** Obliczone poprawki na wiatr wiejący pod różnym kątem (opisane wg godzin na cyferblacie zegara analogowego). Trzy górne wiersze wskazują na ekwiwalentną prędkość wiatru wiejącego pod różnym kątem. Na przykład poprawka dla wiatru wiejącego z prędkością 3,5 m/s z godziny 10 jest podobna do poprawki dla wiatru wiejącego z prędkością 3 m/s z godziny 9 (czyli prostopadle do kierunku strzału).

<sup>87</sup> Do określania jednostek występujących w tabeli służą pola [MIL] i [MOA]. Należy zaznaczyć stosowaną miarę, np. przez zakreślenie.

- Strona 14** Przesunięcie „zera” (*offset*) przy strzelaniu amunicją inną niż ta, dla której wyzerowano celownik optyczny. Jeśli, przykładowo, karabin jest przystrzelany do amunicji Scenar, a przy strzelaniu amunicją przeciwpancerną AP pociski układają się na danym dystansie przystrzelania o 2 MOA w górę i 1 MOA w prawo, to należy zapisać te wartości jako *Offset pion = 2,0 G* i *Offset poziom = 1 P*, zaznaczyć, że siatka ma podziałkę 1 MOA i wrysować krzyżyk dwie kreski nad i jedną kreskę w prawo od środka centralnej kropki. Uzyskany offset musi być zawsze odejmowany od nastaw obliczonych dla „innej” amunicji, co zniweluje brak przystrzelania broni do tej amunicji.
- Strona 15** Położenie przestrzelin pochodzących od *zimnych strzałów*. Należy również notować, czy lufa była czyszczona przed oddaniem zimnego strzału, czy nie.
- Strona 16** Tak zwane *szybkie poprawki* stosuje się wtedy, gdy strzał musi być oddany w pośpiechu i gdy brakuje danych o odległości. Obserwując cel (może to być głowa o wysokości 0,3 m, tułów o szerokości 0,5 m albo stojąca postać o wysokości 1,8 m), należy szybko określić jej wielkość kątową w tysięcznych (odczytując z siatki celowniczej<sup>88</sup>) i z tabeli odczytać niezbędną nastawę pionową. Oznacza to, że w celu przyspieszenia procesu pomija się bezpośrednie wyliczenie odległości. Przykładowe szybkie poprawki znajdują się w podrozdz. 7.5.
- Strony 17, 18 i 19** Wyniki poszczególnych strzelań. Należy również notować ilość strzałów oddanych danego dnia i skumulowaną (łącną) ilość strzałów dla danego karabinu.
- Strona 20** Szkice sytuacyjne i nastawy dla poszczególnych celów (patrz p. 7.3.5).

---

<sup>88</sup> W celownikach optycznych z siatką celowniczą umieszczoną w drugiej płaszczyźnie ogniskowej musi być ustawione powiększenie dalmiercze.

## 15. Zakończenie

Książka *Balistyka dla snajperów* i nie tylko jest trzecią z serii książek poświęconych zagadnieniom związanym z bronią palną, które napisałem w ciągu ostatnich kilku lat. Ciepłe przyjęcie przez Czytelników poprzednich książek wskazuje na duże zainteresowanie technicznymi aspektami broni strzeleckiej i strzelania. Nie ukrywam, że książka powstała w odpowiedzi na zapotrzebowanie zgłaszane przez żołnierzy, policjantów, pracowników innych służb oraz cywilnych strzelców uprawiających strzelectwo długodystansowe, które rozwija się w Polsce dzięki wielkiemu zaangażowaniu entuzjastów. Od 2008 r. – dzięki działaniom Pana Zbigniewa Świerczka oraz dużej życzliwości Dowódców Wojsk Lądowych i Dowódców 17 Brygady Zmechanizowanej – w Polsce, na poligonie w Międzyrzeczu są organizowane Zawody Snajperskie *LongShot* (rys. 15.1), na których jest możliwość rywalizacji na dystansie 300, 600, 800 i 1076 m. Zawody te integrują środowisko strzelców wyborowych wojska, policji i innych służb mundurowych ze środowiskiem strzelców cywilnych. Dzięki wymianie doświadczeń z roku na rok znacznie wzrasta poziom zawodów i stają się one nie tylko zawodami o randze Mistrzostw Polski, ale również zawodami międzynarodowymi. Miło jest spotkać na tych zawodach żołnierzy, którzy kilka lat wcześniej uczestniczyli w szkoleniach, a obecnie prezentują wysoki, profesjonalny poziom strzelecki. W 2010 r. po raz pierwszy zostały rozegrane na poligonie Marynarki Wojennej w Strzeczcu zawody *Tactical Polish Sniper*, które uzyskały bardzo pozytywne opinie od zawodników, w tym trzech par snajperskich z Niemiec. Organizatorem zawodów był Pan Krzysztof Prokop.



Rys. 15.1. Zawody *LongShot* 2008

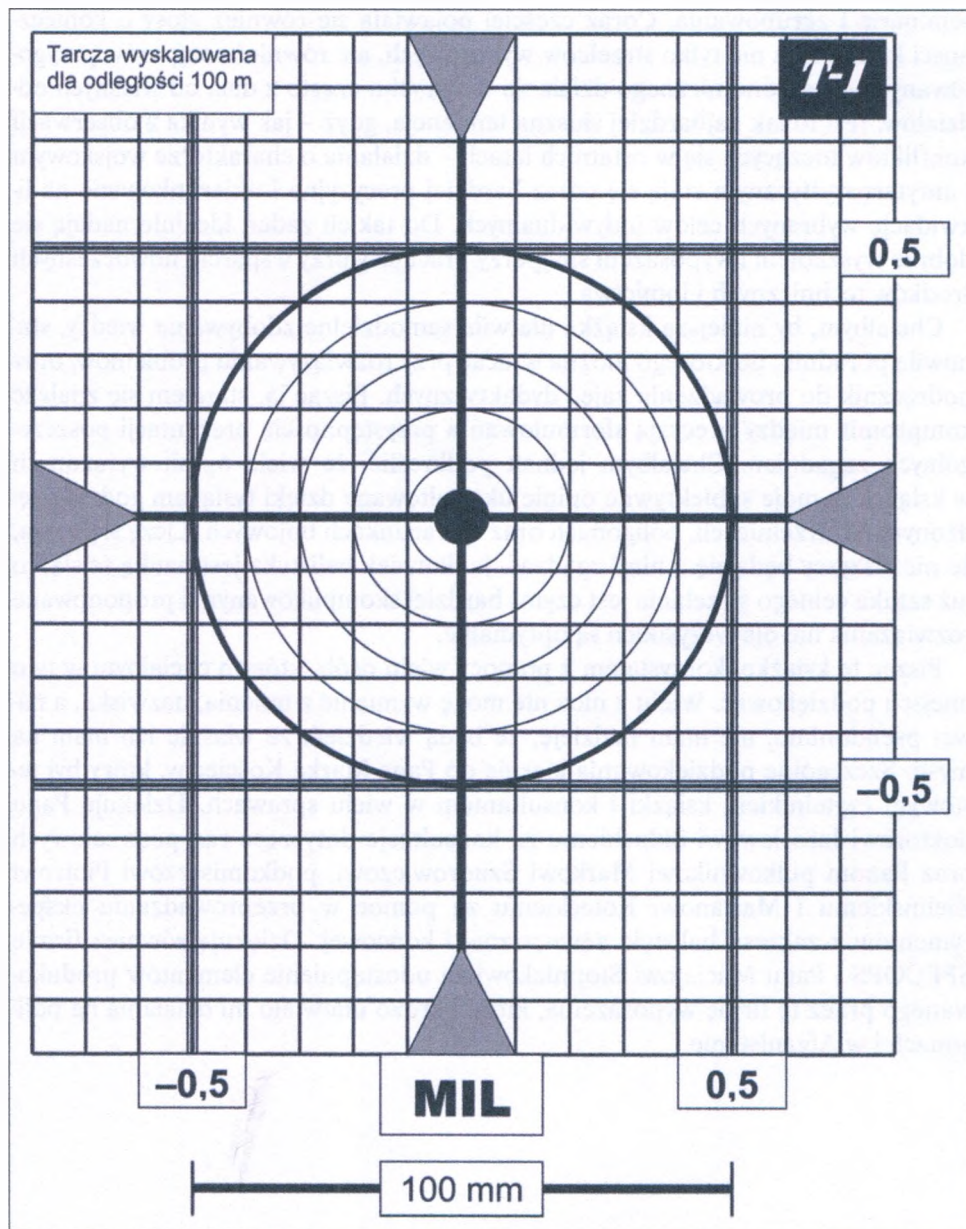
W ostatnich latach wojsko i policja coraz więcej uwagi poświęcają zagadnieniom szkolenia strzelców wyborowych. Organizowane są specjalistyczne kursy, seminaria i zgrupowania. Coraz częściej pojawiają się również głosy o konieczności kształcenia nie tylko strzelców wyborowych, ale również snajperów przygotowanych do autonomicznego działania w ukryciu, często z dala od własnych oddziałów. Jest to jak najbardziej słuszna tendencja, gdyż – jak wynika z obserwacji konfliktów toczących się w ostatnich latach – działania o charakterze wojskowym i antyterrorystycznym stają się coraz bardziej precyzyjne i ukierunkowane na likwidację wybranych celów indywidualnych. Do takich zadań idealnie nadają się dobrze wyszkoleni i wyposażeni snajperzy pracujący przy wsparciu nowoczesnych środków technicznych i lotnictwa.

Chciałbym, by niniejsza książka ułatwiła samodzielne zdobywanie wiedzy, stanowiła poradnik, do którego można wracać przy rozwiązywaniu problemów, oraz podręcznik do prowadzenia zajęć dydaktycznych. Pisząc ją, starałem się znaleźć kompromis między precyzją sformułowań a przystępnością prezentacji poszczególnych zagadnień. Chciałbym jednak podkreślić, że wiele opinii wyrażonych w książce to moje subiektywne opinie ukształtowane dzięki tysiącom godzin spędzonym na strzelnicach, poligonach oraz w warunkach bojowych. Liczę się z tym, że nie wszyscy będą się z nimi zgadzać. Jakkolwiek balistyka jest nauką ścisłą, to już sztuka celnego strzelania jest czymś bardziej skomplikowanym i proponowane rozwiązania nie dla wszystkich są optymalne.

