

PERSPEKTYWY ROZWOJU FORTYFIKACJI PO 1945 R. BUDOWNICTWO SCHRONOWE

Janusz MINIEWICZ

W 1944 r. Niemcy hitlerowskie zagrożone przez narastające alianckie ofensywy lądowe i lotnicze, widzieli pilną potrzebę rozwoju fortyfikacji, w celu skompensowania przewagi przeciwnika. Niemal do ostatniej chwili ich wysiłek fortyfikacyjny był bardzo duży. Interesującym wydaje się być prześledzenie do czego zagrożone Niemcy doszły i czego można by się spodziewać dzisiaj w dziedzinie fortyfikacyjnej. Artykuł jest oparty na zgromadzonych dostępnych materiałach tematu. Jednak ze względu na ścisłą tajemnicę wojskową dotyczącą zwłaszcza obiektów najnowszych, część informacji może mieć charakter nieścisły.

1. Obiekty naziemno-podziemne

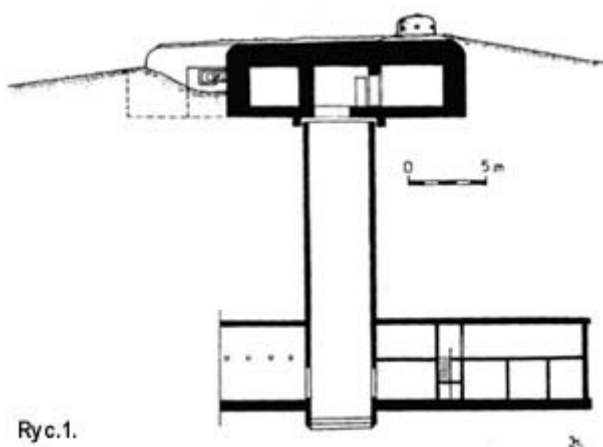
Niemcy, by ułatwić wznoszenie fortyfikacji przed- i w czasie wojny, opracowali jako pierwsi aż 1000 wzorów budowlanych tzw. Regelbauten [1]. Pomijały one długi etap projektowania, wprowadzały maksymalną standaryzację oraz ukazywały ogromne niemieckie doświadczenie, przodujące wówczas w świecie.

Poza Regelbauten wzniesiono też wiele obiektów indywidualnie.

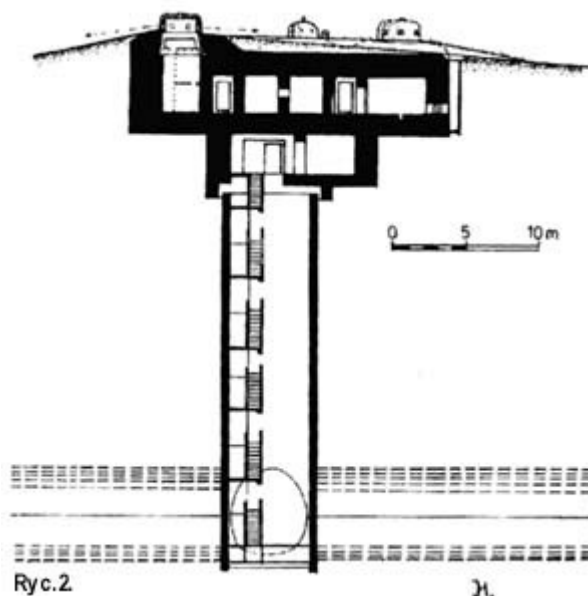
Wcześniej w latach 1933-37 poligonem niemieckich fortyfikacji, przewyższających w niektórych dziedzinach sławną Linie Maginota, stały się fortyfikacje Międzyrzeckiego Rejonu Umocnionego tzw. Die Festungsfront Oder-Warhe-Boden (OWB) [2]. Były to pierwsze niemieckie fortyfikacje, w których rozmiary części podziemnej-schronowej wielokrotnie przewyższały część naziemną-bojową. Zagłębianie się pod ziemię stało się stałym trendem. W starszym typie naziemnych obiektów bojowych tzw. pancerwerków (PzW), zabezpieczenie okrągłego pionowego szybu do podziemi stanowił jedynie pojedynczy strop o grubości 1,50 m żelbetonu (patrz ryc. 1).

