

# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

- víziók a múltból -

**Ing. Fűri Erzsébet**

**Mentor TT Tehetség tábor - Martos – 2024.05.23**

# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

## Rövid politikai visszatekintő

- Az 1980-as évek végén megbomlott a volt szocialista országok politikai és társadalmi berendezkedése.
- Ez magával hozta a volt Szovjetunió és több KGST-tagállam közötti kötötti gazdasági együttműködési **szerződések felbontását** vagy gyengülését. Ennek keretében sor került a Csehszlovákia és a volt Szovjetunió közötti gazdasági szerződések felmondására is.
- Addig rugalmasan működtek a tudományos kutatási és oktatási csereprogramok bizonyos kontingens keretében. Amikor ezek megszűntek, sok kutatónk kénytelen volt hazaköltözni, többek közt az atomtudósok is. Ők - 30-50 kutató és diák - addig Dubna atomvárosában (Moszkvától 130 km északra) dolgoztak/tanultak egy nemzetközi szintű és elismert atomkutató központban (Joint Institute for Nuclear Research = JINR = Egyesített Atomkutató Intézet).
- Csehszlovákiában az atomerőművekhez kapcsolódó témákon túl más nagyobb atomkutatói és fejlesztési lehetőség nem nagyon volt. A nyugati technológiák színvonalához felzárkózni nem volt lehetőség. Az innovációs kutatási és fejlesztési programok javaslatai általában pénzhiány miatt elakadtak. Lehetőségnek csak a nagy nemzetközi kutató központokban voltak.



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

## Egy vízió története, amely 1972-ben kezdődött:

- Az 1970-es/80-as években több innovatív próbálkozás volt az egészségügy területén is, mivel a betegellátás színvonala a hiányzó technológiák miatt válságos volt. Sajnos, gazdasági - és részben politikai - okokból a nagy volumenű projektek sikertelenek voltak.
- Nem volt ez másképp a rákos megbetegedések feltárásánál és gyógyításánál sem, miközben **több mint 13 ezer ember halt meg rákban évente.**
- **1972-től** a pozsonyi Kramáren volt betervezve egy új országos onkológiai intézet (kórház), mintegy a Heyduk utcai Onkológiai Intézet tevékenységének átirányítására és szélesítésére. Dinamikus vezetők hiányában azonban a projekt lassan haladt előre és az eltelt 14 év alatt kinőtte önmagát.
- Mivel nagy atomerőművi beruházói tapasztalatom volt, így meghívtak ezt a projektet innoválni. **1986-ban** így kerültem Heyduk utcai Onkológiai Intézetbe és **1992-ig** a projekt menedzsere voltam.
- A kihívás nagy volt: az 1972-es nyugati trendek diagnosztikai, gyógyászati és kiegészítő üzemeltetési technológiák már használhatatlanok voltak. Le kellett **cserélni** őket az 1986-ban **korszerű technológiákra**. Gyorsan szétnéztem a világban és rengeteget konzultáltam szakemberekkel, gyártókkal, orvosokkal.
- Ezzel kaptam egy **lehetőséget nagyot álmodni és megpróbálni megvalósítani**. Bátorság hiányában sose szenvedtem, így rugalmas tervezői csoport és innovatív beszállítók segítségével a projekt néhány hónap alatt átdolgozásra került.
- Mivel egyetemi koromtól a nukleáris medicina szerelmese voltam, szívügyem volt a **legkorszerűbben felújítani a radiológiát, nukleáris medicinát és sugárterápiát szolgáló berendezéseket is (CT, MRI, SPECT, PET, gyorsítók, sugárterápia)**. A francia technológia -beszállítók, akikre az eredeti idea támaszkodott, készségesen fogadták ezt.



