Hipotetyczna symulacja impaktu asteroidy (99942) Apophis: Model błędu Harry'ego Leara, fizyka zderzenia i bilans skutków geofizycznych

Analiza hipotezy Harry'ego Leara i obliczenie anomalii orbitalnej

Ocena stabilności trajektorii obiektów bliskich Ziemi (NEO) opiera się na precyzyjnym modelowaniu numerycznym z wykorzystaniem współrzędnych kartezjańskich i relatywistycznych równań ruchu w układzie barycentrycznym Układu Słonecznego[1]. Rewizjonistyczna teza wysunięta przez Harry'ego Leara zakłada, że w kanonicznej geometrii i mechanice orbitalnej występuje błąd fundamentalny wynikający z błędnego zdefiniowania liczby π [1]. Według koncepcji Leara rzeczywisty stosunek obwodu koła do jego średnicy nie wynosi $\pi \approx 3{,}141592654$, lecz ma wynikać wprost z relacji geometrycznych trójkąta Keplera i złotego podziału ($\phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1.618033989$), przyjmując postać[1]:

$$\pi_{\text{Lear}} = \frac{4}{\sqrt{\phi}} \approx 3{,}144605511$$

Różnica bezwzględna między wartością postulowaną przez Leara a stałą standardową wynosi:

$$\Delta\pi = \pi_{\text{Lear}} - \pi_{\text{std}} \approx 3{,}144605511 - 3{,}141592654 = +0{,}003012857$$

Gdyby założyć czysto hipotetycznie, że trajektorie heliocentryczne są idealnymi okręgami, a ich obwody wylicza się bezpośrednio za pomocą zależności $C = 2\pi a$, zmiana wartości π o rząd wielkości 10^{-3} wprowadza przesunięcie pozycji orbitalnej rosnące liniowo wraz z promieniem orbity[1]. Dla Ziemi, poruszającej się w średniej odległości $a_{\text{Ziemia}} = 1\ \text{AU} \approx 149\,597\,871\ \text{km}$, oraz asteroidy Apophis, której półoś wielka przed zbliżeniem w 2029 roku wynosi $a_{\text{Apophis}} \approx 0{,}9224\ \text{AU} \approx 137\,989\,076\ \text{km}$ [1], rozbieżność w obliczonej długości obwodu orbitalnego wynosi[1]:

$$\Delta C_{\text{Ziemia}} = 2 \cdot \Delta\pi \cdot a_{\text{Ziemia}} \approx 2 \cdot 0{,}003012857 \cdot 149\,597\,871\ \text{km} \approx 901\,434\ \text{km}$$

$$\Delta C_{\text{Apophis}} = 2 \cdot \Delta\pi \cdot a_{\text{Apophis}} \approx 2 \cdot 0{,}003012857 \cdot 137\,989\,076\ \text{km} \approx 831\,483\ \text{km}$$

W oficjalnych pomiarach astrometrycznych prowadzonych przez agencje kosmiczne pozycje obiektów są wyznaczane bezpośrednio za pomocą echolokacji radarowej oraz pomiarów optycznych, co uniezależnia wyznaczenie efemeryd od arbitralnych konstrukcji geometrycznych koła[7]. Niemniej jednak, podążając ściśle za tokiem myślenia Leara, błąd pozycjonowania wynoszący ponad $830\,000\ \text{km}$ jest około 26-krotnie większy niż obliczony przez astrodynamików margines bezpiecznego wyminięcia Ziemi ($31600 - 32000km$)[1]. W ramach tej spekulacji teoretyczny margines bezpieczeństwa zostaje całkowicie zniwelowany, co pozwala na rozważenie czarnego scenariusza, w którym obiekt trafia bezpośrednio w tarczę planety[1].

