

Therac-25: A hibaüzenet, amit senki nem értett

A **Therac-25** egy úgynevezett *lineáris gyorsító (linac)* volt, amelyet elsősorban rákos daganatok sugárkezelésére használtak az 1980-as években. Bár korának legmodernebb eszközének számított, a használata és elterjedtsége korlátozott maradt, éppen a bekövetkezett balesetek miatt. Összesen mindössze 11 darabot épített belőle az **AECL** (*Atomic Energy of Canada Limited*); 5 gép az Egyesült Államokban és 6 gép Kanadában üzemelt. Neves onkológiai központokban használták, többek között a texasi Tylerben, a washingtoni Yakimában és a kanadai Hamiltonban.



A berendezés a korábbi modellekhez (Therac-6, Therac-20) képest sokkal hatékonyabbnak tűnt, mert egyrészt a számítógépes vezérlés miatt a technikusoknak kevesebb manuális beállítást kellett végezniük, így több beteget tudtak ellátni egy nap alatt, másrészt egy új technológiának köszönhetően a gép kisebb helyet foglalt el, így olcsóbban lehetett telepíteni a kórházakba.

A Therac-25 kezelései alapvetően két helyszínen – a sugárbiztos kezelőben és a külső vezérlőteremben – zajlottak, szigorú, de a szoftveresítés miatt felgyorsított protokoll szerint.

Először a radiológus technikus a beteget a kezelőasztalra fektette és manuálisan beállította a gép fejét (gantry), a besugárzási mező méretét, valamint rögzítette a szükséges kiegészítőket. A gép úgynevezett „field light” (mezőfény) üzemmódba állításával egy tükör segítségével látható fényt vetítettek a betegre. Ez pontosan megmutatta, hová fog irányulni a (jó esetben) láthatatlan sugár.

Ezután a technikus elhagyta a védett szobát és a külső terminálnál (billentyűzet és monitor segítségével) megadta a beteg adatait és a kezelési tervet: az üzemmódot (Elektron vagy röntgen), az energiaszintet és a dózist. A szoftver összehasonlította a terminálon beírt adatokat a gép mechanikus beállításaival. Ha egyeztek, megjelent a „*VERIFIED*” felirat. Végül a technikus a „*Beam ON*” gombbal indította el a kezelést, amely általában 1–5 percig tartott.

A végzetes "gyorsaság"

A tapasztalt kezelők rendkívül gyorsan, rutinszerűen kezelték a billentyűzetet. Néha előfordult, hogy a

kezelő véletlenül X-et (Röntgenmód) ütött be, majd villámgyorsan visszalépett és ezt javította E-re (Elektronmód). Ha ez a javítás 8 másodpercen belül történt, a szoftver kijelezte az új módot, de (és ez a kezelő számára nem derült ki) a gép belső mechanikája (a forgótárcsa) már nem állt át időben.

A berendezés ugyan jelezte a hibát a semmitmondó **“Malfunction 54”** hibakóddal, aminek a jelentése „*dose input 2*” (dózisbevitel 2) volt. Ez azonban még a szakembereknek sem mondott semmit arról, hogy mi a valódi probléma. A kezelőknek adott kézikönyvben nem szerepelt a hibakódok listája vagy magyarázata. Semmi nem utalt arra, hogy ez a jelzés bármilyen kockázatot jelentene a betegre.

Amikor a **Malfunction 54** megjelent, a gép nem állt le vészleállással, hanem csak „szüneteltette” (Pause) a kezelést. A kezelőszemélyzet úgy tudta, hogy a szünetelést okozó hibák ártalmatlanok (például egy kisebb feszültség-ingadozás), és az eljárás a „P” (Proceed) gombbal egyszerűen folytatható.

A képernyőn a hiba mellett az jelent meg, hogy „*No dose*” (nincs dózis), vagyis a gép azt állította, hogy még egyáltalán nem sugárzott. A kezelő ezért nyugodt szívvel nyomta meg a folytatást, hogy a beteg megkapja a tervezett dózist – miközben valójában minden egyes gombnyomással újabb halálos retesznyitást hajtott végre a gép.

A technikusok naponta akár 40 hasonló hibaüzenetet is láttak, amelyek többsége valóban ártalmatlan volt. Emiatt kialakult náluk egyfajta „*riasztási fásultság*”: a Malfunction 54-et is csak egynek látták a sok bosszantó, de jelentéktelen szoftveres hiba közül.