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

## Egy vízió története, amely 1972-ben kezdődött:

- **1989**-ben megkezdődött egy nagyon modern országos onkológiai kórház építése. A projekt eredeti költségvetése cca **1,8 milliárd** csehszlovák korona volt, aminek nagy részét Csehszlovákia a francia kormány által nyújtott törölhetetlen hiteltől fedezte. 1992-ig a beépített technológiák az első két szinten a helyükre kerültek (6 szintes épület).
- Az **1992-es** parlamenti választások után a második Mečiar-kormány nyugati nyomásra a félig kész kórházat átdefiniálta szív-kórházzá. Ma is az. Kétségkívül szükség volt rá, de nem egy már fizikailag is félig megvalósított projekt átszervezésével, ami nagy anyagi terheket hozott magával.
- A nyugati gyártóktól úton lévő **technológia egy részét** sikerült megmentenünk úgy, hogy szétszabtuk az ország intézményeinek nukleáris medicina részlegeire.
- A nagy álom viszont **szertefoszlott** hosszú évekre.
- Ugyanúgy a benne szőtt országos telemedicinás elképzelések és a kórházi információs hálózatok fejlesztése.
- **1993-ban** Szlovákia önállósult.





# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

1992-től 2010-ig a Heyduk utcai kórház részlegeinek innovációjával foglalkoztam.  
Megoldásra került:

a Nukleáris Medicina  
Klinika teljes vizsgálati  
gépparkjának felújítása

1992-ben  
a francia  
szállítmá-  
nyokból  
való  
gamma-  
kamerák  
beépítése

új diagnosztikai  
és terápiás  
eljárások  
bevezetése a  
radiológia és a  
nukleáris  
medicina  
területén

2000-ben Szlovákia első  
pozitronemissziós  
tomográfjának (PET)  
beszerzése és  
üzembehelyezése, az  
ehhez szükséges  
épületrész átépítése

a sugárvédelem  
korszerűsítése

a Nukleáris  
Medicina  
Klinika  
fekvőbeteg  
osztályának  
felújítása és  
berendezése a  
legkorszerűbb  
kórházi és  
laboratóriumi  
eszközökkel

sok-sok éven  
elhanyagolt,  
gyógyászatból  
visszamaradt  
radioaktív  
hulladék  
korszerű  
kezelése és  
likvidálása

# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

## Álmodjunk csak tovább - álmodni szabad

- 1994-ben bekopogott hozzánk (Szt. Erzsébet Onkológiai Intézet) a hazatért dubnai atomkutatók csoportjának egy hozzám hasonló álmodozója, Ján Ružička egyetemi professzor, aki felvetette, hogy soron van a volt szovjet (1991.12.1-től már orosz) államadósság rendezésének ügye a két ország között. Ennek az adósságnak részét az oroszok katonai felszerelésekkel (MIG-29-es katonai repülők) törlesztenék.
- Mivel a hazatért csoportnak még sok tennivalója lett volna Dubnában, ragaszkodott hozzá, hogy a kormány vegye számításba annak a lehetőségét, hogy **1 db repülőt lecserélnék egy komplett részecskegyorsító ciklotronközponttra (CC SR), amit Szlovákiában építenénk közösen.** Oroszország hajlandó volt belemenni a tervbe. Nekünk nagy szükségünk volt ilyen lehetőségre - sok innovációs megoldással kecsegtetett.
- **Én pedig reménykedtem, hogy ez már nem álom, hanem egy ébrenléti vízió, ami valósággá válhat.**
- Hosszú huzavona, tervezés, szervezés - és Szlovákia váltakozó kormányainak határozatlansága és a Zöldekkel megvívott harc után sikerült aláírni egy államközi szerződést, aminek alapján mindkét oldalon megkezdődött a projekt tervezése és megvalósítása. Ehhez **7 kormányt kellett meggyőznünk** a terv jóváhagyására, **Duka-Zólyomi Árpád** atomfizikus diplomáciai segítségével és sok-sok támogatóval mögöttünk.
- Minden kormány több száz oldalas előkészítő dokumentációt kért tőlünk a kormányhatározat jóváhagyásához.
- **Végleges formájában jóváhagyatni csak sok év után sikerült.**