Parametr orbitalny	Model standardowy (π≈3,14159)	Model hipotetyczny Leara (π≈3,14461)	Skala powstałej rozbieżności (Δ)
Wartość stałej π	$3{,}141592654$ [cite: 1, 3]	$3{,}144605511$ [cite: 1, 4]	$+0{,}003012857$ [cite: 1, 6]
Obwód orbity Ziemi ($1{,}0000\ \text{AU}$)	$939\,951\,143\ \text{km}$ [cite: 1, 6]	$940\,852\,577\ \text{km}$ [cite: 1, 6]	$+901\,434\ \text{km}$ [cite: 1, 3]
Obwód orbity Apophisa ($0{,}9224\ \text{AU}$)	$867\,010\,934\ \text{km}$ [cite: 1, 6]	$867\,842\,417\ \text{km}$ [cite: 1, 6]	$+831\,483\ \text{km}$ [cite: 1, 3]
Margines minięcia Ziemi (kwiecień 2029)	$31\,600 - 32\,000\ \text{km}$ [cite: 1, 7]	Zredukowany do zera w scenariuszu błędu	Rozbieżność przewyższa margines ≈ 26 razy

Wektor trajektorii i współrzędne geograficzne hipotetycznego zderzenia

Geometria zbliżenia asteroidy Apophis w dniu 13 kwietnia 2029 roku jest precyzyjnie określona przez parametry jej hiperbolicznej trajektorii względem środka masy Ziemi[1]. W układzie geocentrycznym obiekt nadlatuje z kierunku południowo-wschodniego, poruszając się wzdłuż toru nachylonego do równika ziemskiego[11]. Zależnie od przyjętych założeń analitycznych lokalizacja punktu kolizji wyznacza dwa odmienne środowiska geofizyczne.

W podejściu opartym na fizycznym wektorze perygeum zderzenie następuje w punkcie, w którym trajektoria asteroidy przebiega najbliżej powierzchni globu[11]. Obszar ten znajduje się nad centralnym basenem Oceanu Atlantyckiego, na współrzędnych około $29{,}0^\circ\ \text{N}$ szerokości geograficznej oraz $42{,}9^\circ\ \text{W}$ długości geograficznej[11]. W tym wariancie impakt przypada na głębokie wody oceaniczne na **półkuli północnej (N)** oraz **półkuli zachodniej (W)**[11]. Następnie ślad podorbitalny asteroidy przecina wschodnie wybrzeże Ameryki Północnej w rejonie stanu Wirginia ($36{,}9^\circ\ \text{N}$, $76{,}0^\circ\ \text{W}$), po czym kieruje się ku wnętrzu kontynentu[11].

Odmienny rozkład przestrzenny wynika bezpośrednio z pism i memoriałów Harry'ego Leara z

2018 roku[12]. Lear wskazał, że w wyniku postulowanego błędu stałej matematycznej przesunięty korytarz uderzeniowy przecina strefę tektoniczną i lądową ciągnącą się od basenu Morza Północnego (na północ od Wielkiej Brytanii), przez Europę Środkową (obejmując m.in. Niemcy, Polskę, Słowację i Ukrainę), aż po Morze Czarne i granice zachodniej Azji[12]. W ujęciu teorii Leara zderzenie ma zatem miejsce na **półkuli północnej (N)** oraz **półkuli wschodniej (E)**, a celem staje się zwarty ląd kontynentalny lub płytkie morza szelfowe i śródlądowe[12].

Wariant analizy	Półkula szerokości	Półkula długości	Środowisko zderzenia	Główne obszary bezpośredniego zagrożenia
Wariant oceaniczny (Nominalne perygeum)	Północna (N)	Zachodnia (W)	Ocean głęboki (Atlantyk, głębokość $\sim 4000\ \mathrm{m}$)	Pas wybrzeży Ameryki Północnej, Karaiby, Afryka Zachodnia, Europa Zachodnia
Wariant kontynentalny (Korytarz Harry'ego Leara)	Północna (N)	Wschodnia (E)	Ląd nizinny / Płytkie morza (Europa Środkowo-Wschodnia)	Pas od Morza Północnego przez Niemcy, Polskę i Ukrainę po Morze Czarne

Bilans energetyczny zderzenia i skala porównawcza

Pomiary radarowe uzyskane przez radioteleskopy w Goldstone i Arecibo definiują Apophisa jako wydłużoną asteroidę typu spektralnego Sq o wymiarach w przybliżeniu $450\ \mathrm{m} \times 170\ \mathrm{m}$, co odpowiada średniej średnicy ekwiwalentnej bryły kulistej równej $370\ \mathrm{m}$ [5]. Obiekt charakteryzuje się strukturą gruzową (*rubble-pile*) o makroporowatości sięgającej około 50–55% i gęstości objętościowej rzędu $2000 - 2600\ \mathrm{kg/m^3}$ [1]. Przyjmując gęstość nominalną dla zwięzłego gruzu krzemianowego ($\rho \approx 2000\ \mathrm{kg/m^3}$), masa obiektu wynosi w przybliżeniu $5{,}3 \times 10^{10}\ \mathrm{kg}$ (około 53 miliony ton), podczas gdy górna granica szacunków radarowych przyjmuje masę rzędu $6{,}1 \times 10^{10}\ \mathrm{kg}$ [6].