Több esetben a betegek a kezeléseik után jelezték, hogy valami nincs rendben. Ray Cox, az egyik áldozat, egy „*elektromos ütést*” érzett és látta a gépből kivillanó kékes fényt. A kórházi személyzet azonban eleinte nem hitt nekik, mert a monitor tájékoztatása szerint minden a legnagyobb rendben zajlott.

Amikor a Tyler-i kórház először mégis jelezte a problémát az AECL-nek, a gyártó (meglehetősen arrogánsan) úgy reagált, hogy a Therac-25-tel soha nem történt még sugártúladagolás. Azt állították, hogy a gép hardveresen és szoftveresen is biztonságos, a hibát pedig elektromos zárlatnak, de leginkább tévedésnek tulajdonították.



Therac-25

Fritz Hager magánnyomozása

Fritz Hager, aki a texasi Tylerben található **East Texas Cancer Center** vezető fizikusa volt, nem fogadta el a gyártó válaszait. Amikor 1986 áprilisában egy második beteg is ugyanazokat az igencsak gyanús jelenségeket észlelte ugyanannál a technikusnál, Hager elhatározta, hogy addig nem hagyja abba a készülék tesztelését, amíg nem reprodukálja a jelenséget.

Hager és a technikus órákon és napokon át próbálgatták a gépet, de az hibamentesen működött. Végül rájöttek a titokra: a technikusnak olyan gyorsan kellett gépelnie, ahogy csak a napi rutin során szokott. Amikor Hagernek sikerült a javítást 8 másodpercen belül elvégeznie, a gép végre kiírta a hírhedt **Malfunction 54** üzenetet.

Hager ekkor mérőműszereket telepített az ágyra, a beteg helyére, és elszörnyedve látta, hogy a gép a tervezett dózis százszorosát adta le. Ezzel a bizonyítékkal a kezében már nem tudott mit tenni a gyártó: kénytelenek voltak belső vizsgálatba kezdeni, majd végül beismerni a szoftverhibát és

jelenteni az esetet az FDA-nak (*U.S. Food and Drug Administration*).

Hager felismerte, hogy a gyártó mérnökei azért nem bukkanhattak a hibára, mert ők „*mérnöki lassúsággal*”; óvatosan gépeltek, míg a napi rutinban dolgozó technikusok ujjai szinte repültek a billentyűkön, és a hiba csak ilyenkor állt elő.

Végül a vizsgálat során kielemezték, hogy a gépet vezérlő **PDP-11 számítógép** egy valós idejű operációs rendszert futtatott, amely egyszerre több feladatot (taszkot) kezelt. A szoftverben a billentyűzetről érkező adatok feldolgozása és a gép fizikai beállítása (például a tárcsa forgatása) két külön folyamat volt.

Amikor a kezelő Röntgenmódról Elektronmódra váltott, a szoftver elindított egy folyamatot a tárcsa mozgatására. Ha azonban a kezelő a javítást 8 másodpercen belül elvégezte, a szoftver egy része már az új adatokat látta, de a gép fizikai beállításaért felelős rész még a régi állapotnál tartott. A gép úgy hitte, minden készen áll, de valójában a röntgenmódhoz szükséges óriási sugárenergiát küldte ki a betegre.