W nowszych typach szyb zabezpieczały już 2 stropy o grubości 1,50 każdy.

Osiągnięto to przez budowę kondygnacji dolnej w postaci sztywnej żelbetowej skrzyni o tej samej grubości stropów i ścian co większa kondygnacja



Ryc.1.



Ryc.2.

górną (dotychczas kondygnacja dolna miała mniejszą grubość konstrukcji niż górna). Ponadto rozdzielono schody zejściowe z kondygnacji górnej od zejścia do podziemnych wyrobisk, tak by osie obu zejść przesunięte były wobec siebie możliwie daleko (patrz ryc. 2) [3].

Było to już rozwiązanie perspektywiczne, gdyż dodając do obiektu naziemnego jeszcze 1-2 niewielkie kondygnacje dolne (techniczne) uzyskiwano dodatkowe stropy zabezpieczające szyb do podziemi. W ten sposób by uzyskać trafienie w podziemny szyb o średnicy 5,00 m trzeba by przebić 3 lub 4 stropy żelbetowe osłaniające go. Tego typu rozwiązania zaczęły być coraz konieczniejsze od 1942 r., gdy zaczęły się naloty dywanowe na Niemcy.

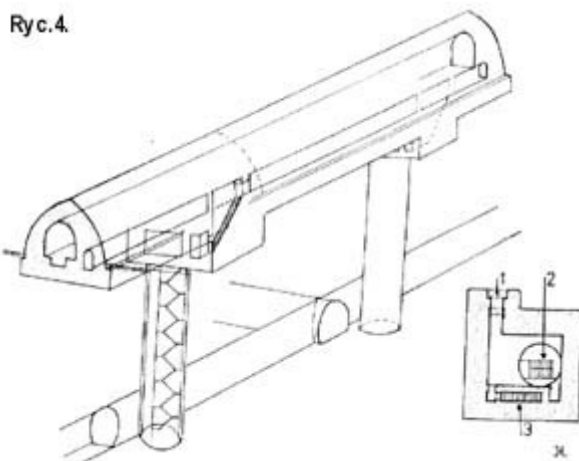
Przygotowując się do ataku na ZSRR, Niemcy w celu ochrony pociągów sztabowych wzniesli w 1940 r. w Polsce schrony kolejowe w: Jeleniu, Konewce, Stępinie i w Strzyżowie - tunel pod Żarnowską Górą. Ponadto schrony kolejowe wzniesiono na Wale Atlantyckim. Po dziś dzień trwają w naszej literaturze tematu dyskusje czy długie schrony kolejowe miały też część podziemną [4]. Wiadomo, że stawiano je na nieco szerszej od obiektu płycie fundamentowej (w miejscowości Jeleń przekopano się pod tą płytę i na nic nie natrafiono) [5].

Oceniając to z punktu fortyfikatora można zauważyć, że taka konstrukcja spełniała swą rolę do 1943 r. zaś później mogłaby ulec zniszczeniu. Wojna przyniosła niebywały rozwój budownictwa podziemnego związany z nasileniem ofensywy lotniczej i stale wzrastającą wagą i siłą rażenia bomb [6]. Pojawienie się bomb przeciwpancernych z napędem raketowym umożliwiło przenikanie przez żelbetowe stropy. Do tego doszły latające (początkowo V-1; ich obecnym odpowiednikiem są Cruise) oraz rakiety. Oznaczało to konieczność zwiększenia grubości konstrukcji schronów i budowę głębszych i silniejszych fundamentów, z powodu coraz większego wnikania bomb w grunt [7]. Zabezpieczenie przed skutkami bombardowań ważnych obiektów militarnych i przemysłowych oraz budowa dużych schronów stały się nakazem. W tym zakresie Niemcy wykonali zadziwiający program, naśladowany później przez innych.

Jak mogłby wyglądać podobny schron kolejowy od 1943 r., pokazuje ryc. 4. Musiałby otrzymać zwiększoną grubość konstrukcji, ale tego nie można czynić poza rozsądną miarę. Powinien więc otrzymać część podziemną. Obok zasadniczego pomieszczenia tunelowego z 2 niewielkimi peronikami, w którym stacjonował pociąg znajdował się segmentowany już, szerokości 1,80 m.