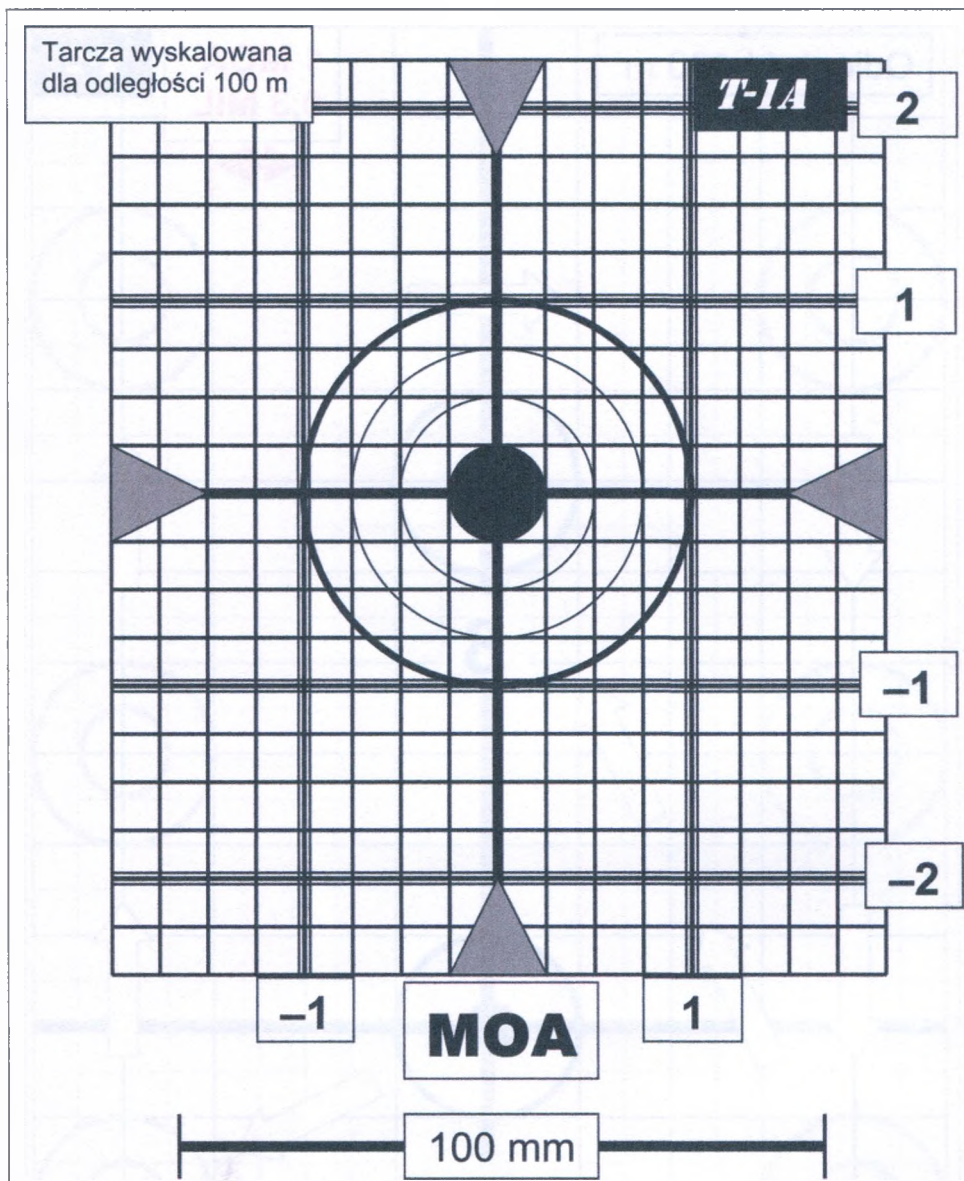
Pisząc tę książkę, korzystałem z pomocy wielu osób, którym chciałbym w tym miejscu podziękować. Wielu z nich nie mogę wymienić z imienia, nazwiska, a nawet pseudonimu, ale mam nadzieję, że będą wiedzieć, że właśnie ich mam na myśli. Szczególne podziękowania kieruję do Pana Marka Kościechy, który był testowym czytelnikiem książki i konsultantem w wielu sprawach. Dziękuję Panu doktorowi Jarosławowi Skłuckiemu za konsultacje dotyczące ran postrzałowych oraz Panom pułkownikowi Markowi Szudrowiczowi, podkomisarzowi Piotrowi Zielińskiemu i Marianowi Koteckiemu za pomoc w przeprowadzaniu eksperymentów z zakresu balistyki zewnętrznej i końcowej. Dziękuję również firmie SPECOPS i Panu Maciejowi Stopniakowi za udostępnienie elementów produkowanego przez tę firmę wyposażenia, które bardzo ułatwiało mi działania na poligonach i w Afganistanie.



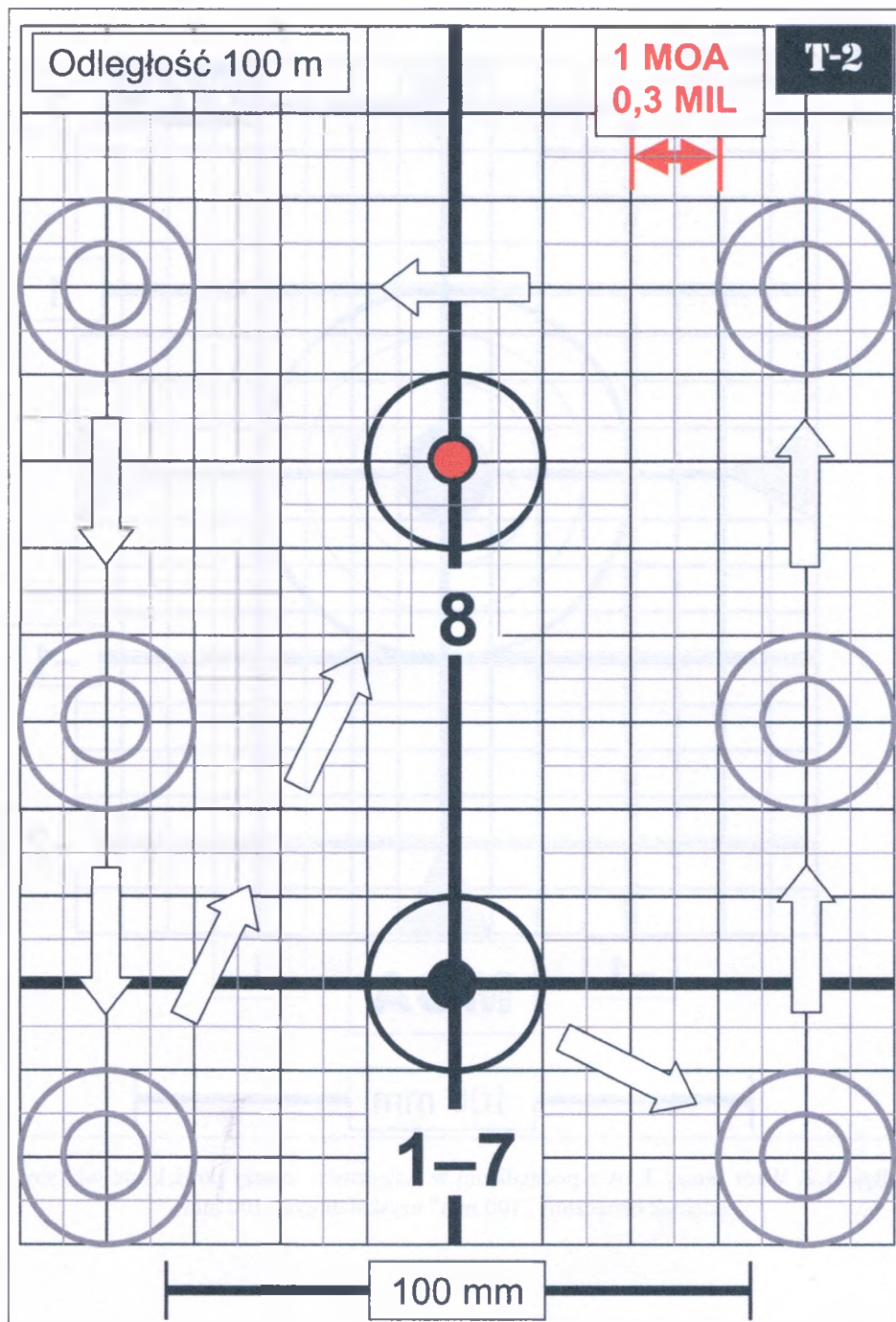
## Dodatek A – wzory tarcz



Rys. A.1. Wzór tarczy T-1 z podziałkami w tysięcznych (należy powiększyć tak, aby odcinek oznaczony „100 mm” uzyskał długość 100 mm



Rys. A.2. Wzór tarczy T-1A z podziałkami w tysięcznych (należy powiększyć tak, aby odcinek oznaczony „100 mm” uzyskał długość 100 mm



Rys. A.3. Wzór tarczy T-2 do prowadzenia testu okienkowego (należy powiększyć tak, aby odcinek oznaczony „100 mm” uzyskał długość 100 mm

**DANE O BRONI**

Model	Kaliber	Nr
Masa kg	Długość mm	Długość lufy mm
Skok gwintu	Uwagi	
Typ celownika	Regulacja pionowa 1 klik = [MIL] [MOA]	Regulacja pozioma 1 klik = [MIL] [MOA]
Powiększenie dalmiercze [ × ] [cały zakres]	Odległość osi celownika od osi lufy mm	Masa celownika kg
Uwagi		
Zmiany		

## OKREŚLANIE ODLEGŁOŚCI wg tysięcznych

$$L = h \text{ [m]} \cdot 1000/\text{MIL}$$

$h$ \ MIL	0,25 m	0,45 m	1,00 m	1,50 m	1,80 m	2,50 m	3,00 m	4,50 m	$h$ \ MIL
0,3	833	173	385	577	692	962	1154	1731	2,6
0,4	625	167	370	556	667	926	1111	1667	2,7
0,5	500	900	357	536	643	893	1071	1607	2,8
0,6	417	750	345	517	621	862	1034	1552	2,9
0,7	357	643	333	500	600	833	1000	1500	3,0
0,8	313	563	323	484	581	806	968	1452	3,1
0,9	278	500	313	469	563	781	938	1406	3,2
1,0	250	450	303	455	545	758	909	1364	3,3
1,1	227	409	909	441	529	735	882	1324	3,4
1,2	208	375	833	429	514	714	857	1286	3,5
1,3	192	346	769	417	500	694	833	1250	3,6
1,4	179	321	714	405	486	676	811	1216	3,7
1,5	167	300	667	395	474	658	789	1184	3,8
1,6	156	281	625	938	462	641	769	1154	3,9
1,7	147	265	588	882	450	625	750	1125	4,0
1,8	139	250	556	833	439	610	732	1098	4,1
1,9	132	237	526	789	947	595	714	1071	4,2
2,0	125	225	500	750	900	581	698	1047	4,3
2,1	119	214	476	714	857	568	682	1023	4,4
2,2	114	205	455	682	818	556	667	1000	4,5
2,3	109	196	435	652	783	543	652	978	4,6
2,4	104	188	417	625	750	532	638	957	4,7
2,5	100	180	400	600	720	521	625	938	4,8

Rys. B.2. Strona 2

**STRZELANIE POD KĄTEM** W tabeli są podane odległości, na jakie należy ustawiać celownik przy danej odległości od celu zmierzonej pod kątem (na skos). Nastawy w odniesieniu do kal. .308 podane w jasnych polach zapewniają uchyb mniejszy niż 10 cm

Kąt	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
<b>Cosinus</b>	<b>1,00</b>	<b>0,98</b>	<b>0,97</b>	<b>0,94</b>	<b>0,91</b>	<b>0,87</b>	<b>0,82</b>	<b>0,77</b>	<b>0,71</b>
Odległość [m]	100	98	97	94	91	87	82	77	71
	150	148	145	141	136	130	123	115	106
	200	199	193	188	181	173	164	153	141
	250	249	241	235	227	217	205	192	177
	300	299	290	282	272	260	246	230	212
	350	349	338	329	317	303	287	268	247
	400	398	386	376	363	346	328	306	283
	450	448	435	423	408	390	369	345	318
	500	498	483	470	453	433	410	383	354
	550	548	531	517	498	476	451	421	389
	600	598	580	564	544	520	491	460	424
	650	648	628	611	589	563	532	498	460
	700	697	676	658	634	606	573	536	495
750	747	724	705	680	650	614	575	530	
800	797	773	752	725	693	655	613	566	