W momencie przechwycenia przez pole grawitacyjne Ziemi asteroida wchodzi w górne warstwy atmosfery z prędkością geocentryczną wynoszącą $v_{\mathrm{entry}} \approx 12{,}6\ \mathrm{km/s}$ ($12\,600\ \mathrm{m/s}$)[6]. Całkowitą energię kinetyczną uwolnioną podczas zderzenia wyznacza relacja mechaniki klasycznej:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Dla nominalnej masy obiektu ($m = 5{,}304 \times 10^{10}\ \mathrm{kg}$) energia mechaniczna wynosi[6]:

$$E_k = 0{,}5 \cdot (5{,}304 \times 10^{10}\ \mathrm{kg}) \cdot (12\,600\ \mathrm{m/s})^2 \approx 4{,}21 \times 10^{18}\ \mathrm{J}$$

W przeliczeniu na standardowy ekwiwalent trotylowy ($1\ \mathrm{Mt\ TNT} = 4{,}184 \times 10^{15}\ \mathrm{J}$) wartość ta odpowiada eksplozji o sile[6]:

$$E_{\mathrm{TNT}} = \frac{4{,}21 \times 10^{18}\ \mathrm{J}}{4{,}184 \times 10^{15}\ \mathrm{J/Mt}} \approx 1006\ \mathrm{Mt\ TNT}$$

W przypadku przyjęcia górnego pułapu masy ($6{,}1 \times 10^{10}\ \mathrm{kg}$) energia kinetyczna osiąga poziom około $1157\ \mathrm{Mt\ TNT}$ [6]. Rzeczywisty przedział energetyczny analizowanego zderzenia mieści się zatem ściśle w granicach od **1000 do 1200 megaton TNT**[1].
Zestawienie tej energii z historycznymi i geologicznymi punktami odniesienia pozwala precyzyjnie określić fizyczną wagę zjawiska. Eksplozja o sile rzędu 1100 Mt przewyższa ładunek bomby zrzuconej na Hiroszimę ponad 70 tysięcy razy oraz jest ponad dwudziestokrotnie potężniejsza od najsilniejszego testu termojądrowego w historii – radzieckiej „Car-bomby” o mocy 50 Mt[6]. Energia ta odpowiada ponad połowie łącznego współczesnego arsenału nuklearnego wszystkich mocarstw atomowych świata.
Jednocześnie zderzenie z Apophisem jest zjawiskiem nieporównywalnie mniejszym od wielkich kataklizmów geologicznych. Eksplozja wulkanu Tambora w 1815 roku wygenerowała energię około trzydziestokrotnie wyższą, natomiast uderzenie asteroidy Chicxulub sprzed 66 milionów lat, odpowiedzialne za wymarcie dinozaurów, wyzwoliło energię szacowaną na 100 milionów megaton TNT – czyli blisko 100 tysięcy razy większą[6]. Z obliczeń jednoznacznie wynika, że Apophis nie jest obiektem zdolnym wywołać globalne wymarcie gatunków (*Extinction-Level Event*), lecz generuje niszczycielską katastrofę w skali regionalnej i kontynentalnej[17].