Korytarz (segmentowanie lokalizowało uszkodzenia). Korytarz ten pełnił rolę schronu i był dużo trudniejszy do zniszczenia niż duża część tunelowa, lecz i to mogło nie wystarczyć. Z korytarza wystarczyłyby schody w dół do wąskiego pomieszczenia, z którego wchodziłoby się do pomieszczenia większego, kryjącego szyb w dół ze schodami. Schemat takiego rozwiązania byłby podobny do rozwiązania modelowego zastosowanego w standardowym PzW 717 (ryc. 2).

W związku z tym pozostaje pytanie czy również Kwatera Główna Hitlera w Kętrzynie, w lesie Gierłoż tzw. FHQu Wolfsschanze - zbudowana w 1940-41 r. ciągle modernizowana - posiadała tylko część naziemną, bez podziemnych wyrobisk [8]. Jak



dotychczas taki pogląd przeważał. Jednak wiemy, że Hitler miał szczególne upodobanie do podziemnych kwater. Znamy już podziemia w Obersalzbergu tzw. FHQu Berghof [9]. Podziemną kwaterę wzniesiono też dla Hitlera pod zamkiem w Książu [10]. Dotychczas sądzono, że Führerbunker pod kancelarią Rzeszy miał tylko 2 kondygnacje: naziemną i podziemną, zabezpieczone stropem 5 m grubości (plan tego bunkra, lecz w wersji popularnej, opublikowano [11]). Teraz okazuje się, że miejsce pobytu Hitlera znajdowało się nie tuż pod powierzchnią ziemi, ale pod ziemią 16 m poniżej kondygnacji odkopanego obecnie fragmentu tej ostatniej kwatery [12]. Część dolna zalana jest wodą. Stąd wniosek, że do tej części podziemnej prowadził pionowy szyb. Czy nie jest dziwne, że w Kętrzynie nie było części podziemnej na głębokości ok. 50 m? Biorąc pod uwagę podobny schemat, część nadziemna była tu ponad miarę wzmocniona do 8 m grubości, ale miała też zapewne 2-3 kondygnacje dolne. Zejście do szybu z windą i schodami byłoby w kondygnacji najniższej. Gdyby te zejścia i część kondygnacji zalać silną płytą betonową i umiejętnie wysadzić część górną, to spadający gruz zasypałby zejścia w dół i nie byłoby po nich śladu (a było dość czasu by to przygotować).

2. Obiekty podziemne

W czasie 4 lat wojny mimo ograniczeń i niszczącej niezwykle fali bombardowań, Niemcy zdołali osiągnąć postęp techniczny prawie taki jaki dokonał się później w czasie półwiecza [13]. Trzykrotny wzrost produkcji przemysłu zbrojeniowego wynikał z decyzji przeniesienia przemysłu pod ziemię. To radykalne rozwiązanie, dało prawie całkowitą ochronę fabryk przed falą nalotów. W efekcie procesu decentralizacji produkcji i późniejszego z przełomu 1943/44 tzw. "Programu Geilenberga" postanowiono dla potrzeb przemysłu budowę lub adaptację aż 800 dużych obiektów podziemnych [14]. Program był tak obszerny, że do przełomu 1946/47 zamierzano przenieść pod ziemię cały przemysł zbrojeniowy, paliwowy oraz najtajniejsze laboratoria i kwatery III Rzeszy. Realizacja tego programu dała ogromne pionierskie doświadczenie, którego owoce zebrali później zwycięzcy: ZSRR i USA. Realizowane obiekty podziemne musiały spełniać określone warunki. Najważniejsze były uwarunkowania geologiczne i hydrologiczne, następnie bliskość infrastruktury komunikacyjnej i energetycznej oraz możliwość maskowania (szerzej te warunki omawia Igor Witkowski [15]). Z powodów geologicznych podziemne fabryki wyglądały inaczej niż naziemne. Obiekty podziemne opierały się o system szybów i poziomych korytarzy tworzących jakby szachownicę korytarzy podzielonych potężnymi warstwami calizny skalnej, na której opierał się górotwór. Czasem fabryki miały 2-3 poziomy, lecz musiały być oddzielone grubym nadkładem. W rezultacie skalnych filarów (calizn) obszar fabryki podziemnej był większy niż naziemnej; uważano ją za płytką, gdy nadkład skalny nie przekraczał 100 m. Była i druga metoda pozwalająca znacznie szybciej uzyskać ogromną halę podziemną. Zaczynano ją drążyć od pionowych szybów, a następnie poziomych sztolni, które gdy były już dostatecznie blisko - obwalano. W ogromnej hali można było postawić normalną żelbetową fabrykę. W czasie obwalania strop skalny jednak ulegał spękaniu. Niemieccy konstruktorzy opracowali więc metodę wzmocnienia stropu długimi stalowymi prętami (kotwami) wbijanymi w