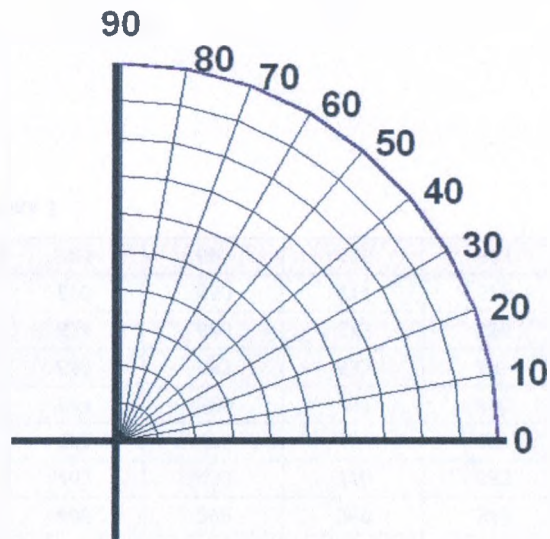
Rys. B.3. Strona 3

**PRZELICZENIE MIL (USMC)/MOA**

MIL	MOA
0,2	0,7
0,4	1,4
0,6	2,1
0,8	2,8
1,0	3,438
1,5	5,2
2,0	6,9
2,5	8,6
3,0	10,3
3,5	12,0
4,0	13,8
4,5	15,5
5,0	17,2
5,5	18,9
6,0	20,6
6,5	22,3
7,0	24,1
7,5	25,8
8,0	27,5
8,5	29,2
9,0	30,9
9,5	32,7
10,0	34,4

MOA	MIL
0,25	0,1
0,5	0,1
0,75	0,2
1	0,290
1,5	0,4
2	0,6
2,5	0,7
3	0,9
3,5	1,0
4	1,2
4,5	1,3
5	1,5
6	1,7
7	2,0
8	2,3
9	2,6
10	2,9
11	3,2
12	3,5
13	3,8
14	4,1
15	4,4
16	4,7

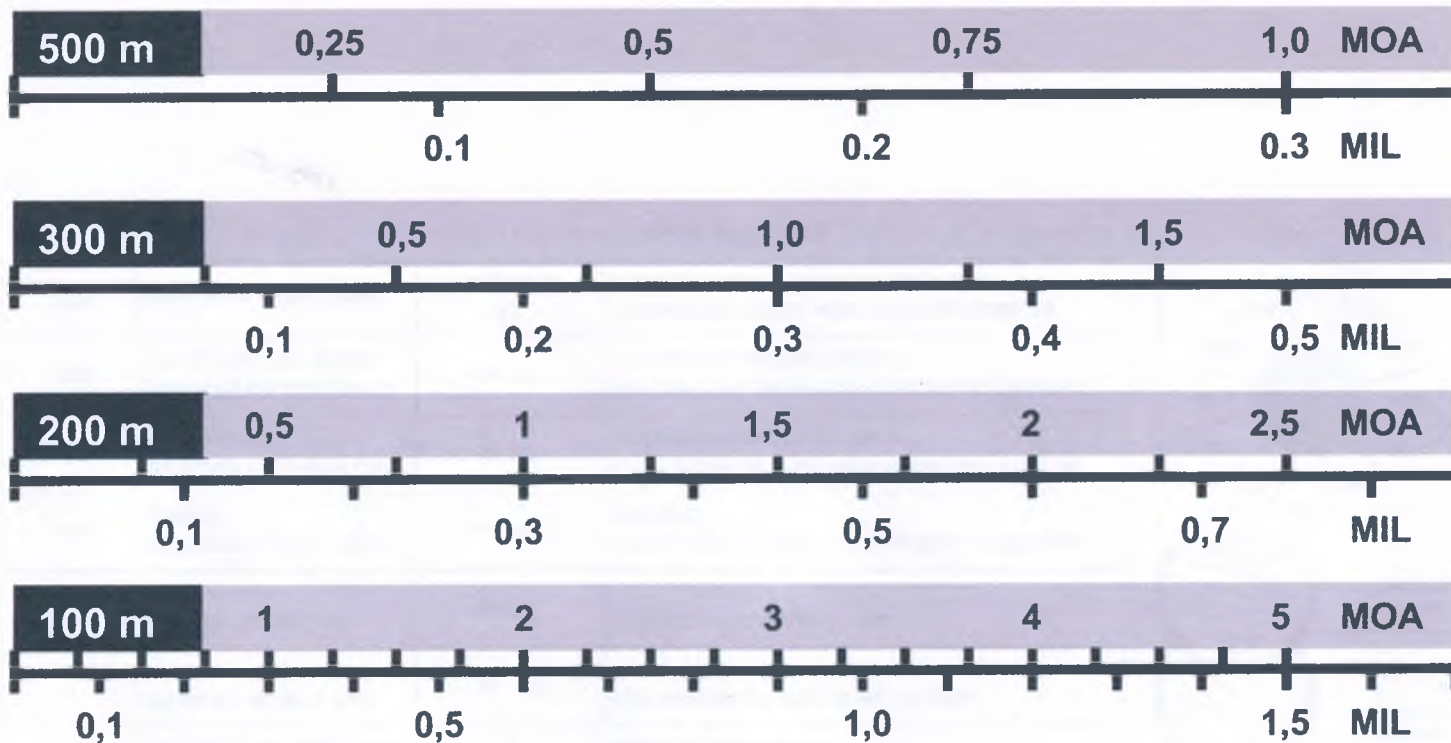
Kąty



Kąt [°]	10	20	30	40	50	60	70	80	90
<b>Sinus</b>	0,17	0,34	0,50	0,64	0,77	0,87	0,94	0,98	1,00
<b>Cosinus</b>	0,98	0,94	0,87	0,77	0,64	0,50	0,34	0,17	0,00

Rys. B.4. Strona 4

Odcinki odpowiadające tysięcznym i minutom kątowym na różnych dystansach

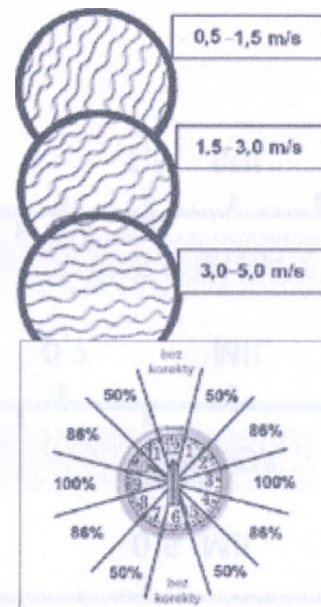


Rys. B.5. Strona 5



## PRĘDKOŚĆ WIATRU

Prędkość wiatru [m/s]	Zachowanie roślinności	Kąt odchylenia flagi od pionu	Inne
0–0,2	roślinność jest nieruchoma	0	dym unosi się pionowo
1	poruszają się tylko małe liście	ok. 10°	dym nieznacznie odchyła się od pionu
2,5	liście się ruszają i szerleżą	ok. 30°	na twarzy można wyczuć wiatr
4,5	poruszają się liście i małe gałązki	ok. 45°	na otwartym akwenu tworzą się fale o szklistej powierzchni
6,5	poruszają się gałęzie średniej wielkości	ok. 60°	kurz i opadłe liście są podnoszone przez wiatr, na grzbietach fal tworzy się piana
9,5	poruszają się duże gałęzie, kołyszą się małe drzewa	ok. 80°	wiatr gwiżdże, na otwartym akwenu na grzbietach fal pojawiają się białe grzebienie
12,5	kołyszą się duże drzewa	90° trzępotanie	słychać świst wiatru, wiatr zrywa kapelusze, na otwartym akwenu tworzą się grzywacze



Rys. B.6. Strona 6

**REGULACJE I ZMIANY CELOWNIKA**

Data	Opis	Regulacja pionowa		Regulacja pozioma		Uwagi
		jest	było	jest	było	

Rys. B.7. Strona 7

**DANE O AMUNICJI**

Typ	Masa [g] [gr]	Współczynnik balistyczny BC	Prędkość przy temperaturze 18°C [m/s]	Uwagi

Rys. B.8. Strona 8

**POMIARY PRĘDKOŚCI POCISKÓW**

Typ: \_\_\_\_\_

Masa: \_\_\_\_\_

Data	T [°C]	V <sub>sr</sub> [m/s]	SD [m/s]	Uwagi	Data	T [°C]	V <sub>sr</sub> [m/s]	SD [m/s]	Uwagi

**Rys. B.9. Strona 9**

NASTAWY

[MIL]/[MOA]

Amunicja:

Wysokość n.p.m.: m

Odległość [m]	Nastawy obliczone $T = 18^{\circ}\text{C}$		Pionowe nastawy zweryfikowane przy temperaturze					
	pion	poziom	$T = \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T = \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T = \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T = \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T = \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T = \text{ }^{\circ}\text{C}$
100								
150								
200								
250								
300								
350								
400								
450								
500								
550								
600								
650								
700								
750								
800								
850								
900								
950								
1000								

Rys. B.10. Strona 10

POPRAWKI NA WYSOKOŚĆ [MIL]/[MOA]

Amunicja:

Wysokość [m]	Dystans [m]							
	200	300	400	500	600	700	800	900
500								
1000								
1500								
2000								
2500								
3000								
3500								

POPRAWKI NA TEMPERATURĘ [MIL]/[MOA]

Amunicja:

Temperatura [°C]	Dystans [m]							
	200	300	400	500	600	700	800	900
-20								
-10								
0								
10								
20								
30								
40								

[Poprawki z uwzględnieniem zmian prędkości wylotowej]

[Poprawki bez uwzględnienia zmian prędkości wylotowej]

**CELE RUCHOME**

Odległość [m]	Czas lotu pocisku [s]
100	
150	
200	
250	
300	
350	
400	
450	
500	
550	
600	
650	
700	
750	
800	
850	
900	
950	
1000	

Amunicja:

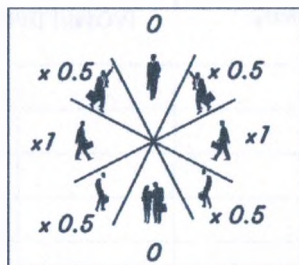
Wysokość n.p.m.:

m

$$\text{Wyprzedzenie [m]} = \text{czas lotu [s]} \cdot \text{prędkość celu [m/s]}$$

$$\text{Wyprzedzenie [m]} = 0,28 \cdot \text{czas lotu [s]} \cdot \text{prędkość celu [km/h]}$$

Odległość [m]	Skradanie V = 0,3 m/s	Marsz V = 1,8 m/s	Bieg V = 3 m/s
50–250			
250–450			
450–650			
650–850			



Rys. B.12. Strona 12

Wiatr z godziny	1, 5, 7, 11	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	2, 4, 8, 10	1,2	1,7	2,3	2,9	3,5	4,1	4,7	5,2	5,8	6,4
	3, 9	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
150											
200											
250											
300											
350											
400											
450											
500											
550											
600											
650											
700											
750											
800											
850											
900											
950											
1000											

Rys. B.13. Strona 13



OFFSET Odległość przystrelania: m;