Zdarzenie energetyczne	Energia (w megatonach TNT)	Stosunek do energii impaktu Apophisa (~1100 Mt)
Bomba jądrowa "Little Boy" (Hiroszima, 1945)	$0{,}015\ \mathrm{Mt}$	Apophis uwalnia energię $\approx 73\,300$ bomb z Hiroszimy
Test termojądrowy "Castle Bravo" (1954)	$15\ \mathrm{Mt}$	Apophis jest ≈ 73 razy potężniejszy
Test "Car-bomba" (ZSRR, 1961)	$50\ \mathrm{Mt}$	Apophis jest ≈ 22 razy potężniejszy
Całkowity globalny arsenał jądrowy (stan obecny)	$\approx 1500 - 2000\ \mathrm{Mt}$	Apophis odpowiada $\approx 55 - 73\%$ całego arsenału Ziemi
Erupcja superwulkanu Tambora (1815)	$\approx 33\,000\ \mathrm{Mt}$	Apophis jest ≈ 30 razy słabszy od erupcji Tambory
Impakt Chicxulub (zagłada dinozaurów, mezozoik)	$\approx 100\,000\,000\ \mathrm{Mt}$	Chicxulub wyzwolił energię $\approx 91\,000$ razy większą

Mechanika zniszczeń strukturalnych i środowiskowych na lądzie

Zgodnie z modelami hydrodynamicznymi przejście zwartego skalnego ciała o średnicy niemal 400 metrów przez ziemską atmosferę pod kątem zbliżonym do 45° powoduje utratę zaledwie ułamka procenta jego energii pędu[16]. Opór aerodynamiczny odrywa warstwy powierzchniowe i fragmentuje obiekt w znikomym stopniu (strata masy poniżej 20%), co wyklucza zjawisko całkowitej dezintegracji w powietrzu na dużej wysokości[16]. Rdzeń asteroidy uderza w grunt jako jednolita, hiperdźwiękowa masa skalna[6].

W momencie zderzenia ze stałym podłożem krystalicznym lub osadowym uwalniana energia formuje krater przejściowy o średnicy około $3{,}7\ \mathrm{km}$, który pod wpływem grawitacji

natychmiast ulega osunięciu i modyfikacji strukturalnej[6]. Ostateczny krater uderzeniowy osiąga średnicę od $4{,}4$ do $5{,}1\ \mathrm{km}$ oraz głębokość rzędu $850 - 900\ \mathrm{metrów}$, wyrzucając do wyższych warstw atmosfery od 10 do 15 kilometrów sześciennych rozdrobnionego i stopionego materiału skalnego[6].

Konwersja energii mechanicznej w fale sprężyste w skorupie ziemskiej charakteryzuje się współczynnikiem wydajności sejsmicznej rzędu $\eta = 10^{-4}$ [6]. Przekłada się to na sejsmiczną energię uderzenia wynoszącą $E_{\mathrm{seis}} \approx 4{,}21 \times 10^{14}\ \mathrm{J}$, co według empirycznej skali Gutenberga-Richtera generuje globalną magnitudę wstrząsu na poziomie $M_w \approx 3{,}9 - 4{,}0$ [6]. Należy jednak odróżnić pomiar w skali globalnej od zniszczeń lokalnych: w bezpośredniej strefie przykraterowej (w promieniu do $50\ \mathrm{km}$) powierzchniowe fale wstrząsowe generują przyspieszenia gruntu odpowiadające lokalnemu trzęsieniu ziemi o sile $M \approx 6{,}5 - 7{,}0$, co doprowadza do uszkodzenia i zawalenia budynków niespełniających rygorystycznych norm sejsmicznych[11].

Równolegle rozwija się kula plazmy termicznej o temperaturze kilkunastu tysięcy stopni Celsjusza[18]. Promieniowanie podczerwone w promieniu do $15\ \mathrm{km}$ powoduje natychmiastowe odparowanie materii organicznej, natomiast w strefie do $200 - 270\ \mathrm{km}$ wywołuje oparzenia termiczne trzeciego stopnia u istot żywych oraz zapłon suchych materiałów palnych, takich jak poszycie leśne i drewniane konstrukcje budynków[6].

Kluczowym czynnikiem niszczącym zabudowę w skali regionalnej jest naddźwiękowa fala uderzeniowa powstająca w wyniku gwałtownego rozprężenia podgrzanego słupa powietrza[6]. W miarę oddalania się od strefy zerowej fala ta traci energię, tworząc koncentryczne strefy uszkodzeń[6].