wywiercone otwory i zalewanymi betonem. Niemcy w czasie wojny prowadzili budowę w skałach miękkich (piaskowiec, gips, andryhyd, sól i wyjątkowo twardym gnejsie - "Riese"). Pozwalało to na uzyskiwanie dużych kubatur.

Nadkład skalny wynosił minimum 70 m i więcej. Drażenie sztolni, hal realizowano metodami górniczymi przy pomocy ręcznych ciężkich młotów i wiertarek pneumatycznych oraz odstrzałów - słabymi wybuchami. Dzienny przyrost długości sztolni wynosił ok. 10 m; była to bardzo ciężka praca wykonywana rękami budujących to więźniów. Nowością był samobieżny kombajn z wirującą tarczą kołową. Przyspieszył znacznie budowę oraz pierwsze typy podziemnych koparek. Były to pierwsze eksperymenty. Jeżeli nad stropem skalnym były warstwy minerałów lub skały o mniejszej wytrzymałości strop mógł zawalić się. Aby temu zapobiec nauczono się wylewać żelbetonowy strop.

Osobnym problemem były sztolnie odwadniające i szyby wentylacyjne. Te ostatnie projektowano i maskowano poprzez różne budyneczki lub inaczej. Raz już spękane skały wykazywały tendencję do szybkiego erodowania. Należało je obetonować, zwłaszcza wejścia wymagały silnej obudowy, w której strop dochodził czasem aż do 10 m żelbetonu. Obiekty podziemne (fabryki lub schrony) zbudowane tuż przed- lub na początku wojny na głębokości kilkunastu metrów mogły być w 1944 r. zniszczone przez bomby o masie kilku ton, których przedtem nie znano. Do wielu tych fabryk w ogromnej większości nieukończonych - doprowadzono naziemne linie energetyczne i kolejowe. Do niektórych mogły dochodzić z podziemnych tuneli.

W sumie Niemcy opracowali pionierską metodę budowy gigantycznych hal produkcyjnych, bez podpór lub z nimi, o kubaturze dziesiątek tysięcy metrów sześciennych. Czy taką gigantyczną halę miał mieć w części centralnej, dotąd nie odkrytej, podziemny obiekt "Riese" w Górach Sowich? (- pyta Igor Witkowski ^[16]). Na razie nie wiadomo.

Natomiast Amerykanie taką metodą, ale zmodernizowaną, zbudowali kwaterę dowodzenia obroną powietrzno-kosmiczną NORAD ulokowaną pod górą Cheyenne. Projekt wykonał inż. Wiebel w oparciu właśnie o "Riese". Sposób budowy kwatery NORAD pokazał niedawno program TV "Discovery". Pokazało się, że w trakcie budowy mimo dokonywania precyzyjnych wybuchów by obwalać strop skalny, naruszono lokalnie strukturę skały. Spowodowało to oprócz wzmacniania stropów kotwami konieczność budowy ogromnych filarów wspierających (pełniących rolę calizn skalnych); wzrosły też niewspółmiernie koszty budowy.

