

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 kezelóasztalra 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 beállításával. 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 feszültségingadozás), 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

retesznyítást 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 sugártúladozás. Azt állították, hogy a gép hardveresen és szoftveresen is biztonságos, a hibát pedig elektromos zárlatnak, de leginkább tévedésnek tulajdonították.

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) kezel. 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 beállításáért 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 reteszeket, 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 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 elsőprő bizonyítékai előtt minden vádat tagadott.

From:

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

Permanent link:

<https://mail.bolyongo.hu/doku.php?id=passport:therac-25&rev=1776539731>

Last update: **2026/04/18 19:15**