Következmények

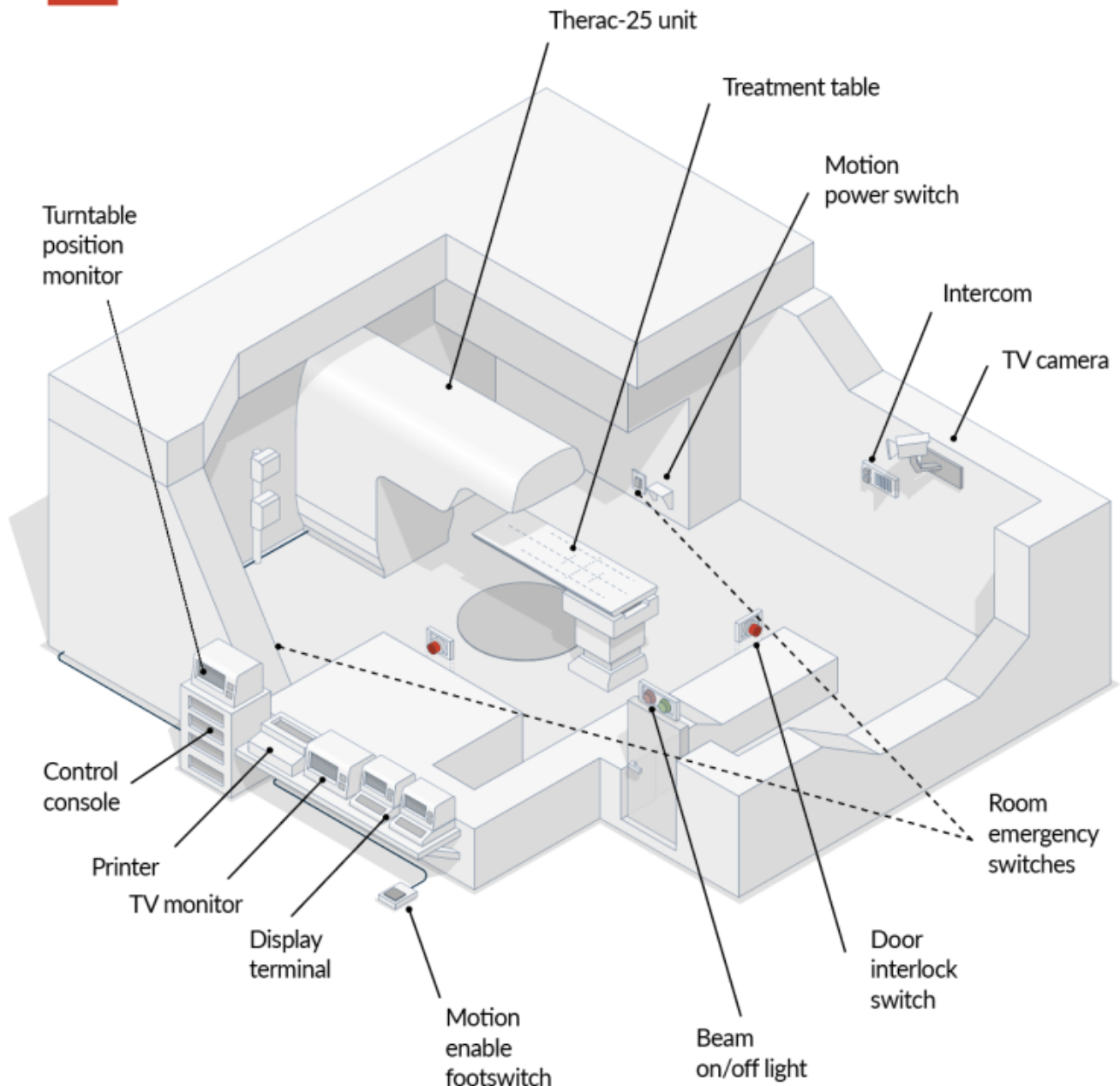
A Therac-25 tragédiája alapjaiban rengette meg az orvostechikai eszközök szabályozását és a szoftverfejlesztési etikát.

Több túlélő áldozat és az elhunytak családtagjai indítottak kártérítési pert az AECL és a kezelést végző kórházak ellen. A felek végül minden esetben peren kívüli egyezséget kötöttek, így a kártérítések pontos összege soha nem került nyilvánosságra.

Az amerikai FDA (Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hivatal) 1987-ben hibásnak nyilvánította a berendezést, és elrendelte az összes Therac-25 leállítását, amíg a gyártó el nem végezte a szükséges módosításokat.

A gépeken végül több mint 20 módosítást végeztek, beépítették a korábban elhagyott mechanikus biztonsági rekeszeket, amelyek a szoftvertől függetlenül képesek voltak leállítani a sugárzást. Az eset után kötelezővé tették a kórházak számára, hogy minden súlyos balesetet jelentsenek a hatóságoknak. Korábban ugyanis a gyártók elhallgathatták a hibákat, így a különböző kórházak nem tudtak egymás eseteiről.

A typical Therac-25 facility



Therac-25 séma, Source: createdigital.org.au / Diagram adapted from Leveson (1995)

A szoftver fejlesztőjét soha nem nevezték meg nyilvánosan. A vizsgálatok során kiderült, hogy a teljes vezérlőszoftvert egyetlen személy írta, PDP-11 assembly nyelven. A későbbi perek során a védőügyvédek sem tudták azonosítani a programozót, és semmit nem tudtak meg a végzettségéről vagy a korábbi tapasztalatairól sem. Annyit lehet tudni, hogy a programozó 1986-ban – még a botrány teljes kibontakozása előtt – távozott az AECL-től.

A Therac-25 azóta a szoftvermérnöki képzés „állatorvosi lova” lett: azt tanítják vele, hogy a túlzott magabiztosság, a szoftverbe vetett vak bizalom és a független biztonsági rendszerek elhagyása életetekbe kerülhet.

Fritz Hager jelenleg is él, bár az 1980-as évek eseményei óta visszavonult a nyilvánosságtól. Nemrégiben (2024 végén) egy szakmai interjúban szólalt meg, amelyben ismét felidézte a Therac-25 eseményeit. Továbbra is fontosnak tartja, hogy a jövő szoftvermérnökei tanuljanak a múlt hibáiból.