W latach osiemdziesiątych strategiczny pocisk rakietowy "Pershing II" z precyzyjnie naprowadzaną głowicą przenikał już 20-30 m w głąb ziemi. Miał atakować strukturę dowodzenia Układu Warszawskiego (wykorzystującą również ponemieckie obiekty podziemne np. w Legnicy, Bornym Sulinowie czy w Zossen w NRD). Oznaczało to groźbę sparaliżowania całego systemu dowodzenia i zmusiło do kosztownych przewartościowań, które stopniowo zachwiały system ZSRR ^[17]. Podziemne schrony przeciwatomowe powstawały i będą jeszcze powstawać w znacznej mierze o niemieckie doświadczenia.

Stalin postanowił skorzystać z tych doświadczeń. Chodziło już nie tyle o ochronę przed środkami konwencjonalnymi, co przed atakiem jądrowym. Stalin wysnuł więc imponujący plan wybudowania linii kolejowej ukrytej w tunelu przebiegającym pod Syberią. W tym celu rozpoczęto prace, lecz przerwano je po śmierci Stalina ^[18].

Amerykanie posunęli się znacznie dalej. Ponieważ ZSRR uzyskał podobne do Pershingów rakiety samosterujące, musieli opracować nowy sposób zabezpieczenia kwater dowodzenia. Do drążenia tuneli obecnie niezbędne są skomplikowane i drogie maszyny, zaś kamienny lub ziemny urobek jak dotychczas wywożą ogromne ciężarówki. Nie można tego zrobić niepostrzeżenie, co zdradza miejsce budowy kwatery. Amerykański patent z 26 września 1972 r. opisuje nuklearną wiertnicę tunelową [19]. Maszyna przebija się, stapia skałę lub ziemię, która ścina się, przybierając szklista konsystencję [20]. Dzięki temu nie trzeba jej wywozić. Projekt ten już zrealizowany powstał w Laboratorium w Los Alamos. Można przyjąć, że tego rodzaju wiertnice wykorzystywane są obecnie do budowy tajnych kompleksów wojskowych. W rezultacie kwaterę w Cheyenne uważa się już za przestarzałą.

Aktualne obiekty zważywszy odejście wykonawstwa od żmudnych metod ręcznych na rzecz maksymalnie technicznych, mogą być przykryte warstwa twardej skały o nadkładzie od 100 do 300 m, czasem większym. Zważywszy potężną falę podmuchu atomowego wjazd do podziemi nie może już znajdować się w linii prostej osłaniany jedynie potężnymi suwanymi drzwiami stalowo-betonowymi. Wjazd musi mieć kształt długiego łuku z dwoma nie zamkniętymi wylotami, w którym jest poprzeczny tunel wejściowy do wnętrza zamykany podwójnymi drzwiami. To dla rozprężenia podmuchu, tak jak dawniej czyniła to tzw. "przelotnia" w schronie. Również obecnie linia kolejowa doprowadzona do obiektu (dowodzenia lub przemysłowego) na zewnątrz powierzchni, jest zbyt zagrożona; ponadto zdradza obiekt. Powinna więc być podziemna lub doprowadzona z pobliskiego tunelu. W podziemne skalne komory są wstawione pomieszczenia nie bezpośrednio, ale obudowane konstrukcją stalową zabezpieczającą przed impulsami elektromagnetycznymi i wstrząsami szkodliwymi dla ludzi i urządzeń zwłaszcza elektronicznych. Te stalowe 1-2 piętrowe pomieszczenia są izolowane od skalnego wyrobiska potężnymi amortyzatorami [21].

Wojna w Iraku (w 1991 r.) wykazała, że precyzyjne pociski samosterujące ze względu na zwiększoną przenikalność (ziemi lub skały) i wstrząsy zniszczyły część irackich obiektów podziemnych [22]. Grubość obudowy żelbetowej szybów, tuneli i wyrobisk musi być parokrotnie większa niż w czasie drugiej wojny światowej. Niemcy jeszcze w czasie wojny zaczęli eksperymenty z warstwami betonowymi stropów i ścian oraz wprowadzili nowe materiały np. wzmocniony żelbet. Zasada tego była prosta, chodziło o załamanie fali uderzeniowej w jednorodnym dotychczas żelbetonie. Ciężkie się porównanie do obecnie warstwowanych panczerzy, czołgów i pojazdów pancernych. Ostatnio ulepszono technologię cementu, wylewania betonu i prętów zbrojeniowych, ale to ciągle za mało; za słabe są środki obrony. Czy nie warto by rozpocząć eksperymenty z cementem próbując dodawać do niego różne komponenty, jak uczyniono to z panczerem warstwowym?