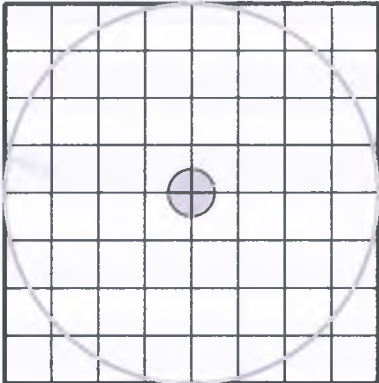
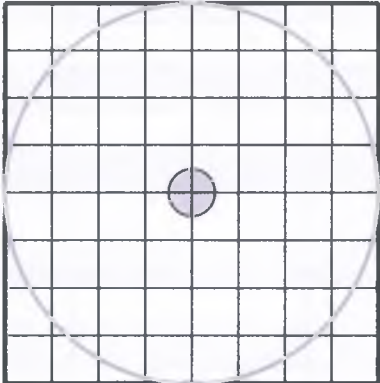
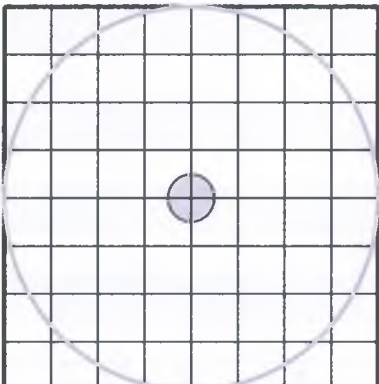
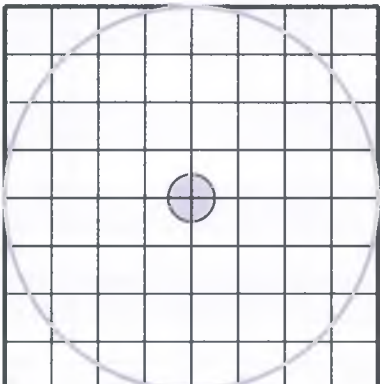
Siatka [1/4] [1/2] [1] MOA [0,1] [0,2] [0,5] MIL

Pocisk bazowy:

V = m/s

Temperatura: °C

m = gr

Amunicja		Amunicja	
Temperatura		Temperatura	
Offset pion		Offset pion	
Offset poziom		Offset poziom	
Amunicja		Amunicja	
Temperatura		Temperatura	
Offset pion		Offset pion	
Offset poziom		Offset poziom	

Rys. B.14. Strona 14

**ZIMNY STRZAŁ****Amunicja:****Wysokość n.p.m.:****m**

Odległość					
Temperatura					
Lufa czysta/brudna					
Uchyb pionowy [MIL] [MOA]					
Uchyb poziomy [MIL] [MOA]					
Data					

Odległość					
Temperatura					
Lufa czysta/brudna					
Uchyb pionowy [MIL] [MOA]					
Uchyb poziomy [MIL] [MOA]					
Data					

Odległość					
Temperatura					
Lufa czysta/brudna					
Uchyb pionowy [MIL] [MOA]					
Uchyb poziomy [MIL] [MOA]					
Data					

## SZYBKIE POPRAWKI

Amunicja:

Nastawa na

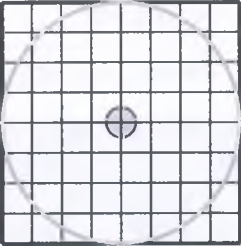
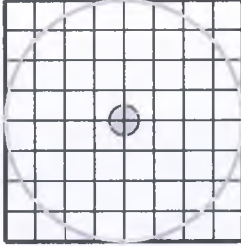
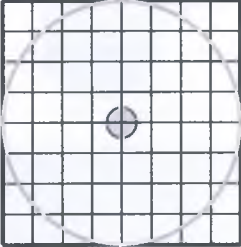
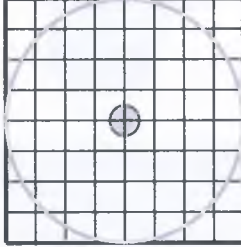
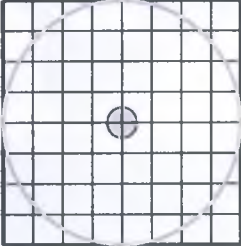
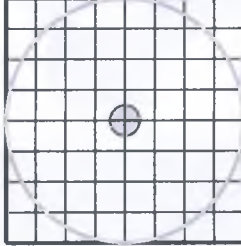
m

(






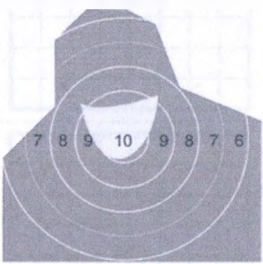
MIL)

MIL	Cel 1,8 m (stojący)		Cel 0,5 m (szerokość ramion)		Cel 0,3 m (głowa)	
	poprawka pionowa	poprawka na wiatr 5 m/s	poprawka pionowa	poprawka na wiatr 5 m/s	poprawka pionowa	poprawka na wiatr 5 m/s
0,5						
0,75						
1,0						
1,25						
1,5						
1,75						
2,0						
2,25						
2,50						
2,75						
3,0						
3,25						
3,5						
3,75						
4,0						

Rys. B.16. Strona 16

<b>Amunicja</b>		Odległość m			Odległość m	
<b>Data</b>		Nastawa pionowa			Nastawa pionowa	
<b>Godzina</b>		Nastawa pozioma			Nastawa pozioma	
<b>Miejsce</b>		Odległość m			Odległość m	
<b>Temperatura</b>		Nastawa pionowa			Nastawa pionowa	
<b>Ciśnienie</b>		Nastawa pozioma			Nastawa pozioma	
<b>Wiatr V [ m/s ]</b>		Odległość m			Odległość m	
<b>Kierunek</b>	○	Nastawa pionowa			Nastawa pionowa	
<b>Wilgotność</b>		Nastawa pozioma			Nastawa pozioma	
[1/4] [1/2] [1] MOA [0,1] [0,2] [0,5] MIL		<dzisiaj ILOŚĆ STRZAŁÓW dzisiaj >			łącznie:	

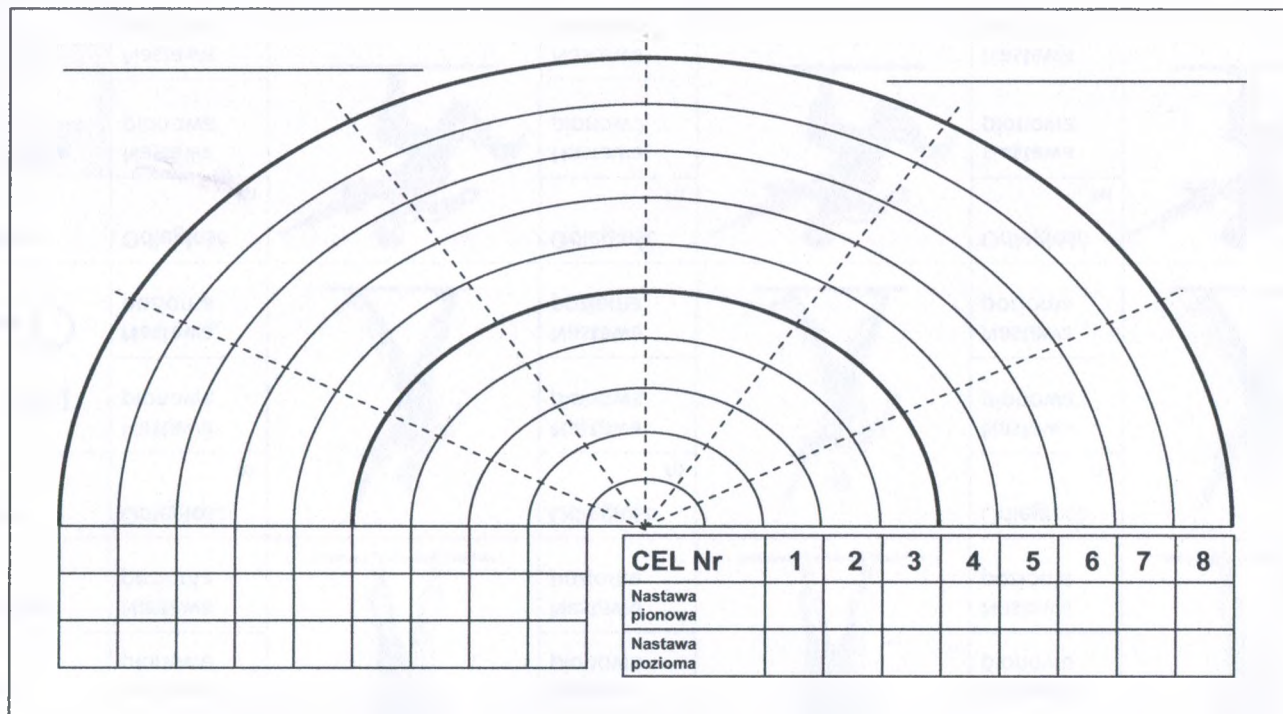
Rys. B.17. Strona 17

<b>Amunicja</b>		Odległość m			Odległość m	
<b>Data</b>		Nastawa pionowa			Nastawa pionowa	
<b>Godzina</b>		Nastawa pozioma			Nastawa pozioma	
<b>Miejsce</b>		Odległość m			Odległość m	
<b>Temperatura</b>		Nastawa pionowa			Nastawa pionowa	
<b>Ciśnienie</b>		Nastawa pozioma			Nastawa pozioma	
<b>Wiatr V [m/s]</b>		Odległość m			Odległość m	
<b>Kierunek</b>	○	Nastawa pionowa		○	Nastawa pionowa	
<b>Wilgotność</b>		Nastawa pozioma			Nastawa pozioma	
[1/4] [1/2] [1] MOA [0,1] [0,2] [0,5] MIL		<dzisiaj ILOŚĆ STRZAŁÓW dzisiaj >			łącznie:	

Rys. B.18. Strona 18

Data	Amunicja		Prędkość średnia		Miraż	Uwagi	Siatka [1/4] [1/2] [1] MOA [0,1] [0,2] [0,5] MIL		
			m/s				POI przewidywany x potwierdzony •		
<b>Godzina</b>	Odległość		Odległość		Odległość		Odległość		
	m				m				m
<b>Miejsce</b>	Nastawa pionowa		Nastawa pionowa		Nastawa pionowa				
<b>Temperatura</b>	Nastawa pozioma	Nastawa pozioma	Nastawa pozioma						
<b>Ciśnienie</b>	Odległość		Odległość		Odległość		Odległość		
	m				m				m
<b>Wiatr</b> V [ m/s]	Nastawa pionowa		Nastawa pionowa		Nastawa pionowa				
<b>Kierunek</b> ○	Nastawa pozioma	Nastawa pozioma	Nastawa pozioma						
<b>Wilgotność</b>	Odległość		Odległość		Odległość		Odległość		
	m				m				m
<b>Ilość strzałów</b> dzisiaj <input type="text"/>	Nastawa pionowa		Nastawa pionowa		Nastawa pionowa				
<b>łącznie</b> <input type="text"/>	Nastawa pozioma	Nastawa pozioma	Nastawa pozioma						

