

KITEKINTÉS

Teller Ede

A REAKTOROKNAK JÓL KELL MŰKÖDNIÜK
(Az 1991. október 20-án, Jászberényben tartott előadás szövege)

Hanford

A háború után, 1948-ban Amerikában létrehoztak egy Reaktorbizottsági Bizottságot, én voltam a vezetője. A legelső, amit mondtunk: reaktoroknak jól kell működniük, mert ha egy baleset is történik, akkor azután vége lesz a reaktorok használatának. Ezért szabályokat állapítottunk meg. Azt hiszem, ezeket a szabályokat némi pontosítással ma már általánosan el is fogadták. De annak idején mind-ez titokban ment. Akik tudtak róla, azok reaktormérnökök voltak, és ők csakhamar úgy kezdtek bennünket hívni, hogy »*Reaktorelles Bizottság*«. Pedig ez nem volt szándékunk.

A legtöbb elénk került reaktortervet jóváhagytuk. De egy reaktorral gond támadt. Akkor Lilienthal volt az amerikai Atomenergia Bizottság elnöke, ővele kerültünk összeütközésbe. Ez a reaktortípus pár éve már működött, így csak mintegy mellékesen terjesztette elénk, mondván, hogy a tapasztalat biztonságosaknak mutatja őket. Mi azután épp e reaktorokról állapítottuk meg, hogy nem biztonságosak! Ezek voltak a háború alatt épült hanfordi reaktorok, amelyek plutóniumot termeltek.

Ha egy reaktorban az egyik hűtővezetékben túlhevülés okozta elforrás miatt víz távozik, annak két következménye lehet. Az egyik az, hogy a neutronok kevésbé lassulnak le, kisebb gyakorisággal idéznek elő megvasadást, ezért a neutron-láncreakció gyengébben megy. Másrészt a víz el is nyel neutronokat, ezért a vízvesztés folytán a neutron-láncreakció erősebben szalad. Nos, a hanfordi reaktorokban annyi grafit volt, hogy a neutronok amúgy is lelassultak, így a vízvesztés majdnem kizárólag a neutronelnyelés csökkenésére vezetne. A reaktor erősebben működne ott, ahol felforr a víz, ezen a helyen emelkedne a hőmérséklet. Ettől azután a mellette lévő csövekben ugyancsak felforrna a víz. Egy új láncreakció indulna meg: egy csővezetékben felforr a víz, erre környékén lévő vezetékben is forni kezd a víz, olyan gyorsan, hogy a folyamat terjedését nem lehetne leállítani.

Erre a kritikára az Atomenergia Bizottság kijelentette, hogy a mi bizottságunkban csupa professzor ül, akik ehhez a műszaki kérdéshez nem értenek. Ki-neveztek egy másik tanácsadó bizottságot is, amelynek adminisztrátorok és mérnökök lettek a tagjai. Ők azután egyáltalán nem értettek a reaktorokhoz, és meglepő módon ezt még tudták is. Ezért hozzánk jöttek, és azt mondták: - »*Bejöhettek a ti üléseitekre megfigyelőként?*« - Ekkor mi már nem beszéltünk az elítélt hanfordi reaktorokról. Ők csak figyeltek, tanultak, tárgyaltak, és egy év múlva ugyanarra a következtetésre jutottak, mint mi, csak ezt még határozottabban fogalmazták meg. Ennek hatására végül leállították a hanfordi reaktorokat.

Csernobil

Ilyen uránfűtésű, grafitmoderátoros, vízhűtésű reaktorokat ezután sehol a világon nem építettek, kivéve a Szovjetuniót. Ott lett a baj! Nem csak ez a vizes instabilitás okozta a bajt, hanem az is, hogy Csernobilban minden járulékos biztonsági berendezést kikapcsoltak. Így következett be, hogy a reaktor azután tényleg felrobant. Gőzrobbanás történt úgy, ahogy azt mi előre láttuk.

Reaktoroknál nem szabad ilyen komédiákat csinálni, mert akkor az emberek túlzott félelme még jobban el lesz túlozva, és akkor azután tényleg nem építenek több reaktort. A csernobili katasztrófának nem szabad megismétlődnie!