Próg nadciśnienia fali (ΔP)	Skutki mechaniczne dla infrastruktury i otoczenia	Promień strefy od epicentrum	Prędkość wiatru uderzeniowego
$20\ \mathrm{psi}$ ($138\ \mathrm{kPa}$)	Całkowita destrukcja konstrukcji żelbetowych, zrównanie lasów z ziemią	$\approx 30 - 32\ \mathrm{km}$ [cite: 6]	Powyżej $800\ \mathrm{km/h}$ [cite: 6, 19]
$5\ \mathrm{psi}$ ($34{,}5\ \mathrm{kPa}$)	Zawalenie większości budynków mieszkalnych, powszechne ofiary śmiertelne	$\approx 72 - 76\ \mathrm{km}$ [cite: 6]	$\approx 260\ \mathrm{km/h}$ [cite: 6, 19]
$1\ \mathrm{psi}$ ($6{,}9\ \mathrm{kPa}$)	Masowe pękanie szyb okiennych, lekkie uszkodzenia dachów i elewacji	$\approx 175 - 185\ \mathrm{km}$ [cite: 6]	$\approx 60\ \mathrm{km/h}$ [cite: 6, 19]

Porównanie skutków geofizycznych: Wariant oceaniczny a wariant kontynentalny

Przebieg i następstwa zderzenia wykazują fundamentalne różnice w zależności od tego, czy punkt wejścia przypada na głęboki akwen oceaniczny (Wariant A – centralny Atlantyk), czy na gęsto zaludniony obszar lądowy (Wariant B – Europa Środkowo-Wschodnia w ujęciu Leara)[12].

W przypadku zderzenia z otwartym oceanem o głębokości około 4000 metrów energia asteroidy zostaje w pierwszej kolejności spożytkowana na wyparcie i odparowanie słupa cieczy[13]. Obiekt przebija warstwę wody w czasie krótszym niż sekunda, wytwarzając przejściowy krater wodny o średnicy około 8–10 kilometrów[13]. Na krawędzi kawitacji wodnej powstaje pierwotna fala brzegowa o wysokości początkowej od 100 do 300 metrów[18]. Fale te różnią się jednak diametralnie od tsunami sejsmicznych: charakteryzują się stosunkowo krótką długością (kilka kilometrów), przez co ulegają intensywnemu tłumieniu i dyspersji geometrycznej w miarę oddalania się od epicentrum[13]. W odległości 1000 kilometrów od miejsca impaktu na otwartym oceanie wysokość fali maleje do kilku metrów[14]. Dopiero przy wejściu na płycizny szelfowe wybrzeży Ameryki Północnej, Europy Zachodniej i Afryki fala spiętrza się do wysokości od 10 do 30 metrów, wdzierając się w głąb terenów nizinnych na odległość od 2 do 15 kilometrów[11].

Wariant ten eliminuje powstawanie rozległego krateru lądowego, lecz wprowadza do stratosfery setki milionów ton odparowanej wody morskiej[16]. Para wodna w połączeniu z aerozolami soli morskiej inicjuje niszczenie warstwy ozonowej na półkuli północnej oraz wywołuje wielotygodniowe ulewy i anomalie baryczne[18].

Z kolei wariant lądowy skupia niemal całą siłę wybuchu na litosferze i przypowierzchniowej warstwie atmosfery[18]. Brak bufora wodnego oznacza bezpośrednią dewastację miast i infrastruktury na obszarze o promieniu kilkudziesięciu kilometrów pod wpływem fali uderzeniowej i termicznej[6]. Do atmosfery zostaje wyrzucone od 10 do 20 milionów ton drobnego pyłu krzemionkowego i aerozoli siarczkowych, uzupełnionych przez miliony ton sadzy z pożarów lasów i ośrodków przemysłowych[18]. Chmura ta nie wywołuje globalnej nocy impaktowej, lecz powoduje odczuwalne zaciemnienie nieba w skali kontynentalnej[17]. W rejonie Eurazji dopływ energii słonecznej spada o 20–40% na okres od kilku miesięcy do roku, co skutkuje spadkiem średniej temperatury powierzchniowej o 2 do 5 stopni Celsjusza[18].

Dodatkowo podgrzanie powietrza w kanale fali uderzeniowej powoduje syntezę chemiczną tlenków azotu, które w kontakcie z parą wodną tworzą kwaśne deszcze opadające na tysiące kilometrów kwadratowych upraw i lasów[12].