Według niektórych wersji, nuklearnymi wiertnicami tunelowymi Amerykanie mogli już zbudować pod jakimś kompleksem gór tunel aż 300 km długości z ok. 900 m grubości nadkładem skalnym. Od tego głównego tunelu odchodzą mają boczne odgałęzienia do wielu podziemnych baz [23].

Najnowsze typy maszyn do drążenia tuneli (konwencjonalno-tarczowe, płomieniowe, elektronowe i liczne niekonwencjonalne określane mianem techniki kosmicznej jak np. laserowe czy wręcz "atomowe krety") oraz

przykłady podziemnego budownictwa podaje opracowanie: Richard Sauder, Podziemne bazy i tunele, Wyd. Amber, Warszawa 2002. Przy pomocy "atomowych kretów" planuje się budowę wielkiego systemu tuneli, który połączyłby sieci metra wschodniego wybrzeża Stanów od Waszyngtonu po Boston [24]. Ponadto z głęboko ukrytej w górach sieci tunelów mogą iść w kierunku powierzchni ślepe tunele (nieukończone celowo), które maszyny do drażnienia tuneli wyprowadziłyby na powierzchnię dopiero po ataku nuklearnym by wykonać odwetowe uderzenia z platform transportowych pocisków balistycznych. Takie rozwiązanie jest nie do wykrycia przez przeciwnika i pozwoli zachować Ameryce ""ostatnie słowo" w ewentualnym konflikcie [25]. Jak z tego wynika dotychczas stosowane schrony szybowe pocisków balistycznych są już zbyt zagrożone, gdyż można ustalić ich lokalizację (pomimo maskowania).

Amerykanie wytwarzają i rozprzestrzeniają w jonosferze fale EKF bardzo niskiej częstotliwości, 1-100 Hz (zwane też "podgrzewacze atmosfery"). Czynią to na Alasce w ramach projektu HAARF, by wykorzystać te fale do komunikacji z podziemnymi bazami wojskowymi i łodziami podwodnymi. Ponadto fale ELF (zwłaszcza 8 Hz) pozwalają wysledzić podziemne bazy militarne przeciwnika [26]. Jeżeli tak, to musi się cisnąć pytanie. Dlaczego wobec tego w Polsce (zwłaszcza na Śląsku) szukamy tyle podziemnych obiektów poniemieckich, ukrytych przez nich, z różnymi "skarbami" (np. ostatnio szukano "złotego pociągu" [27]) w ostatnim okresie wojny? Czy fale te są zakłócanie np. przez różne warstwy geologiczne lub naturalne pustki w ziemi? Tego nie wiemy. Z powyższych rozważań wynika, że problem budownictwa podziemnego ulega coraz większemu skomplikowaniu. W grę zaczynają wchodzić coraz to nowe czynniki. Ostatnio coraz bardziej daje znać o sobie "czynnik ekologiczny" - związany z buntem planety Gaja, przeciw sposobom ludzkiego gospodarowania. Wznoszenie ważnych dla państwa kwater i magazynów (szczególnie żywnościowych, które wobec możliwej suszy mogą okazać się największym "skarbem") nie powinno się odbywać w miejscach zagrożonych: powodzią, trzęsieniami czy wybuchem wulkanów [28],[29]. Ułatwić to powinny mapy ewentualnych zagrożeń terenu.