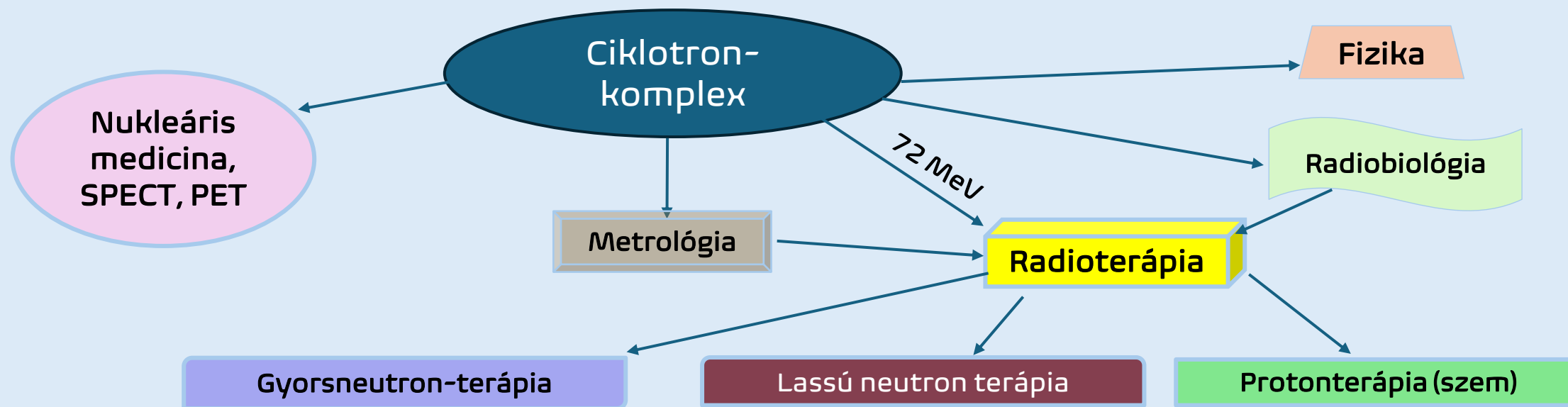




# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

## A Ciklotron Központ projektjének eredeti célja a következő volt:

- megragadni a lakosság életminőségének és egészségének javítására irányuló akkori világszintű megközelítéseket és tendenciákat,
- felhasználás szempontjából körülbelül **80%-ban az egészségügyi ellátást** kell szolgálnia, vissza kell térnünk az eredeti álmomhoz (modern NM, SPECT, PET, ciklotron, modern sugárterápia),
- biztosítani a progresszív technológiák bevezetését nemzetgazdaságunk kiválasztott ágazataiba olyan fizikai eszközök alkalmazásával, amelyek nagy energiájú töltött részecskéket termelnek és lehetővé teszik ezek felhasználását a kutatásban, oktatásban, ipari felhasználásban, hadiiparban.



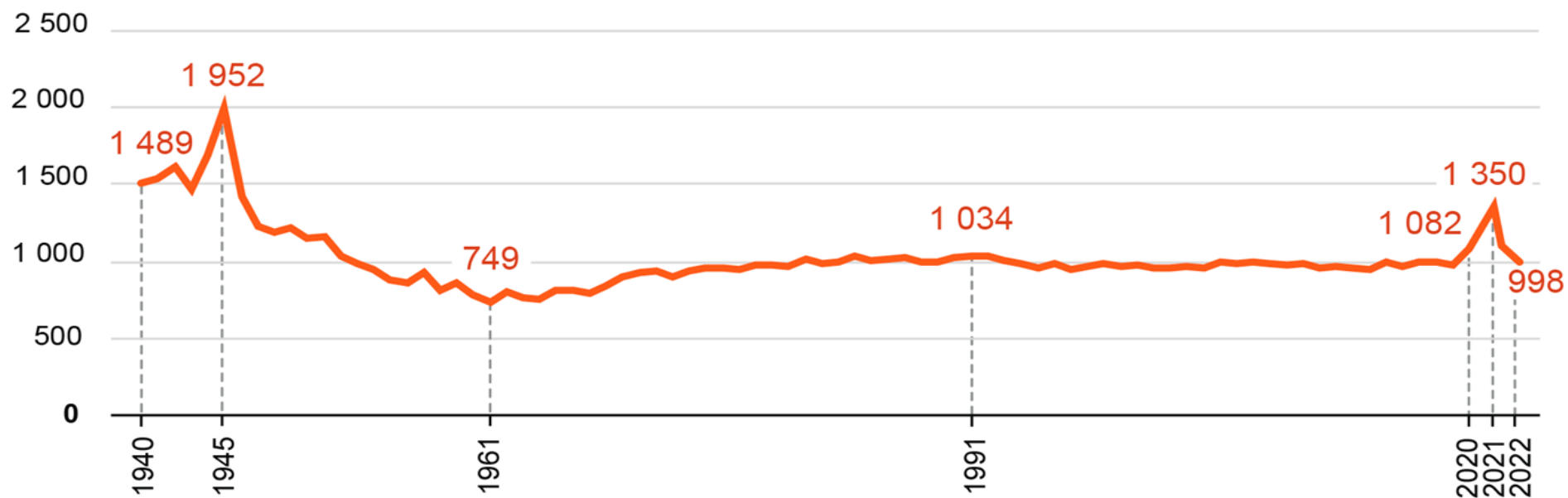
# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