Parametr geofizyczny	Wariant oceaniczny (Głęboki Atlantyk)	Wariant lądowy / Morze śródlądowe (Wg teorii Leara)
Główny czynnik zniszczenia	Fale tsunami i transfer pary do stratosfery	Fala uderzeniowa, opad wyrzutów i promieniowanie cieplne
Rozmiary krateru	Płytka deformacja dna morskiego, krater wodny 8–10 km	Krater skalny o średnicy 4,5–5,1 km i głębokości ~900 m
Zasięg i wysokość fali wodnej	Wysokość przy brzegu: 10–30 m; zalanie lądu do 2–15 km	Lokalne tsunami wyłącznie w przypadku trafienia w basen Morza Czarnego
Oddziaływanie termiczne	Pochłonięte w znacznym stopniu przez parowanie wody	Pożary powierzchniowe i oparzenia w promieniu do 200–270 km
Wpływ na atmosferę i klimat	Zubożenie warstwy ozonowej przez chlor; ulewy oceaniczne	Zapylenie stratosferyczne, kwaśne deszcze, spadek temp. o 2–5°C
Obszar największych strat ludzkich	Nizinne strefy przybrzeżne wokół basenu Atlantyku	Gęsto zaludnione obszary nizinne Europy Środkowej i Wschodniej

Chronologiczny ciąg przyczynowo-skutkowy katastrofy

Hipotetyczne zderzenie rozwija się w ściśle zdefiniowanym porządku czasowym, w którym zjawiska fizyczne, mechaniczne i klimatyczne następują po sobie w bezwzględnym porządku przyczynowym[18].

Faza zbliżenia i penetracji atmosfery (od $T - 12\,\text{godzin}$ do $T = 0$)

Na dwanaście godzin przed impaktem asteroida mija orbitę Księżyca w odległości około 384 tysięcy kilometrów, przyspieszając nieprzerwanie w ziemskiej studni grawitacyjnej[22]. Na godzinę przed uderzeniem obiekt staje się wyraźnie widoczny gołym okiem jako jasny, poruszający się punkt o blasku przewyższającym planetę Wenus[3].

Na dziesięć sekund przed uderzeniem asteroida przecina umowną granicę atmosfery na wysokości 100 kilometrów z prędkością $12{,}6\ \text{km/s}$ [6]. Tarcie i kompresja gazów w mezosferze tworzą wokół obiektu zjonizowaną powłokę plazmową o jaskrawości wielokrotnie przewyższającej światło słoneczne[18]. W warstwie troposfery czołowa kompresja powietrza formuje naddźwiękowy stożek uderzeniowy, a odłamki odparowującej powierzchni pozostawiają za ciałem gęsty ślad aerozolowy[16].

Faza uderzenia i eksplozji mechanicznej (od $T = 0$ do $T + 1\ \text{minuty}$)

W momencie kontaktu z powierzchnią Ziemi energia kinetyczna rzędu $4{,}2 \times 10^{18}\ \text{J}$ ulega natychmiastowej konwersji w temperaturę, ciśnienie i ruch falowy[6]. W pierwszych ułamkach sekundy cała masa asteroidy oraz przyległe warstwy skał lub wody ulegają stopieniu i odparowaniu pod ciśnieniem milionów atmosfer[18]. W ciągu 5 sekund zostaje wydrążony krater przejściowy, z którego w stratosferę wystrzeliwuje pióropusz gorących gazów i stopionej materii[6].

W ciągu kolejnych 10 do 30 sekund fale sejsmiczne pokonują pierwsze 100 kilometrów skorupy ziemskiej, wywołując wstrząsy niszczące mosty, wiadukty i osłabione budynki w bezpośredniej bliskości strefy zero[11].

Faza bezpośredniej fali zniszczeń (od $T + 1\ \text{minuty}$ do $T + 1\ \text{godziny}$)

W ciągu 2 do 3 minut naddźwiękowa fala uderzeniowa o nadciśnieniu przekraczającym $20\ \text{psi}$ osiąga odległość 30 kilometrów od epicentrum, niszcząc całkowicie zabudowę miejską i infrastrukturę przemysłową[6].