Egy friss publikációban úgy nyilatkozott, hogy a Therac-25 esetei egyedülállóak a sugárterápia történetében, és fontos, hogy ezeket az „osztályteremben tanulják meg, ne pedig emberéletek árán”. A fizikus elszántsága nélkül valószínűleg még több áldozata lett volna a hibás szoftvernek, mivel a gyártó (AECL) az ő mindent elsöprő bizonyítékai előtt minden vádat tagadott.

Great bugs

Egy számomra „kedves” és közelálló témát szeretnék egy blogsorozat formájában körbejárni, ami ezzel a bon mot-tal foglalható össze:

A program utasításaid és nem szándékaid szerint működik.

„Programs do what you tell them to do, not what you want them to do.”

Mivel a munkám egy jelentős része az ipari (PLC) szoftverfejlesztésről szól, ezért jól ismerem belülről a témát, én (illetve ugye a programom) is produkált már meglehetősen hajmeresztő hibákat; mondjuk a fél hamburgi kikötő áramtalanítása egy mozdulattal (meg egy benézett földeléskábellet).

A sorozat várható és már megírt bejegyzései:

- [Therac-25: A hibaüzenet, amit senki nem értett](#)
- Patriot rakéta: Hogyan ölt meg 28 embert egy tizedesvesztő?
- Ariane-5: A 370 millió dolláros „copy-paste”.
- [Boeing 737 MAX / MCAS: Amikor a pénzügyesek helyettesítik a mérnököket](#)
- A B-2 Spirit és a pára: Miért nem bírja az esőt a világ legdrágább gépe?
- [Mars Climate Orbiter: Akkor most mérföld vagy kilométer?](#)
- Deepwater Horizon 2010: Amikor a „téves riasztások” igazzá válnak
- Intelsat-708: Tech-transzfer és katasztrófa
- [A Davis-Besse atomerőmű esete a vírussal](#)
- [A Trans-Szibéria gázvezeték 1983-as robbanása - Az első igazán káros trójai kód](#)
- [A Stuxnet sztori - Mindössze egy berendezésre írt vírus](#)

2026/05/05 20:02

Ez egy elfeledett sarka a netnek, örülök, hogy sikerült elvetődnöd ide!

Továbbra is keresek megjelenési lehetőséget az írásaim számára. Ha esetleg van ötleted, oszd meg velem! Elérhetőségeim az [Impresszum](#)ban találhatók.

A passport.blog jelenlegi egyetlen megjelenési lehetősége a Facebook. Ha értesülni szeretnél az új bejegyzésekről, kövesd a [Bolyongó Facebook](#) oldalt.

Ha szeretnéd a bejegyzést kinyomtatni, vagy önálló formában menteni, ennek a legegyszerűbb módja a PDF formába konvertálás. Ezt a jobb oldali, fentről negyedik (Adobe) ikonnal teheted meg.

Eddigi bejegyzések a bolyongó.hu-n

Az összes bejegyzés ABC-be rendezett [indexe itt található](#). A blog helyekhez köthető bejegyzései a google.maps térképen is megtalálhatók: [A világ valódi csodái](#). A mostanában a blogon megjelent írások a [főoldalon jelennek meg](#).

Források

[cs.columbia.edu - therac25.pdf](https://cs.columbia.edu/~therac25.pdf)
[en.wikipedia.org - Therac-25](https://en.wikipedia.org/wiki/Therac-25)
[ethicsunwrapped.utexas.edu - case-study/therac-25](https://ethicsunwrapped.utexas.edu/case-study/therac-25)
[utsouthwestern.elsevierpure.com - Therac 25 incidents](https://utsouthwestern.elsevierpure.com/en/publications/Therac-25-incidents)
[de.wikipedia.org - Therac-25](https://de.wikipedia.org/wiki/Therac-25)
[smartbear.com - Bug day race condition therac-25](https://smartbear.com/bugday/bugday_race_condition_therac-25)
[worldhealthexpo.com - The deadly case of the Therac-25: a warning for medical AI](https://worldhealthexpo.com/2014/05/20/the-deadly-case-of-the-therac-25-a-warning-for-medical-ai/)
[onlineethics.org - A History of the Introduction and Shut Down of Therac-25](https://onlineethics.org/2014/05/20/a-history-of-the-introduction-and-shut-down-of-therac-25/)
[ethicsunwrapped.utexas.edu - Therac-25](https://ethicsunwrapped.utexas.edu/case-study/therac-25)
[w3.cs.jmu.edu - 2004-JMU-Therac.pdf](https://w3.cs.jmu.edu/~therac/2004-JMU-Therac.pdf)