Rys. B.19. Strona 19



Rys. B.20. Strona 20

## Bibliografia

- [1] Bellinger John B., Haynes William J.: *A US government response to the International Committee of the Red Cross study Customary International Humanitarian Law*.  
[http://www.icrc.org/Web/eng/siteeng0.nsf/htmlall/review-866-p443/\\$File/irrc\\_866\\_Bellinger.pdf](http://www.icrc.org/Web/eng/siteeng0.nsf/htmlall/review-866-p443/$File/irrc_866_Bellinger.pdf)
- [2] Ejsmont Jerzy A.: *Celność broni strzeleckiej. Praktyczny poradnik*. Warszawa, WNT 2007.
- [3] Ejsmont Jerzy A.: *Edukacja strzelców wyborowych i snajperów*. Kwartalnik Bellona, nr 3/2008, MON.
- [4] Harper William W.: *The Behaviour of Bullets Fired Through Glass*. American Journal of Police Science, 29 (1938): 718.
- [5] Haugen Michael: *User Guide for MIL-DOT EQUIPPED OPTICS*. Remington Military Production Division, Article 2005.12MH.
- [6] Litz Bryan: *Applied Ballistics for Long Range Shooting*.
- [7] McDonald William T.: *Deflection and Drift of a Bullet in Crosswind*. USA, Sierra.
- [8] Miller Don: *How Good Are Simple Rules for Estimating Rifling Twist*. Precision Shooting, czerwiec 2009.
- [9] Parks W. Hays: *Annual Report on International Efforts to Prohibit Military Small Arms*. <http://www.dtic.mil/ndia/2001smallarms/parks1.pdf>.
- [10] Pejsa Arthur J.: *Modern Practical Ballistics*. USA, Kenwood Publishing.
- [11] *Podręcznik strzelca wyborowego*. Szkol. 444/71. Ministerstwo Obrony Narodowej, 1972.
- [12] [http://en.wikipedia.org/wiki/External\\_ballistics](http://en.wikipedia.org/wiki/External_ballistics)
- [13] [http://www.answers.com/topic/war-crime#cite\\_note-3](http://www.answers.com/topic/war-crime#cite_note-3)
- [14] [http://www.closefocusresearch.com/external-ballistics-summary#cite\\_note-12](http://www.closefocusresearch.com/external-ballistics-summary#cite_note-12)
- [15] <http://www.frfrogspad.com/bcdata.htm>
- [16] <http://www.icrc.org/ihl.nsf/COM/470-750051?OpenDocument>
- [17] <http://www.jbmballistics.com/cgi-bin/jbmdrag-5.0.cgi>
- [18] <http://www.6mmbr.com/parallax.html>
- [19] [http://yarchive.net/gun/rifle/lock\\_time.html](http://yarchive.net/gun/rifle/lock_time.html)



# Skorowidz

## Aberracja

- chromatyczna 17
- komatyczna 17
- sferyczna 17

Anemometr ⇒ wiatromierz

## Balistyka

- końcowa 114-149
- wewnętrzna 68-79
- zewnętrzna 80-115

BC (*ballistic coefficient*) 80-87, 100, 103, 196, 213-214, 235

BDC (*bullet drop compensation*) 37-38

Błędy 208-214

Boresighter 57-58, 61-62

Cel ruchomy 111-115

Celownik optyczny

- badanie 61-69
- centrowanie 49-51
- dobór 47-48
- obiektyw 16
- ogranicznik 35-36
- okular 16, 23
- pokręto regulacyjne 19-21, 34-40, 151

Ciśnienie

- atmosferyczne 100, 195-196
- barometryczne 100, 195
- poprawki 195, 210-211
- wpływ 100-101

Cosinus 11, 115, 198-199

Czas lotu pocisku 113-114

Dalmierz 40-41, 158-160

Derywacja ⇒ Znoszenie boczne

Drgania lufy 77-79, 218

Dziennik snajperski 236-264

FFP ⇒ Płaszczyzna ogniskowa pierwsza

Gęstość powietrza 100

GPS 160-161

Grzybkowanie 121

Hamulec wylotowy 75-76

Helikopter 188-192

## Kaliber

- .50 BMG 114, 126-127, 135-137, 139, 143, 202-207
- .223 Remington 114, 125-127, 131-133, 164, 166, 178-179, 202-206

## Kaliber

.308 Winchester 114, 124, 126-127, 129-131, 134-135, 138-141, 144, 146, 149, 164, 166, 178-179, 181, 186, 192-193, 195, 200, 202-206

.338 Lapua Magnum 114, 129-133, 138-139, 141-143, 145-146, 164, 166, 178, 180, 182, 186, 194, 196, 202-206

.408 CheyTac 126, 134, 138, 141-142, 182-183, 202-206

Kalkulator balistyczny 160, 178, 180, 231-235

Kanał postrzałowy

- chwilowy 119, 123
- trwały 119, 123, 125

## Mapa 161

Miara kątowna

- miliradian 13, 165
- minuta kątowna 3, 165
- radian 11
- tysięczna 14

MIL ⇒ Miara kątowna, tysięczna

Miraż 170-173, 225

MOA ⇒ Miara kątowna, minuta kątowna

Model balistyczny

- G1 81-87, 231-232
- G7 81-87, 231-232
- pocisk wzorcowy 81-85

Montaż

- pochylony 49, 53-54, 56
- równoległy 48, 53-54

Montowanie celownika 48-60, 222

Obejmy montażowe 51-58

Odległość

- określanie 12, 40-47, 158-163
- poprawki 157-158, 164-168, 208-209

Odrzut broni 74-76

Ośłona balistyczna 148-149

Paralaksa 22-27, 44

Penetracja

- oślon balistycznych 148-149, 206-207
- pojazdów 144-148
- stali konstrukcyjnej 135-144
- pancernej 137-144
- szyb 128-136
- tkanki organicznej 122-127

Płaszczyzna ogniskowa

- druga (tylna) 16, 28-30, 42, 61, 155, 167
- pierwsza (przednia) 16, 28-30, 155

Podrzut broni 76-77

Pokrycia antyrefleksyjne 18

- Powiększenie  
 dalmiercze 29, 157, 167  
 stałe 21-22  
 zmienne 21-22, 28-30, 42
- Powtarzalność nastaw 64-65
- Poziomica 111-112
- Prędkość  
 celu 113-115, 184-187  
 dźwięku 201-203  
 pocisku 71-74, 121-127  
 wiatru 102-109  
 wylotowa 70-79, 91
- Przebijalność 128-149
- Przymarzanie 38, 64-66, 153, 223
- Przystrzelanie broni 150-153
- Punkt  
 celowania 88  
 trafienia 88
- Radar dopplerowski 86-87
- Radian  $\Rightarrow$  Miara kątowna, radian
- Rany postrzałowe 116-127, 133
- Ruchoma platforma 188-193
- SFP  $\Rightarrow$  Płaszczyzna ogniskowa, druga (tylna)
- Siatka celownicza  
 typu MIL-DOT 30-32  
 MOA 32-33  
 PSO 34
- Siła  
 aerodynamiczna 89  
 bezwładności 87  
 grawitacji 87  
 oporu powietrza 89
- Sinus 11
- Skok gwintu 94-99, 218-221
- Skręcenie broni 109-111
- Snajper 5-9, 201-207
- Stabilizacja żyroskopowa 91, 93
- Standard meteorologiczny  
 ICAO 100  
 Metro 100
- Strzelanie pod kątem  $\Rightarrow$  Strzelanie w górę/  
 /w dół  
 w górę/w dół 47, 160, 196-200, 211-212
- Strzelec wyborowy 5-9
- Szyba 128-136
- Środek  
 ciężkości 91-93  
 naporu 91-93
- Tangens 11
- Temperatura  
 poprawki 193, 209  
 wpływ 71-74, 100-101, 224-225
- Test okienkowy 64-65
- Testowanie celownika 61-69
- Tłumik 218-221
- Tor lotu  $\Rightarrow$  Trajektoria
- Trajektoria 87-91, 103, 150
- Trójkąt 11
- Układ odwracający 16
- Wiatr  
 określanie prędkości i kierunku 105-109,  
 168-177  
 poprawki 153-155, 168, 177-183, 211-212  
 wpływ 89, 102-109
- Wiatromierz 168
- Wierzchołkowa toru 89, 107
- Wilgotność  
 poprawki 209-210  
 wpływ 100-101
- Współczynnik  
 balistyczny  $\Rightarrow$  BC  
 kształtu 81, 87  
 stabilności żyroskopowej 95-97, 104
- Wyprzedzenie do celu ruchomego 111-115, 184-  
 -188, 211, 213
- Wysokość 100-101, 195-196, 211
- Zjawisko żyroskopowe  
 nutacja 93  
 precesja 93, 102
- Znoszenie boczne 89-90, 96-98
- Żelatyna balistyczna 126-127

# Spis treści

Wstęp .....	5
<b>1. Specyfika strzelań snajperskich.....</b>	<b>7</b>
<b>2. Miary kątowe .....</b>	<b>10</b>
2.1. Podstawy trygonometrii .....	10
2.2. Minuta kątowa (MOA).....	13
2.3. Miliradiany, MIL-sy i tysięczne .....	13
<b>3. Celowniki optyczne .....</b>	<b>16</b>
3.1. Zasady budowy .....	16
3.1.1. Konstrukcja celownika optycznego .....	16
3.1.2. Stałe i zmienne powiększenie .....	21
3.1.3. Paralaksa .....	22
3.1.4. Pierwsza i druga płaszczyzna ogniskowa. ....	28
3.2. Siatki celownicze .....	30
3.2.1. Siatki typu MIL .....	30
3.2.2. Siatki pokrewne standardowi MIL-DOT.....	32
3.2.3. Siatki MOA .....	32
3.2.4. Siatki celowników PSO i pokrewnych .....	34
3.3. Pokręta regulacyjne.....	34
3.4. Wykorzystanie celownika do określania odległości.....	40
3.5. Dobór celownika .....	47
3.6. Montaż i zestrzajanie celownika .....	48
3.7. Testowanie celownika .....	61
3.7.1. Określanie wpływu zmiany powiększenia na położenie wskaźnika celowania .....	61
3.7.2. Powtarzalność i proporcjonalność nastaw.....	64
<b>4. Balistyka wewnętrzna.....</b>	<b>70</b>
4.1. Zjawiska zachodzące w komorze naboju i przewodzie lufy podczas strzału .....	70
4.2. Wpływ temperatury na zjawisko strzału .....	72
4.3. Drgania lufy, odrzut i podrzut broni .....	74
<b>5. Balistyka zewnętrzna .....</b>	<b>80</b>
5.1. Współczynnik balistyczny .....	80

5.2.	Trajektoria lotu pocisku . . . . .	87
5.3.	Stabilizacja żyroskopowa . . . . .	91
5.4.	Wpływ zjawiska żyroskopowego – znoszenie boczne . . . . .	96
5.5.	Wpływ ciśnienia, temperatury i wilgotności powietrza . . . . .	99
5.6.	Wpływ wiatru . . . . .	102
5.7.	Skręcenie broni . . . . .	109
5.8.	Wyprzedzenie . . . . .	111
<b>6.</b>	<b>Balistyka końcowa pocisków karabinowych . . . . .</b>	<b>116</b>
6.1.	Skuteczność trafienia istot żywych . . . . .	116
6.2.	Penetracja w tkance ludzkiej i zwierzęcej . . . . .	122
6.3.	Przebijalność szyb . . . . .	128
6.4.	Przebijalność elementów metalowych . . . . .	136
6.5.	Penetracja w pojazdach mechanicznych . . . . .	144
6.6.	Penetracja indywidualnych osłon balistycznych . . . . .	148
<b>7.</b>	<b>Nastawy celownika optycznego i techniki celowania . . . . .</b>	<b>150</b>
7.1.	Przystrzelanie broni . . . . .	150
7.2.	Wprowadzanie poprawek . . . . .	153
7.2.1.	Regulacja na pokrętlach . . . . .	153
7.2.2.	Odkładanie poprawek na siatce celowniczej . . . . .	154
7.2.3.	Przesunięcie punktu celowania . . . . .	157
7.2.4.	Jednoczesna regulacja na pokrętlach i odkładanie poprawek na siatce celowniczej . . . . .	157
7.3.	Poprawki na odległość . . . . .	157
7.3.1.	Ocena odległości za pomocą siatki celowniczej . . . . .	158
7.3.2.	Mierzenie odległości dalmierzem optycznym . . . . .	158
7.3.3.	Mierzenie odległości dalmierzem laserowym . . . . .	159
7.3.4.	Wykorzystanie GPS-u . . . . .	160
7.3.5.	Wykorzystanie mapy papierowej . . . . .	161
7.3.6.	Szacowanie odległości „na oko” . . . . .	162
7.3.7.	Wyznaczanie poprawek . . . . .	165
7.4.	Poprawki na wiatr . . . . .	168
7.4.1.	Pomiar prędkości wiatru wiatromierzem . . . . .	168
7.4.2.	Obserwacja mirażu . . . . .	170
7.4.3.	Obserwacja skutków działania wiatru – zachowania się flag, dymów i roślinności . . . . .	174
7.4.4.	Ocena prędkości wiatru na podstawie obserwacji punktu trafienia . . . . .	176