W piątej minucie fala o sile $5\ \text{psi}$ dociera do promienia 75 kilometrów, powodując powszechne zawalenia domów mieszkalnych i zerwanie linii energetycznych[6]. Jednocześnie rozgrzane wyrzuty skalne, opadając z trajektorii balistycznych, wywołują tysiące wtórnych ognisk pożarów na obszarze setek kilometrów kwadratowych[6].

W piętnastej minucie fala podmuchowa o natężeniu $1\ \text{psi}$ przekracza odległość 175 kilometrów, wybijając szyby w oknach i raniąc ludność odłamkami szkła[6].

Faza zjawisk wtórnych (od $T + 1\ \text{godziny}$ do $T + 24\ \text{godzin}$)

W scenariuszu oceanicznym jest to moment kulminacji zagrożenia hydrologicznego[14]. Pomiędzy pierwszą a trzecią godziną od uderzenia fale tsunami docierają do pierwszych linii brzegowych[14]. Przy podejściu do szelfu woda gwałtownie cofa się z portów i plaż, po czym następuje wtargnięcie spiętrzonej ściany wody o wysokości od 10 do 30 metrów[11]. Zalanie nizin nadbrzeżnych niszczy infrastrukturę portową, rafinerie i osiedla nadmorskie, a kolejne cykle falowe powtarzają się przez kilkanaście godzin, zanim ruch mas wodnych ulegnie wygaszeniu[11].

W scenariuszu kontynentalnym w tym samym czasie tysiące lokalnych pożarów łączą się w wielkoobszarowe burze ogniowe, które trawią kompleksy leśne i aglomeracje miejskie na obszarze tysięcy kilometrów kwadratowych[6]. Gęsty dym i sadza unoszą się w wyższe warstwy troposfery, ograniczając widoczność do kilkunastu metrów w promieniu setek kilometrów od miejsca eksplozji[18].

Faza średnio- i długoterminowa (od $T + 1\ \text{doby}$ do $T + 3\ \text{lat}$)

W ciągu pierwszych tygodni od katastrofy prądy strumieniowe roznoszą aerozole siarkowe, pył

skalny i sadzę po całej szerokości geograficznej półkuli północnej[18]. Dochodzi do zablokowania części promieniowania słonecznego, co w horyzoncie od 1 do 12 miesięcy obniża średnie temperatury o 2–5 stopni Celsjusza, skracając okres wegetacyjny i niszcząc plony rolnicze[18]. Opadanie tlenków azotu wywołuje opady kwaśnych deszczy, które powodują degradację ekosystemów leśnych i zbiorników słodkowodnych[18]. Dopiero w drugim i trzecim roku po zderzeniu sedymentacja grawitacyjna usuwa większość pyłów ze stratosfery, co przywraca równowagę radiacyjną planety i pozwala na powolną odbudowę biosfery i zniszczonych struktur gospodarczych[18].

Wnioski i synteza geofizyczna

Przeprowadzona symulacja dowodzi, że implementacja założeń Harry'ego Leara dotyczących zniekształcenia stałej π generuje rozbieżność orbitalną rzędu ponad $830\,000$ kilometrów, co w hipotetycznym układzie rozważań całkowicie przekreśla margines minięcia Ziemi przez asteroidę Apophis i pozwala na spekulację o trajektorii kolizyjnej[1].
Wyzwolona energia na poziomie od 1000 do 1200 megaton TNT plasuje to zjawisko w kategorii regionalnych katastrof geologicznych[1]. Jest to siła ponad dwudziestokrotnie przewyższająca najpotężniejszy wybuch termojądrowy w dziejach ludzkości, lecz zarazem około 100 tysięcy razy słabsza od uderzenia Chicxulub, które zniszczyło populację dinozaurów[6]. Zderzenie nie ma potencjału do globalnego unicestwienia biosfery, lecz doprowadza do dewastacji obszaru o skali porównywalnej z powierzchnią średniej wielkości państwa europejskiego[17].
W każdym z analizowanych modeli punkt kolizji znajduje się na **półkuli północnej (N)**[11].
Różnica sprowadza się do osi wschód-zachód:

- Wariant perygeum naturalnej trajektorii lokuje impakt na **półkuli zachodniej (W)** na środku Oceanu Atlantyckiego, gdzie główną rolę odgrywa mechanizm fal tsunami o wysokości przybrzeżnej do kilkudziesięciu metrów oraz transfer wilgoci do stratosfery[11].
- Wariant wysuwany przez Harry'ego Leara przenosi zderzenie na **półkulę wschodnią (E)** w pas lądu i mórz śródlądowych pomiędzy Europą Północną a Morzem Czarnym, co skutkuje uderzeniem w litosferę, wybiciem pięciokilometrowego krateru, rozległą falą uderzeniową niszczącą budynki w promieniu kilkudziesięciu kilometrów oraz regionalnym ochłodzeniem klimatycznym[6].