Amit az oroszok most azután az ilyen típusú reaktorokkal csinálnak, az is olyan egyszerű. Kissé dúsabb uránt használnak, amiért az elnyelő kontrollrudak mélyebben merülnek a reaktorba, így az a vízvesztésre kevésbé érzékeny. Nagyon valószínű, hogy a fenti baleset Oroszországban nem fog megismétlődni, de nem vagyok abszolút biztos. Legjobban azt szeretném, ha ez a reaktortípus teljesen eltűnne.

Windscale

Ha a reaktor-biztonságot úgy akarjuk megtárgyalni, hogy mindenki átérezze: minden problémát komolyan vettünk, akkor minden megtörtént reaktor-szerencsétlenséget sorra kell vennünk. Három olyan eset volt, ahol nagy baj történt. Most a két másik esetről is beszélni szeretnék.

Az első egy angol reaktornál esett meg 1957-ben Windscale-ben. Wigner-gyulladás történt. Azért nevezik így, mert ennek lehetőségét Wigner Jenő előre megmondta. Amikor a maghasadásban keletkezett gyors neutron ütközik a grafit-moderátor atomjával, a szénatom elhagyja a helyét, és azután nem talál vissza, hanem a grafit-síkok közt helyezkedik el. Ha ez sokszor megtörténik, sok szénatom nem lesz a helyén, így a grafitban kémiai energia halmozódik fel. Ha azután felmelegítjük a grafitot, néhány szénatom mocorogva visszakerül a helyére. Így energia szabadul fel, ettől a hőmérséklet emelkedik, a szénatomok mozgékonyasága nő, még több szénatom hazatalál, és még melegebb lesz, mint azt Wigner Jenő megjósolta. Ezért időnként óvatosan felmelegítették a grafitot, hogy a szénatomok időben hazamenjenek.

Nos, egy ilyen melegítési akciót Windscale-ben nem csináltak elég óvatosan, és egyszerre túl sok szénatom ért haza, amitől a grafit úgy fölhevült, hogy meggyulladt (*Pedig a grafit nem könnyen gyullad meg.*). A radioaktivitás terjedni kezdett. Erre az angolok óvatosan viselkedtek. Nem öntöztek vizet a grafitra, az csak gőzt fejlesztett volna, jobban szétszóródott volna a grafit, és több tűz támadt volna. E helyett vártak, amíg szén-dioxidot tudtak odavinni, és szén-dioxiddal oltották el a tüzet.

Harrisburg

A harmadik baj nálunk történt Amerikában, a Three Mile Island atomerőműben. Az egy nagy baj volt. Akkor lett meggyőződésem: az emberi ostobaságnak talán van alsó határa, de felső határa nincs. Itt két ostobaság történt.

Még korábban, valahol az Egyesült Államok közepén az történt, hogy egy szelep, amely visszatartja a vizet a reaktorban, nem záródott el. Így a reaktor vizet veszített. Kezdett fölhevülni. Az operátorok észrevették, hogy mi a baj. Leállították a reaktort, rendbehozták. És írtak egy gyönyörű jelentést, amelyben benne van: - »Ha mi ezt az üzemi zavart időben nem értettük volna meg, nagy baj történhetett volna.« - Ők rendes emberek voltak. A jelentést el is küldték a központi reaktorbizottsági hatósághoz. Ott pedig a jelentést szépen eltették egy fiókba, és senkinek nem mutatták meg. Ha ezt szétküldték volna az összes atomerőműhöz, a Three Mile Island baleset soha nem történt volna meg. Ez volt az első ostobaság.

Egy éven belül egy hasonló szelep nem zárult be Three Mile Islandon. A reaktor okos volt: azonnal leállította magát, és külön vizet hozott be. Ez reggel 4 óra körül történt. Ha az operátorok - miután a szakértőket értesítették - azonnal hazamentek volna, nem lett volna semmi baj. Sajnos, ottmaradtak és észrevették, hogy jön a víz,

mert zajt csinál. Erre kézzel leállították az extra hűtővizet. Ez volt a második ostobaság, amikor még a reaktor nem volt felkészülve, és a láncreakció leállítása után a közepé, a hasadványok radioaktivitása által termelt hőtől leolvadt.