7.4.5.	Obliczanie poprawek na wiatr . . . . .	177
7.5.	Szybkie poprawki . . . . .	180
7.6.	Poprawki na wyprzedzenie . . . . .	184
7.7.	Poprawki przy strzelaniu z ruchomej platformy . . . . .	188
7.8.	Poprawki na temperaturę, wilgotność i ciśnienie . . . . .	193
7.9.	Poprawka na strzelanie w górę i w dół . . . . .	196
7.9.1.	Metoda odległości horyzontalnej . . . . .	198
7.9.2.	Metoda korekcji cosinusowej . . . . .	199
7.9.3.	Metoda Sierra . . . . .	199
<b>8.</b>	<b>Dobór broni i amunicji do charakteru zadania snajperskiego . . . . .</b>	<b>201</b>
<b>9.</b>	<b>Błędy i ich skutki . . . . .</b>	<b>208</b>
<b>10.</b>	<b>Strzelanie na bardzo dużą odległość . . . . .</b>	<b>215</b>
<b>11.</b>	<b>Strzelanie z amunicji poddźwiękowej . . . . .</b>	<b>217</b>
<b>12.</b>	<b>Rozwiązywanie problemów . . . . .</b>	<b>222</b>
<b>13.</b>	<b>Przygotowanie zindywidualizowanych tablic balistycznych, kalkulatory balistyczne . . . . .</b>	<b>231</b>
<b>14.</b>	<b>Dziennik snajperski . . . . .</b>	<b>236</b>
<b>15.</b>	<b>Zakończenie . . . . .</b>	<b>240</b>
	<b>Dodatek A – wzory tarcz . . . . .</b>	<b>242</b>
	<b>Dodatek B – dziennik snajperski . . . . .</b>	<b>245</b>
	<b>Bibliografia . . . . .</b>	<b>265</b>
	<b>Skorowidz . . . . .</b>	<b>266</b>

szanina estrów kwasu azotowego i celulozy; biała, włóknista masa, nierozpuszczalna w wielu rozpuszczalnikach organicznych; n. o dużej zawartości azotu stosuje się do wyrobu prochów bezdymnych o niższej zawartości azotu — głównie do wyrobu lakierów nitrocelulozowych i celulozoidu

**nitrofoska** — nawóz sztuczny wieloskładnikowy; pełny, zawierający azot, fosfor i potas, a także czasem wapń

**nitrogliceryna**,  $C_3H_5(ONO_2)_3$  — ester kwasu azotowego i gliceryny, oleista ciecz, bezbarwna lub żółtawa o palącym smaku, słabo rozpuszczalna w wodzie, rozpuszczalna w alkoholu i eterze; n. ma zastosowanie do produkcji dynamitu i innych materiałów wybuchowych, w małych dawkach jako lek przeciwko schorzeniom serca

**nitrowanie** — reakcja bezpośrednio wprowadzenia grupy funkcyjnej nitrowej  $\cdot NO_2$  na miejsce atomu wodoru w cząsteczce organicznej działaniem kwasu azotowego; jest to proces jednostkowy stosowany do otrzymywania związków nitrowych

**nitryfikatory** → bakterie nitryfikacyjne

**niuton**, N — jednostka główna siły w układzie SI; siła nadająca masie jednego kilograma przyspieszenie jednego metra na sekundę do kwadratu

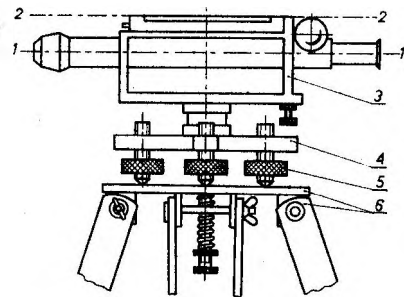
**niutonometr**, N·m — jednostka momentu siły w układzie SI; moment siły 1N względem punktu położonego w odległości 1 m od kierunku działania tej siły

**niutonosekunda**, N·s — jednostka popędu w układzie SI;  $1 N \cdot s = 0,1019716 \text{ kG} \cdot s$

**niwelacja** — *geod.* określanie wysokości punktów terenu lub różnic wysokości punktów terenu względem przyjętego poziomu odniesienia, którym może być albo poziom morza (geoida zerowa) albo dowolna powierzchnia równoległa do poziomu morza

**niwelator** — przyrząd geodezyjny do pomiaru różnic wysokości; rozróżnia się n. libellowe, samopoziomujące (automatyczne) i hydrostatyczne (oparte na za-

sadzie / naczyń połączonych); najczęściej stosowane n. techniczne libellowe składają się ze spodarki, alidady, lunety i libelli niwelacyjnej; rys. N-6



Rys. N-6. Niwelator: 1 — os celowa, 2 — os libelli niwelacyjnej, 3 — alidada, 4 — spodarka, 5 — śruby ustawcze (ustawowe), 6 — głowica statywu

**niweleta** — projektowany profil terenu; linia łącząca rzędne wysokości korony projektowanej budowli (np. drogi) w jej przekroju podłużnym

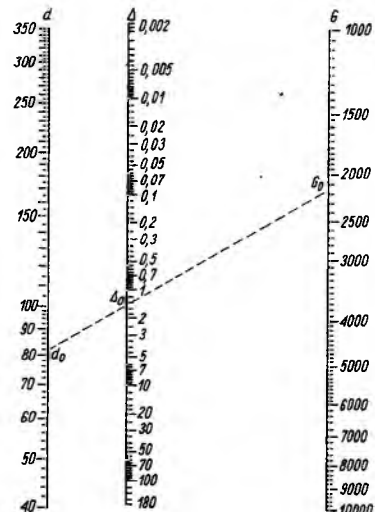
**niż atmosferyczny**, niż baryczny — obszar niskiego ciśnienia, w którym ciśnienie maleje ku środkowi N·m → niutonometr

**nobel**, No — promieniotwórczy pierwiastek chemiczny oddzielnej rodziny aktynowców w grupie dodatkowej skandowców (III grupa układu okresowego), liczba atomowa 102 (zob. tabl. 1); powstaje z kiuru w cyklotronie w wyniku przemiany promieniotwórczej, sam ulega rozpadowi promieniotwórczemu

**noktowizor** — przyrząd elektroniczny umożliwiający widzenie obiektów w ciemności; składa się ze źródła promieniowania podczerwonego „oświetlającego” teren oraz detektora odbitego promieniowania i przetwornika elektronooptycznego, który przetwarza odbite niewidzialne promieniowanie w obraz widzialny dla oka obserwatora

**nominalny** → znamionowy

**nomogram** — wykres umożliwiający wyznaczenie — bez obliczania — wartości dowolnej zmiennej z równania  $f(x, v, \dots) = 0$ , gdy znane są



Rys. N-7. Nomogram odpowiadający równaniu

$\Delta = 3160 \frac{G^{1,85}}{d^{4,97}}$ ; prowadząc linię prostą przez dane punkty  $d_0$ ,  $G_0$  otrzymuje się, w przecięciu z odcinkiem  $\Delta$ , punkt  $\Delta_0$

wartości pozostałych zmiennych; rys. N-7

**noniusz** — dodatkowa podziałka kreślowa nacięta bezpośrednio na suwaku przyrządu pomiarowego lub na płycie przymocowanej do suwaka albo nawet na nieruchomej części przyrządu (np. przy obrotowych stołach mikroskopów pomiarowych), która umożliwia odczytanie ułamkowej części wartości podziałki głównej; n. mogą być liniowe i kątowe; zasada działania przyrządu z n. oparta jest na określonej różnicy wielkości działki elementarnej podziałki głównej i działki n.

**nonparel** — *poligr.* stopień pisma drukarskiego o wielkości 6 punktów typograficznych (= 2,256 mm)

**norma** — zasada, przepis, wzór; zwykle jest to dokument techniczno-prawny określający jednoznacznie wymagania jakościowe lub ilościowe odnośnie przedmiotu n., a także zalecający lub zobowiązujący do ich przestrzegania; n. państwowe (w Polsce oznaczane

PN — Polska Norma) obowiązują na terenie całego kraju; n. branżowe (BN) przeznaczone są do stosowania w określone branże, niezależnie od administracyjnego podporządkowania zakładów pracy; n. zakładowe (ZN) — w jednym lub kilku zakładach pracy

**norma techniczna pracy** — niezbędny nakład pracy wyznaczony na wykonanie pojedynczej operacji wchodzącej w skład pewnego zadania roboczego i przebiegającej w określonych warunkach; podstawą n.t.p. jest norma czasu pracy, tj. nakład pracy określonej przez czas potrzebny do wykonania zadania roboczego; niekiedy stosuje się normę ilości pracy, tj. nakład pracy określony przez ilość produktu pracy wyznaczonej do wykonania w pewnym przedziale czasu

**normalizacja** — opracowywanie i wprowadzanie w życie norm

**normalna do krzywej (w punkcie)** — *mat.* prosta przechodząca przez dany punkt krzywej i prostopadła do stycznej do tej krzywej w tym punkcie; również długość odcinka normalnej do krzywej płaskiej w punkcie, zawartego między tym punktem i punktem przecięcia się normalnej z osią O<sub>x</sub>

**normalna do powierzchni (w punkcie)** — *mat.* prostopadła do płaszczyzny stycznej w danym punkcie powierzchni, przechodząca przez ten punkt

**normalność roztworu** — stężenie wyrażone liczbą gramorównoważników substancji znajdującej się w 1 dm<sup>3</sup> roztworu; w układzie SI nie ma pojęcia gramorównoważnika

**normatywy technologiczne** — zalecane z technicznego punktu widzenia parametry eksploatacji maszyn i urządzeń wpływające w sposób istotny na wartość czasu głównego i na jakość wyrobu (np. normatywy określające szybkość i głębokość skrawania, wartość posuwu narzędzia itp.)