Ajánló

Hasonló jellegű bejegyzéseket a **Érdekes történet** tag alatt talál:

- [60 éves a Trabant](#)
- [A 61. vágány](#)
- [A Berlinben lezuhant szovjet vadászpilóta története](#)
- [A CIA lopott műholdja](#)
- [A dannenwalde-i baleset](#)
- [A Davis-Besse atomerőmű esete a vírussal](#)
- [A drogbáró alagútjai](#)
- [A drogfutárság veszélyei](#)
- [A Dunning-Kruger-hatás](#)
- [A Jennifer projekt](#)
- [A Kaktusz-kupola](#)
- [A Kaszpi-tengeri Szörny](#)
- [A Mars Climate Orbiter \(MCO\) program banális katasztrófája](#)
- [A millió dollár pont](#)
- [A moszkvai Metro-2 legendája](#)
- [A Poligon](#)
- [A rénszarvas és a tengeralattjáró](#)
- [A Silk Road hagyatéka](#)
- [A Stuxnet sztori](#)
- [A Te könyved milyen vastag?](#)
- [A Trans-Szibéria gázvezeték 1983-as robbanása](#)
- [A valódi Mad Max](#)
- [A Világ valódi csodái](#)
- [A világvégi mozi](#)
- [A Wall Street Market bukása](#)

- Alkohol az űrben
- Amikor egy naperőmű teszi oázissá a sivatagot
- An0m sztori
- Atlantropa
- Atomvillanás fentről
- Az ekranoplán; ismét a hullámok felett
- Az elhagyott szovjet nukleáris világítótornyok
- Az oroszok hibrid hadviselése a európai GNSS rendszer ellen
- Basilique Notre-Dame de la Paix, a világ legnagyobb katolikus temploma
- Basilique Notre-Dame de la Paix, die größte katholische Kirche der Welt
- Basilique Notre-Dame de la Paix, the world's largest Catholic church
- Bayernturm, a funkcióját veszített kilátó
- Bayernturm, the observation tower that has lost its function
- Blackout in Spain
- Blackout Spanyolországban
- Boeing 737 MAX / MCAS
- Csernobil árnyéka: Negyven évvel a katasztrófa után
- Csernobil és Putyin katonái
- Csónakokkal az anyahajó ellen – a Millennium Challenge 2002 gyakorlat
- Das Ekranoplan – wieder über den Wellen
- Das Jennifer-Projekt
- Das Vermächtnis der Seidenstraße
- Der Bayern-Turm, ein Aussichtsturm, der seine ursprüngliche Funktion verloren hat
- Der Dunning-Kruger-Effekt
- Falkland háború
- Felhőkarcoló ablakok nélkül
- Gladbecker-tűzdráma
- Hadsereg romokból
- Hedy Lamarr: filmszínésznő és feltaláló
- Hitler Pervitinjétől a meth-ig
- Hitler utolsó amerikai katonája
- Hogyan lett Kínának repülőgép-hordozója?
- Híd a Kwai folyón
- Hűtővonat atomrakétákkal
- Kukoricamező bombázó
- Kémek hídja
- Majak
- Mazsolabombázók
- Mert az Opel sosem kop' el
- Modernkori bolygó hollandi
- Neuralink
- Német hackerek és a KGB
- Orwell elmaradt, a bürokrácia győzött
- Ottó utazásai

- Probstzella – végállomás
- Stromausfall in Spanien
- Surtsey, az ötvenéves sziget
- Sztálin elfeledett vasútja
- Teufelsberg FSB
- The Dunning-Kruger effect
- The ekranoplan: back on top of the waves
- The Jennifer Project
- The Legacy of the Silk Road
- Therac-25: A hibaüzenet, amit senki nem értett
- Vészjelzések a Dakotáról
- Whisky-háború a Hans szigetért
- Wie dick ist dein Buch?
- Yokoi háborúja
- Átadták a világ leghosszabb alagútját
- Öreg fiúk bankrablócsapata

2026, Therac-25, great bugs, lineáris gyorsító, linac, 1980, AECL, Malfunction 54, Fritz Hager, FDA, PDP-11, érdekes toertenet, tech, USA

Bejegyzésmegtekintések száma: 289

From:

<https://www.bolyongo.hu/> - **bolyongó**

Permanent link:

<https://www.bolyongo.hu/doku.php?id=passport:therac-25&rev=1785596651>

Last update: **2026/08/01 17:04**