Összehasonlítva a három esetet, úgy értékelem : ha a Three Mile Islandból kiszabadult radioaktivitást 1-nek nevezem, akkor Windscale-ben 1000 volt és Csernobilban egymillió. Az első két esetben egyetlen ember sem szenvedett, kivéve a pénztárcákat, ahonnan egy-két milliárd dollár elpárolgott. Csernobilban talán ennél is több. De ott rögtön volt vagy 30 áldozat. Hogy később mi történt, én nem tudom. Nem hiszem, hogy 1000 embernél több lesz az áldozat. Ez bizony nagy szám. De majdnem ennyi elpusztul egy nagy repülőgép-szerencsétlenségben, mégsem szüntetik meg a repülést. Például a vízenergia legalább olyan veszélyes, ahol gátak omlottak össze, és emberek fulladtak bele az árba. Azt hiszem, még ha Csernobilt bele is számítjuk, akkor is azt lehet mondani, hogy a magenergia kevésbé veszélyes, mint az energiatermelés más alternatívái.

Magyarok és franciák

A hasadási reaktor primitív szerkezet. Neutronok keletkeznek, azután lelassítják őket (*szerintem ez a jobb típus*), a lassú neutronok maghasadást váltanak ki, amiben újra neutronok keletkeznek. Az egyetlen probléma, hogyan vigyük ki a felszabadult energiát, de erre a mérnökök már 200 éves tapasztalattal rendelkeznek. A reaktoroknak jól kell működniük, és jó szakemberek ezt meg tudják csinálni.

Pakson ismét sok emberrel beszéltem, reaktormérnökökkel, és megmaradt a róluk alkotott jó véleményem. Most ehhez még egy megerősítést szeretnék fűzni.

Ha egy reaktorral baj van, akkor az emberéletet fenyegető kockázat - mint mondtam - kicsi, de a pénzvesztés nagy lehet, akár milliárd dollár is.

A franciák felajánlották, hogy Pakson atomeróművi reaktort építsenek. Nem szívesen teszem, de tétélezzük fel egy pillanatra, hogy mi lenne, ha ezzel a reaktorral valami zavar támadna. Mindenki tudná, hogy francia gyártmányú reaktorról van szó. A magyarok kára talán egymillió lenne, de a franciák közvetett vesztesége talán százmilliárd! Ilyen kockázatot egy cég sem vállalna el anélkül, hogy alaposan körül ne nézzen. Ezért a franciák reálisan akarták felmérni, önmaguk akarták megismerni a magyar közvélemény hangulatát. Annak pedig, hogy a franciák Pakson akarnak reaktort építeni, az az oka, hogy Paksi Atomerómű személyzetét, azok tudását és módszereit kiválóan ismerték meg. Más magyarázat nincs. Ezt tudnunk kell, és jó volna, ha ezt Magyarország mindenki megértene.

A tórium

Nem fog-e elfogyi a hasadóanyag? Énszerintem nem. Mert a hasadási reaktort sokféleképpen lehet csinálni, nem fogom az összes változatot elmondani. Csak azt, hogy én melyiket kedvelem. Ha az uránt tisztességesen ki akarjuk használni, az ^{238}U izotópot is hasznosítani kell. Ha ez befog egy neutron, béta-bomlásokkal plutónium lesz belőle. Ez jól működik reaktor fűtőanyagként, de csak akkor, ha gyors neutronokra szorítkozunk. De gyors neutronokat nehéz szabályozni. Ezért én a tóriumot kedvelem. Ha tórium befog egy neutron, béta-bomlásokkal ^{233}U izotóppá alakul, és ^{233}U -val működő reaktort nagyon könnyű szabályozni. Tórium sokkal több helyen található, mint urán, van belőle elég kb. egymillió évre.

A tórium se jó, mondják, mert az ^{233}U béta-aktív, és egyik leányeleme nagyon átható gamma-sugarakat bocsát ki, amitől a mérnökök félnek. Hát építsenek vastagabb falakat! En a nagyon kemény gamma-sugarakat szeretem. Hiszen az egyik kérdés, amit meg kell válaszolni: hogyan lehetünk biztosak abban, hogy abból

a hasadóanyagból nem visznek-e el valamennyit, és nem csinálnak belőle atombombát? Márpedig, ha van egy ilyen kemény gamma-sugárzás, az már három méter távolságból kiabál. Így sokkal könnyebb annak ellenőrzése, hogy nem visznek el belőle. Ezért kedvelem a tóriumot. És van még más lehetőség is gazdaságos hasadási reaktort építeni.