**normowanie (techniczne) pracy** — dziedzina techniki zajmująca się wyznaczaniem norm technicznych pracy i ustalająca zasady i metody

szanina estrów kwasu azotowego i celulozy; biała, włóknista masa, nierozpuszczalna w wielu rozpuszczalnikach organicznych; n. o dużej zawartości azotu stosuje się do wyrobu prochów bezdymnych o niższej zawartości azotu — głównie do wyrobu lakierów nitrocelulozowych i celulozoidu

**nitrofoska** — nawóz sztuczny wieloskładnikowy; pełny, zawierający azot, fosfor i potas, a także czasem wapń

**nitrogliceryna**,  $C_3H_5(ONO_2)_3$  — ester kwasu azotowego i gliceryny, oleista ciecz, bezbarwna lub żółtawa o palącym smaku, słabo rozpuszczalna w wodzie, rozpuszczalna w alkoholu i eterze; n. ma zastosowanie do produkcji dynamitu i innych materiałów wybuchowych, w małych dawkach jako lek przeciwko schorzeniom serca

**nitrowanie** — reakcja bezpośrednio wprowadzenia grupy funkcyjnej nitrowej  $\cdot NO_2$  na miejsce atomu wodoru w cząsteczce organicznej działaniem kwasu azotowego; jest to proces jednostkowy stosowany do otrzymywania związków nitrowych

**nitryfikatory** → bakterie nitryfikacyjne

**niuton**, N — jednostka główna siły w układzie SI; siła nadająca masie jednego kilograma przyspieszenie jednego metra na sekundę do kwadratu

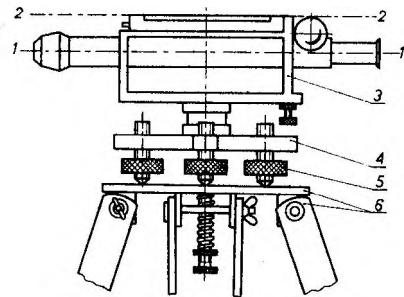
**niutonometr**,  $N \cdot m$  — jednostka momentu siły w układzie SI; moment siły 1N względem punktu położonego w odległości 1 m od kierunku działania tej siły

**niutonosekunda**,  $N \cdot s$  — jednostka popędu w układzie SI;  $1 N \cdot s = 0,1019716 \text{ kG} \cdot s$

**niwelacja** — *geod.* określanie wysokości punktów terenu lub różnic wysokości punktów terenu względem przyjętego poziomu odniesienia, którym może być albo poziom morza (geoida zerowa) albo dowolna powierzchnia równoległa do poziomu morza

**niwelator** — przyrząd geodezyjny do pomiaru różnic wysokości; różróżnia się n. libellowe, samopoziomujące (automatyczne) i hydrostatyczne (oparte na za-

sadzie naczyń połączonych); najczęściej stosowane n. techniczne libellowe składają się ze spodarki, alidady, lunety i libelli niwelacyjnej; rys. N-6



Rys. N-6. Niwelator: 1 — os celowa, 2 — os libelli niwelacyjnej, 3 — alidada, 4 — spodarka, 5 — śruby ustawcze (ustawowe), 6 — głowica statywu

**niweleta** — projektowany profil terenu; linia łącząca rzędne wysokości korony projektowanej budowli (np. drogi) w jej przekroju podłużnym

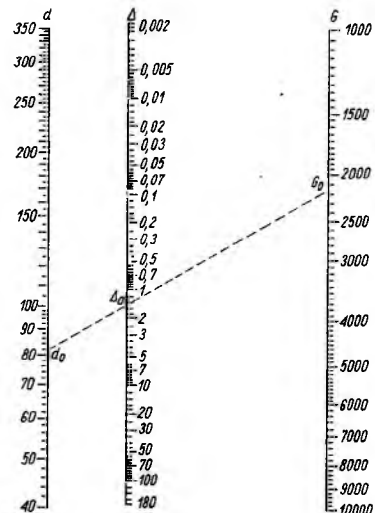
**niż atmosferyczny**, niż baryczny — obszar niskiego ciśnienia, w którym ciśnienie maleje ku środkowi  $N \cdot m$  → niutonometr

**nobel**, No — promieniotwórczy pierwiastek chemiczny oddzielnej rodziny aktynowców w grupie dodatkowej skandowców (III grupa układu okresowego), liczba atomowa 102 (zob. tabl. 1); powstaje z kiuru w cyklotronie w wyniku przemiany promieniotwórczej, sam ulega rozpadowi promieniotwórczemu

**noktowizor** — przyrząd elektroniczny umożliwiający widzenie obiektów w ciemności; składa się ze źródła promieniowania podczerwonego „oświetlającego” teren oraz detektora odbitego promieniowania i przetwornika elektronooptycznego, który przetwarza odbite niewidzialne promieniowanie w obraz widzialny dla oka obserwatora

**nominalny** → znamionowy

**nomogram** — wykres umożliwiający wyznaczenie — bez obliczania — wartości dowolnej zmiennej z równania  $f(x, v, \dots) = 0$ , gdy znane są



Rys. N-7. Nomogram odpowiadający równaniu

$\Delta = 3160 \frac{G^{1,85}}{d^{4,97}}$ ; prowadząc linię prostą przez dane punkty  $d_0$ ,  $G_0$  otrzymuje się, w przecięciu z odcinkiem  $\Delta$ , punkt  $\Delta_0$

wartości pozostałych zmiennych; rys. N-7

**noniusz** — dodatkowa podziałka kreślowa nacięta bezpośrednio na suwaku przyrządu pomiarowego lub na płycie przymocowanej do suwaka albo nawet na nieruchomej części przyrządu (np. przy obrotowych stołach mikroskopów pomiarowych), która umożliwia odczytanie ułamkowej części wartości podziałki głównej; n. mogą być liniowe i kątowe; zasada działania przyrządu z n. oparta jest na określonej różnicy wielkości działki elementarnej podziałki głównej i działki n.

**nonparel** — *poligr.* stopień pisma drukarskiego o wielkości 6 punktów typograficznych (= 2,256 mm)

**norma** — zasada, przepis, wzór; zwykle jest to dokument techniczno-prawny określający jednoznacznie wymagania jakościowe lub ilościowe odnośnie przedmiotu n., a także zalecający lub zobowiązujący do ich przestrzegania; n. państwowe (w Polsce oznaczane

PN — Polska Norma) obowiązują na terenie całego kraju; n. branżowe (BN) przeznaczone są do stosowania w określonej branży, niezależnie od administracyjnego podporządkowania zakładów pracy; n. zakładowe (ZN) — w jednym lub kilku zakładach pracy

**norma techniczna pracy** — niezbędny nakład pracy wyznaczony na wykonanie pojedynczej operacji wchodzącej w skład pewnego zadania roboczego i przebiegającej w określonych warunkach; podstawą n.t.p. jest norma czasu pracy, tj. nakład pracy określonej przez czas potrzebny do wykonania zadania roboczego; niekiedy stosuje się normę ilości pracy, tj. nakład pracy określony przez ilość produktu pracy wyznaczonej do wykonania w pewnym przedziale czasu

**normalizacja** — opracowywanie i wprowadzanie w życie norm

**normalna do krzywej (w punkcie)** — *mat.* prosta przechodząca przez dany punkt krzywej i prostopadła do stycznej do tej krzywej w tym punkcie; również długość odcinka normalnej do krzywej płaskiej w punkcie, zawartego między tym punktem i punktem przecięcia się normalnej z osią  $Ox$

**normalna do powierzchni (w punkcie)** — *mat.* prostopadła do płaszczyzny stycznej w danym punkcie powierzchni, przechodząca przez ten punkt

**normalność roztworu** — stężenie wyrażone liczbą gramorównoważników substancji znajdującej się w 1 dm<sup>3</sup> roztworu; w układzie SI nie ma pojęcia gramorównoważnika

**normatywy technologiczne** — zalecane z technicznego punktu widzenia parametry eksploatacji maszyn i urządzeń wpływające w sposób istotny na wartość czasu głównego i na jakość wyrobu (np. normatywy określające szybkość i głębokość skrawania, wartość posuwu narzędzia itp.)

**normowanie (techniczne) pracy** — dziedzina techniki zajmująca się wyznaczaniem norm technicznych pracy i ustalającą zasady i metody

szanina estrów kwasu azotowego i celulozy; biała, włóknista masa, nierozpuszczalna w wielu rozpuszczalnikach organicznych; n. o dużej zawartości azotu stosuje się do wyrobu prochów bezdymnych o niższej zawartości azotu — głównie do wyrobu lakierów nitrocelulozowych i celuloidu

**nitrofoska** — nawóz sztuczny wieloskładnikowy, pełny, zawierający azot, fosfor i potas, a także czasem wapń

**nitrogliceryna**,  $C_3H_5(ONO_2)_3$  — ester kwasu azotowego i gliceryny, oleista ciecz, bezbarwna lub żółtawa o palącym smaku, słabo rozpuszczalna w wodzie, rozpuszczalna w alkoholu i eterze; n. ma zastosowanie do produkcji dynamitu i innych materiałów wybuchowych, w małych dawkach jako lek przeciwko schorzeniom serca

**nitrowanie** — reakcja bezpośrednio wprowadzenia grupy funkcyjnej nitrowej  $\cdot NO_2$  na miejsce atomu wodoru w cząsteczce organicznej działaniem kwasu azotowego; jest to proces jednostkowy stosowany do otrzymywania związków nitrowych

**nitryfikatory** → bakterie nitryfikacyjne

**niuton**, N — jednostka główna siły w układzie SI; siła nadająca masie jednego kilograma przyspieszenie jednego metra na sekundę do kwadratu

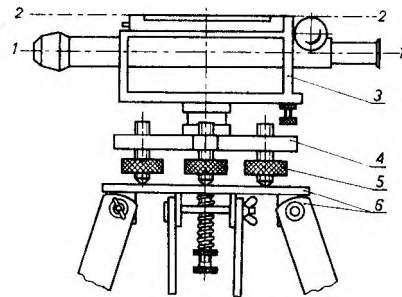
**niutonometr**,  $N \cdot m$  — jednostka momentu siły w układzie SI; moment siły 1N względem punktu położonego w odległości 1 m od kierunku działania tej siły

**niutonosekunda**,  $N \cdot s$  — jednostka popędu w układzie SI;  $1 N \cdot s = 0,1019716 \text{ kG} \cdot s$

**niwelacja** — *geod.* określanie wysokości punktów terenu lub różnic wysokości punktów terenu względem przyjętego poziomu odniesienia, którym może być albo poziom morza (geoida zerowa) albo dowolna powierzchnia równoległa do poziomu morza

**niwelator** — przyrząd geodezyjny do pomiaru różnic wysokości; rozróżnia się n. libellowe, samopoziomujące (automatyczne) i hydrostatyczne (oparte na za-

sadzie naczyń połączonych); najczęściej stosowane n. techniczne libellowe składają się ze spodarki, alidady, lunety i libelli niwelacyjnej; rys. N-6



Rys. N-6. Niwelator: 1 — oś celowa, 2 — oś libelli niwelacyjnej, 3 — alidada, 4 — spodarka, 5 — śruby ustawcze (ustawowe), 6 — głowica statywu

**niweleta** — projektowany profil terenu; linia łącząca rzędne wysokości korony projektowanej budowli (np. drogi) w jej przekroju podłużnym

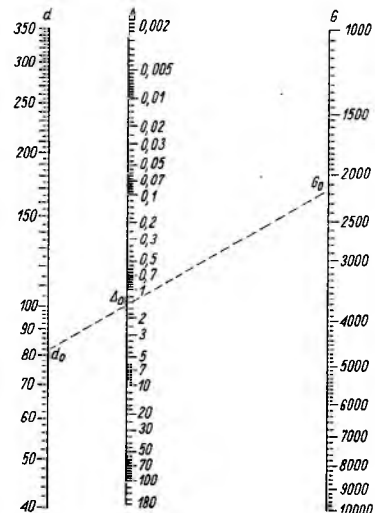
**niż atmosferyczny**, niż baryczny — obszar niskiego ciśnienia, w którym ciśnienie maleje ku środkowi  $N \cdot m$  → niutonometr

**nobel**, No — promieniotwórczy pierwiastek chemiczny oddzielnej rodziny aktynowców w grupie dodatkowej skandowców (III grupa układu okresowego), liczba atomowa 102 (zob. tabl. 1); powstaje z kiuru w cyklotronie w wyniku przemiany promieniotwórczej, sam ulega rozpadowi promieniotwórczemu

**noktowizor** — przyrząd elektroniczny umożliwiający widzenie obiektów w ciemności; składa się ze źródła promieniowania podczerwonego „oświetlającego” teren oraz detektora odbitego promieniowania i przetwornika elektronooptycznego, który przetwarza odbite niewidzialne promieniowanie w obraz widzialny dla oka obserwatora

**nominalny** → znamionowy

**nomogram** — wykres umożliwiający wyznaczenie — bez obliczania — wartości dowolnej zmiennej z równania  $f(x, v, \dots) = 0$ , gdy znane są



Rys. N-7. Nomogram odpowiadający równaniu

$\Delta = 3160 \frac{G^{1,65}}{d^{4,97}}$ ; prowadząc linię prostą przez dane punkty  $d_0$ ,  $G_0$  otrzymuje się, w przecięciu z odcinkiem  $\Delta$ , punkt  $\Delta_0$

wartości pozostałych zmiennych; rys. N-7

**nomiusz** — dodatkowa podziałka kreskowa nacięta bezpośrednio na suwaku przyrządu pomiarowego lub na płycie przymocowanej do suwaka albo nawet na nieruchomej części przyrządu (np. przy obrotowych stołach mikroskopów pomiarowych), która umożliwia odczytanie ułamkowej części wartości podziałki głównej; n. mogą być liniowe i kątowe; zasada działania przyrządu z n. oparta jest na określonej różnicy wielkości działki elementarnej podziałki głównej i działki n.