Cytowane prace

1. Grawitacyjna Orbity Asteroidy Apophis Mechanika Zbliżeń, Stabilność i Alternatywne Modele Fizyczne.pdf
2. The spacecraft will intercept the asteroid when it makes its closest, https://www.facebook.com/breakfastclubam/posts/the-spacecraft-will-intercept-the-asteroid-when-it-makes-its-closest-approach-to/672848811670127/
3. 99942 Apophis, https://en-academic.com/dic.nsf/enwiki/656695
4. About Me | Shepherd's Pi, https://lewis-shepherd.com/about/

5. 99942 Apophis - Wikiwand, https://www.wikiwand.com/en/99942_Apophis
6. unknown_url
7. Can NASA even calculate if Apophis will hit Earth in 2029 or 2036, https://forum.futureofmankind.co.uk/viewtopic.php?t=10
8. Official NASA API's : Asteroid Apophis 2029 Flyby Scientific Report, https://www.astrophyzix.com/2026/04/apophis-2029-approach-offical-data.html?m=1
9. TRAJECTORY: Tracking the Approaching Tribulation Storm, https://goodreads.com/book/show/63233705
10. Apophis will zoom past Earth in 2029, turning a rare flyby into a, https://www.thebrighterside.news/post/apophis-will-zoom-past-earth-in-2029-turning-a-rare-flyby-into-a-planetary-defense-test/
11. Apophis: An Encounter In 2029 - Unariun Wisdom, https://www.unariunwisdom.com/apophis-an-encounter-in-2029/
12. Pi Greco π e l'impatto Apophis-Terra | FIGU-Landesgruppe Italia, https://it.figu.org/profezie-e-previsioni/pi-greco-%CF%80-e-impatto-apophis-terra
13. (PDF) Impact of a Cosmic Body into Earth's Ocean and the, https://www.researchgate.net/publication/258448381_Impact_of_a_Cosmic_Body_into_Earth's_Ocean_and_the_Generation_of_Large_Tsunami_Waves_Insight_from_Numerical_Modeling
14. 99942 Apophis - Alchetron, The Free Social Encyclopedia, https://alchetron.com/99942-Apophis
15. 99942 Apophis - Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/99942_Apophis
16. MODELLING ASTEROID TRAJECTORY IN EARTH'S ATMOSPHERE, https://www.icas.org/icas_archive/icas2024/data/papers/icas2024_0158_paper.pdf
17. Impact Risk Assessment: - PDC25 Hypothetical Asteroid Impact, https://cneos.jpl.nasa.gov/pd/cs/pdc25/PDC25-Epoch1-ImpactRiskAssessment.pdf
18. (PDF) Hypothetical Apophis deep ocean impact—Energy analysis, https://www.researchgate.net/publication/353849086_Hypothetical_Apophis_deep_ocean_impact-Energy_analysis
19. Population Vulnerability Models for Asteroid Impact Risk Assessment, https://www.researchgate.net/publication/313857682_Population_Vulnerability_Models_for_Asteroid_Impact_Risk_Assessment
20. Apophis 2029: What Would Happen if It Struck Earth? - OzGeology, https://ozgeology.com/blogs/news/apophis-2029-what-would-happen-if-it-struck-earth
21. Cratering efficiency as a function of gravity-scaled size. Results are, https://www.researchgate.net/figure/Cratering-efficiency-as-a-function-of-gravity-scaled-size-Results-are-shown-for-vertical_fig10_258448381
22. (PDF) Sailing to Apophis LPSC-2016 - ResearchGate, https://www.researchgate.net/publication/361730796_Sailing_to_Apophis_LPSC-2016