Przypisy:

1. Wzory regelbauten różnych typów i serii podaje: R. Rolf, Het Fortificatie-ontwerp 1935-1945, Beetsterzwaag 1985.
2. Szerzej: J. Miniewicz, B. Perzyk, Międzyrzecki Rejon Umocniony. Warszawa 1993.
3. Plan PzW 717 podaje: J. Miniewicz, B. Perzyk. Międzyrzecki..., s.38.
4. Np. R. Wójcik, Podziemne tajemnice Hitlera - poszukiwania, Warszawa 2000, s.21.
5. Tamże, s. 21. Plan schronu kolejowego w Stępinie, podaje B. Pietrzyk w: Fortyfikacja, 2. Schrony kolejowe Stępina-Cieszyna, Strzyżów [oprac. Zbiorowe], s. 90.
6. W czasie wojny wagomiar bomb z 1000 kg w 1941 r. wzrósł do 10 000 kg w 1945 r.
7. M. Rogalski, M. Zaborowski, Fortyfikacja wczoraj i dziś, Warszawa 1978, s. 361.
8. FHQu Wolfsschanze i pociąg sztabowy Hitlera "Ameryka" opisuje: R. Raiber, The Führerhauptquartiere, w: Afler the Battle, nr 19, Londyn 1977. Por. R. Charroux, Księga skarbów, Pandora 1992, s. 160.
9. Podziemia Obersalzbergu. Afler the Battle nr 9, Londyn 1975, s. 13.
10. M. Rogalski, M. Zaborowski, Fortyfikacja..., s. 350 - plan. Por. plan wg J. Kalarus, Książ podziemny, Nowa Ruda 1997, s. 12.
11. M. Rogalski, M. Zaborowski, Fortyfikacja..., s. 354.
12. Ciekawostki: Bunkry Churchilla i Hitlera muzeami, w: "Express Kulisy" 31.12.1992.
13. Ocena: J. Witkowski, Supertajne bronie Hitlera, Podziemna III Rzesza, Warszawa 2000, s. 5.
14. Tamże, s. 12. Podziemne fabryki na Dolnym Śląsku [opisuje] B. Wróbel, w: "Explorator" nr 8.
15. J. Witkowski, Supertajne bronie..., s. 48-71, Zagadnienia techniczne.
16. Tamże, s. 102.
17. Tamże, s. 41.
18. Tamże, s. 40. Taka linia przydałaby się obecnie bardzo Rosji, wobec narastającego zagrożenia ze strony Chin.
19. Wg H. Lammer, M. Lammer, Tajne operacje. Warszawa 1999, s. 163.
20. Niemcy w czasie wojny poszukiwali sztolni o ścianach gładkich jakby ze szkła czy metalu. Wg: Thomas De Jean, Księga tajemnic 2, Łódź 1992, s. 79. Por. artykuł: Podziemna zagadka Spisza, "Nieznany Świat" 3/2001.
21. M. Rogalski, M. Zaborowski, Fortyfikacja..., s. 421. Schemat komory podziemnej obudowanej metalem.
22. Irackie obiekty nazimenne zniszczono całkowicie, natomiast jaką część obiektów podziemnych zniszczono, trudno ocenić ze względu na nieścisłe i sprzeczne informacje.
23. G. Hyland, Zaginione tajemnice technologii III Rzeszy, Wyd. Amber, Warszawa 2002, s. 155.
24. R. Sauder, Podziemne bazy i tunele, Wyd. Amber, Warszawa 2002, s. 133.

25. Tamże, s. 74-78.
26. H. Lammer, M. Lammer, Tajne operacje..., s. 288. Przy pomocy tych fał Amerykanie szukali pustych komór w piramidzie Cheopsa i pod Sfinksem. Czy coś znaleźni nie wiadomo.
27. R. Wójcik, Podziemne tajemnice..., s. 161; czy A. Tarach, Złoty Stok pełen skarbów, w: "Explorator" nr 9 [2001 r.].
28. Propozycje autora.
29. Notatka prasowa z: "Metropol" 23-25.08.2002. Rządowy bunkier zniknął w otmętach. Czechy. Podczas powodzi w Pradze żywił nie oszczędził nawet tajnego bunkra, gdzie na wypadek wojny mieliby się chronić członkowie czeskiego kierownictwa państwowego. Hermetyczne w teorii wrota nie wytrzymały naporu wody.

Artykuł opublikowano w serii: "Fortyfikacja" tom XV, s. 65-76. Warszawa 2002.

Zamieszczono za zgodą autora i Towarzystwa Przyjaciół Fortyfikacji.