**nonparel** — *poligr.* stopień pisma drukarskiego o wielkości 6 punktów typograficznych (= 2,256 mm)

**norma** — zasada, przepis, wzór; zwykle jest to dokument techniczno-prawny określający jednoznacznie wymagania jakościowe lub ilościowe odnośnie przedmiotu n., a także zalecający lub zobowiązujący do ich przestrzegania; n. państwowe (w Polsce oznaczane

PN — Polska Norma) obowiązują na terenie całego kraju; n. branżowe (BN) przeznaczone są do stosowania w określonej branży, niezależnie od administracyjnego podporządkowania zakładów pracy; n. zakładowe (ZN) — w jednym lub kilku zakładach pracy

**norma techniczna pracy** — niezbędny nakład pracy wyznaczony na wykonanie pojedynczej operacji wchodzącej w skład pewnego zadania roboczego i przebiegającej w określonych warunkach; podstawą n.t.p. jest norma czasu pracy, tj. nakład pracy określonej przez czas potrzebny do wykonania zadania roboczego; niekiedy stosuje się normę ilości pracy, tj. nakład pracy określony przez ilość produktu pracy wyznaczonej do wykonania w pewnym przedziale czasu

**normalizacja** — opracowywanie i wprowadzanie w życie norm

**normalna do krzywej (w punkcie)** — *mat.* prosta przechodząca przez dany punkt krzywej i prostopadła do stycznej do tej krzywej w tym punkcie; również długość odcinka normalnej do krzywej płaskiej w punkcie, zawartego między tym punktem i punktem przecięcia się normalnej z osią  $Ox$

**normalna do powierzchni (w punkcie)** — *mat.* prostopadła do płaszczyzny stycznej w danym punkcie powierzchni, przechodząca przez ten punkt

**normalność roztworu** — stężenie wyrażone liczbą gramorównoważników substancji znajdującej się w  $1 \text{ dm}^3$  roztworu; w układzie SI nie ma pojęcia gramorównoważnika

**normatywy technologiczne** — zalecane z technicznego punktu widzenia parametry eksploatacji maszyn i urządzeń wpływające w sposób istotny na wartość czasu głównego i na jakość wyrobu (np. normatywy określające szybkość i głębokość skrawania, wartość posuwu narzędzia itp.)

**normowanie (techniczne) pracy** — dziedzina techniki zajmująca się wyznaczaniem norm technicznych pracy i ustalającą zasady i metody



szanina estrów kwasu azotowego i celulozy; biała, włóknista masa, nierozpuszczalna w wielu rozpuszczalnikach organicznych; n. o dużej zawartości azotu stosuje się do wyrobu prochów bezdymnych o niższej zawartości azotu — głównie do wyrobu lakierów nitrocelulozowych i celulozoidu

**nitrofoska** — nawóz sztuczny wieloskładnikowy, pełny, zawierający azot, fosfor i potas, a także czasem wapń

**nitrogliceryna**,  $C_3H_5(ONO_2)_3$  — ester kwasu azotowego i gliceryny, oleista ciecz, bezbarwna lub żółtawa o palącym smaku, słabo rozpuszczalna w wodzie, rozpuszczalna w alkoholu i eterze; n. ma zastosowanie do produkcji dynamitu i innych materiałów wybuchowych, w małych dawkach jako lek przeciwko schorzeniom serca

**nitrowanie** — reakcja bezpośrednio wprowadzenia grupy funkcyjnej nitrowej  $\cdot NO_2$  na miejsce atomu wodoru w cząsteczce organicznej działaniem kwasu azotowego; jest to proces jednostkowy stosowany do otrzymywania związków nitrowych

**nitryfikatory** → bakterie nitryfikacyjne

**niuton**, N — jednostka główna siły w układzie SI; siła nadająca masie jednego kilograma przyspieszenie jednego metra na sekundę do kwadratu

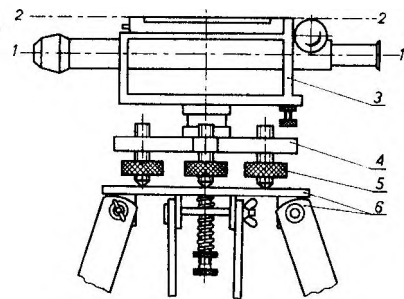
**niutonometr**,  $N \cdot m$  — jednostka momentu siły w układzie SI; moment siły 1N względem punktu położonego w odległości 1 m od kierunku działania tej siły

**niutonosekunda**,  $N \cdot s$  — jednostka popędu w układzie SI;  $1 N \cdot s = 0,1019716 \text{ kG} \cdot s$

**niwelacja** — *geod.* określanie wysokości punktów terenu lub różnic wysokości punktów terenu względem przyjętego poziomu odniesienia, którym może być albo poziom morza (geoida zerowa) albo dowolna powierzchnia równoległa do poziomu morza

**niwelator** — przyrząd geodezyjny do pomiaru różnic wysokości; rozróżnia się n. libellowe, samopoziomujące (automatyczne) i hydrostatyczne (oparte na za-

sadzie naczyń połączonych); najczęściej stosowane n. techniczne libellowe składają się ze spodarki, alidady, lunety i libelli niwelacyjnej; rys. N-6



Rys. N-6. Niwelator: 1 — os celowa, 2 — os libelli niwelacyjnej, 3 — alidada, 4 — spodarka, 5 — śruby ustawcze (ustawowe), 6 — głowica statywu

**niweleta** — projektowany profil terenu; linia łącząca rzędne wysokości korony projektowanej budowl (np. drogi) w jej przekroju podłużnym

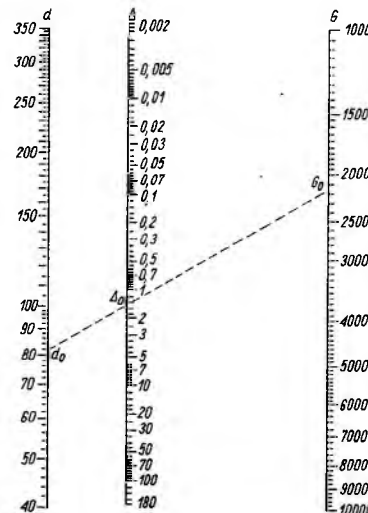
**niż atmosferyczny**, niż baryczny — obszar niskiego ciśnienia, w którym ciśnienie maleje ku środkowi  $N \cdot m$  → niutonometr

**nobel**, No — promieniotwórczy pierwiastek chemiczny oddzielnej rodziny aktynowców w grupie dodatkowej skandowców (III grupa układu okresowego), liczba atomowa 102 (zob. tabl. 1); powstaje z kiuru w cyklotronie w wyniku przemiany promieniotwórczej, sam ulega rozpadowi promieniotwórczemu

**noktowizor** — przyrząd elektroniczny umożliwiający widzenie obiektów w ciemności; składa się ze źródła promieniowania podczerwonego „oświetlającego” teren oraz detektora odbitego promieniowania i przetwornika elektronooptycznego, który przetwarza odbite niewidzialne promieniowanie w obraz widzialny dla oka obserwatora

**nominalny** → znamionowy

**nomogram** — wykres umożliwiający wyznaczenie — bez obliczania — wartości dowolnej zmiennej z równania  $f(x, v, \dots) = 0$ , gdy znane są



Rys. N-7. Nomogram odpowiadający równaniu

$$\Delta = 3160 \frac{G^{1,65}}{d^{4,87}}$$

przez dane punkty  $d_0$ ,  $G_0$  otrzymuje się, w przecięciu z odcinkiem  $\Delta$ , punkt  $\Delta_0$

wartości pozostałych zmiennych; rys. N-7

**noniusz** — dodatkowa podziałka kreślowa nacięta bezpośrednio na suwaku przyrządu pomiarowego lub na płycie przymocowanej do suwaka albo nawet na nieruchomej części przyrządu (np. przy obrotowych stołach mikroskopów pomiarowych), która umożliwia odczytanie ułamkowej części wartości podziałki głównej; n. mogą być liniowe i kątowe; zasada działania przyrządu z n. oparta jest na określonej różnicy wielkości działki elementarnej podziałki głównej i działki n.

**nonparel** — *poligr.* stopień pisma drukarskiego o wielkości 6 punktów typograficznych (= 2,256 mm)

**norma** — zasada, przepis, wzór; zwykle jest to dokument techniczno-prawny określający jednoznacznie wymagania jakościowe lub ilościowe odnośnie przedmiotu n., a także zalecający lub zobowiązujący do ich przestrzegania; n. państwowe (w Polsce oznaczane

PN — Polska Norma) obowiązują na terenie całego kraju; n. branżowe (BN) przeznaczone są do stosowania w określone branże, niezależnie od administracyjnego podporządkowania zakładów pracy; n. zakładowe (ZN) — w jednym lub kilku zakładach pracy

**norma techniczna pracy** — niezbędny nakład pracy wyznaczony na wykonanie pojedynczej operacji wchodzącej w skład pewnego zadania roboczego i przebiegającej w określonych warunkach; podstawą n.t.p. jest norma czasu pracy, tj. nakład pracy określonej przez czas potrzebny do wykonania zadania roboczego; niekiedy stosuje się normę ilości pracy, tj. nakład pracy określony przez ilość produktu pracy wyznaczonej do wykonania w pewnym przedziale czasu

**normalizacja** — opracowywanie i wprowadzanie w życie norm

**normalna do krzywej** (w punkcie) — *mat.* prosta przechodząca przez dany punkt krzywej i prostopadła do stycznej do tej krzywej w tym punkcie; również długość odcinka normalnej do krzywej płaskiej w punkcie, zawartego między tym punktem i punktem przecięcia się normalnej z osią  $Ox$

**normalna do powierzchni** (w punkcie) — *mat.* prostopadła do płaszczyzny stycznej w danym punkcie powierzchni, przechodząca przez ten punkt

**normalność roztworu** — stężenie wyrażone liczbą gramorównoważników substancji znajdującej się w  $1 \text{ dm}^3$  roztworu; w układzie SI nie ma pojęcia gramorównoważnika

**normatywy technologiczne** — zalecane z technicznego punktu widzenia parametry eksploatacji maszyn i urządzeń wpływające w sposób istotny na wartość czasu głównego i na jakość wyrobu (np. normatywy określające szybkość i głębokość skrawania, wartość posuwu narzędzia itp.)

**normowanie (techniczne) pracy** — dziedzina techniki zajmująca się wyznaczaniem norm technicznych pracy i ustalającą zasady i metody