Radioaktív hulladékok

Van egy probléma, amit nem oldottak meg. Talán mert nem akarták megoldani. Ez a radioaktív hulladékok elhelyezése. Mit lehet velük kezdeni? A válasz nagyon egyszerű. Hulladékok nincsenek, radioaktív melléktermékek vannak. Ha radioaktív anyagokat állítunk elő és azokat eldobjuk, lehet, hogy bajba kerülünk. De ha megtartjuk és használjuk, ha tudjuk, hogy ez aranyat ér vagy többet is, akkor sohasem lesz baj. Sohasem volt. Mert az a radioaktivitás, ami már bajt okozhat, az 100 000-szer nagyobb a nagyon egyszerű eszközökkel kimutatható értéknél. Egy hatemeletes ház is veszélyes, ha kiugrom az ablakon. De nem kötelező kiugrani! A radioaktivitás is olyan, mint ez a magas ház, mint a hatodik emeleti ablak. Ha van nálam valami, ami elkezd kattogni vagy sipolni, ha túl sok a radioaktivitás, és én túl közel mentem hozzá, akkor nagyon nehéz bajba kerülni.

Ez a radioaktív termék nem fog aranyat érni, ha nem kezdjük el használni. De használni ezerféleképpen lehet. Ebből csak három használatot fogok megemlíteni, mint példát.

Az elsőről mindenki tud, ez az orvosi alkalmazás. Elmesélem, hogy velem mi történt egy alkalommal. Volt egy szívoperáció. Kivettek a lábamból egy eret és több darabban betették a szívembe. Azóta a szívem majdnem olyan jó, mintha fiatal volnék. Az operációt végző orvos később találkozott velem Washingtonban, és azt mondta: - *»Ideje, hogy megvizsgáljuk, hogyan működik a szíve.«* - Elmentem a Georgetown University-re, ott a vérembe tettek egy csomó radioaktív technéciumot. Amikor a szív összehúzódik, kevesebb sugárzás jön ki belőle, amikor kitágul, akkor több. Körülvettek Geiger-számlálókkal, és látták, hogyan működik a szívem. Tornázni is kellett, akkor nem működött olyan jól, mint lehetett volna, de nem működött olyan rosszul sem, mint lehetett volna. Megvizsgáltak, és azt mondták, még fogok élni. Ez délelőtt történt. Délután elmentem a Fehér Háza. Leültünk beszélgetni az elnök tudományos tanácsadójával, aki nagyon jó barátom. Csakhamar jön ám az ór: - *»Urak, ki hozott ide be radioaktivitást?«* - Barátom tudta, honnan jövök. Odafordult az őrhöz és elmondta: - *»Íme, ez a radioaktív Dr. Teller!«* - Kérem, ideiglenesen én olyan *»forró«* voltam, hogy az ór radioaktív detektora megszólalt. Ezek az orvosi megfigyelések messze túllépik azt az értéket, mint amit általában megengednek, de nagyon szükségesek, hogy megtudják, mi megy végbe a szívben, az agyban és máshol. Ehhez radioaktivitás kell, de így furcsa dolog állt elő. Mi az Egyesült Államokban már úgy félünk a radioaktivitástól, hogy amikor egyszer az Elnököt orvosilag meg kellett vizsgálni, a vizsgálathoz szükséges radioaktív izotóp csak Kanadában volt meg, azt Kanadából kellett hozni. Amerikában mindentől jobban félnek, mint az indokolt volna.

Mi másra lehet használni a radioaktivitást? Élelmiszerek besugárzására, amitől természetesen az élelmiszer nem lesz radioaktív. De így kitisztogatjuk az oda nem való mikroorganizmusokat. A radioaktivitás is megváltoztatja az élelmiszert, de sokkal kevésbé, mint forralás vagy fagyasztás. Ez a legjobb, legolcsóbb, legártatlanabb módszer az élelmiszer konzerválására. Nem könnyű megőrizni az élelmiszert, annak 20-30%-a megromlik. Ezt el lehetne kerülni. Több jutna belőle a fejlődő országokba, ahol nincs elég enivaló.

Egy harmadik alkalmazás a szennyvíz fertőtlenítése. Biológialag szennyezett anyag veszélyes, mert a biológiai szenny szaporodni tud. Nem is kell a radioaktív

termékeket egymástól elválasztani. Ha velük besugározzuk a szennyet, biológiailag olyan ártalmatlanná lehet tenni, hogy azután szinte akármit lehet vele csinálni. Így a világ elszennyeződését korlátozni lehet.

Szeretném ajánlani: térjünk észre, nézzük meg, miként lehet a radioaktív melléktermékeket teljes biztonsággal használni. Elkerülhető, hogy velük valaha is baj legyen, különböző (orvosi, biológiai...) kutatásokhoz és más alkalmazásokhoz nagyon értékesek. Azt hiszem - és ebben nem én vagyok az egyetlen - hogy a radioaktivitástól úgy félnek, mint valaha a boszorkányoktól. Ha mi hallgatnánk Könyves Kálmán királyra mindenfajta boszorkány tekintetében, abból még pénzt lehet csinálni. Barátságosan felajánlhatnánk az Egyesült Államoknak, meg a németeknek is, hogy mi az ő használt radioaktív fűtőelemeiket elszállítjuk és használjuk. Jöjjön Bécsből minden inspektor hozzánk, mi minden becquerel egységért felelünk, mi tudjuk, kibe mennyi technéciumot tettünk. Ebből bajnak nem szabad lenni, és nem is kell.

Egerek és emberek

Nem csak a radioaktivitással van baj! Mi Livermore-ban dolgozunk, Kaliforniában. Itt tengerészeti támaszpont volt a Második Világháborúban. Innen indultak a repülő. A repülőgépeket triklóretilénnel mosták le, és a talaj tele van triklóretilénnel. A kísérleti egerek triklóretiléntől rákot kapnak. Az fenyeget, hogy a triklóretilén a talajban hetven év múlva el fog diffundálni oda, ahol az az ivóvízbe kerülhet. Ezért ezt ki kell tisztogatni! Mert ha valaki ilyen szennyezett vizet inná egész életében, a rák-megbetegedés valószínűsége 1%-kal megnőne. Ez pedig elmentében áll az amerikai törvénnyel. Ezért ma már nem fegyvereket fejlesztünk Livermore-ban, hanem a triklóretilént üldözzük.

Az okoskodásban itt csúszott be egy kis hiba, amiről a legtöbb biológus tud, de a közönség nem tud róla. A rákkockázatra vonatkozó kísérleti egereken és patkányokon végzik, hogy gyorsan és olcsón lehessen csinálni. Mármost amennyire értjük a rákot - és azt hiszem, ennyire értjük - a rák azzal kezdődik, hogy egy élő sejt megváltozik és aszociális lesz. Szaporodni kezd, így eljut a test bármely részébe. Kis állatoknak ezerszer-tízegyszer kevesebb sejtjük van és százszor rövidebb ideig élnek. Így a rák gyakoriságának náluk tíz- vagy százezerszer kisebbnek kellene lennie, mint az embernél vagy az elefántnál. De annyi rákot kapnak, mint mi! Ezt csakis akkor lehet, ha feltételezzük, hogy mi olyan vegyületeket fejlesztettünk ki a szervezetünkben, amelyek bennünket jobban megóvnak a ráktól, mint amennyire az egerek vannak védve. Tehát ha az egér rákot kap, az valószínűleg egy tizedred faktorral korábban figyelmeztet, mint hogy embert veszély fenyegetne.

Nagyon fontos azt megtudni, hogy a rák bekövetkezési kockázata miként függ az állat nagyságától. Ha ezt nem tudjuk megválaszolni, akkor az a két vagy több millió kísérlet, amit kísérleti patkányokon végeztek el, nem mond semmit. Márpedig ezekre a kísérletekre hivatkoznak, akik félnek a radioaktivitástól.

Tudjuk, hogy a nagyon erős radioaktivitás halálos. De ma az engedélyezett megengedhető dózis lényegében ugyanannyi, mint amit a sugárzási háttértől úgyszólván kapunk. En eszerint bizonyos életveszélyt vállaltam, mert Magyarországra repültem. Nem Magyarországgal van a baj. A sztratoszféra határán, ahol 10 órán át repültem, sok volt a sugárzás. - *»De az az égből jön, talán azzal nem lehet semmi baj! Ami egy reaktorból jön, azzal lehet a baj!«* - Kérem, talán még ez sem a butaság felső határa. De azt hiszem, hogy a sugárzástól való félelmet jó volna jobbról és balról szemügyre venni, hogy tudjuk: mi boszorkány és mi nem. A világ számára lehet elég energiát termelni, és lesz is elég, ha nem félünk attól, amitől nem kell félni. Félelem értelem nélkül nem használ.