Miért 80% az egészségügyet?

## Hrubá miera úmrtnosti v SR (počet zomretých na 100-tisíc obyvateľov)



ŠTATISTICKÝ  
ÚRAD  
SLOVENSKEJ  
REPUBLIKY





# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

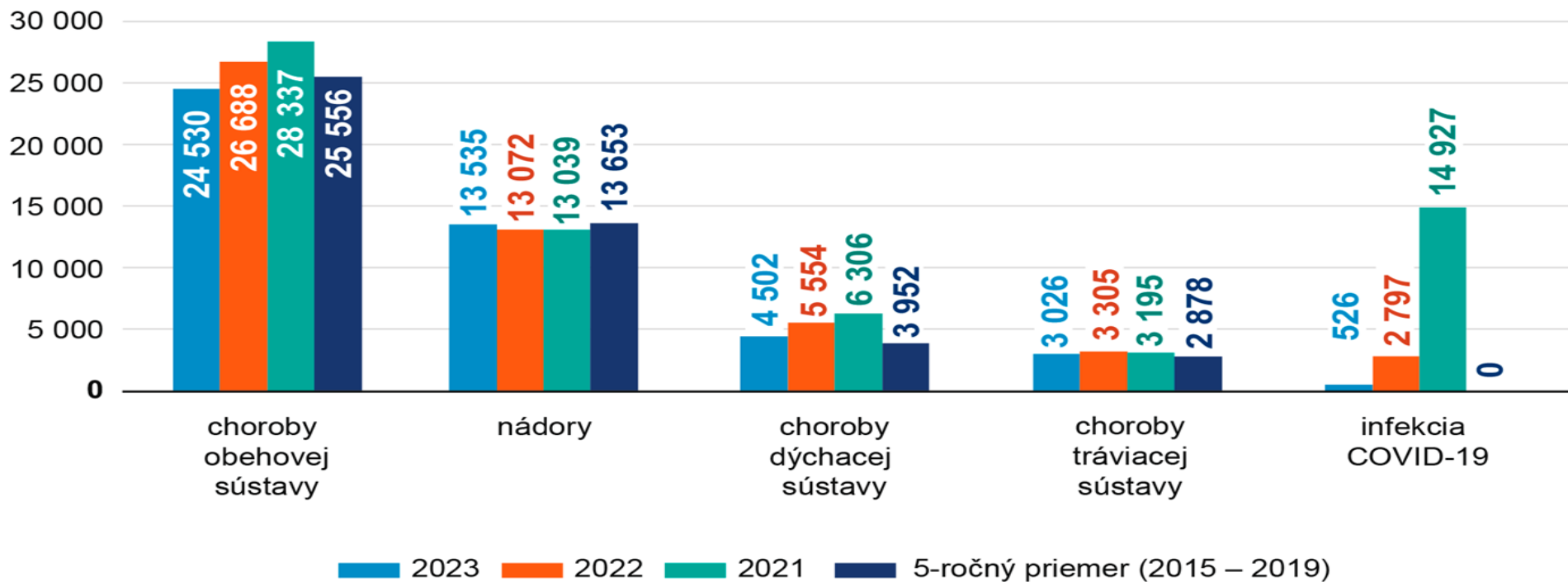
Miért 80% az egészségügyet?

## Najčastejšie príčiny úmrtí v SR

(počet osôb)



ŠTATISTICKÝ  
ÚRAD  
SLOVENSKEJ  
REPUBLIKY



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

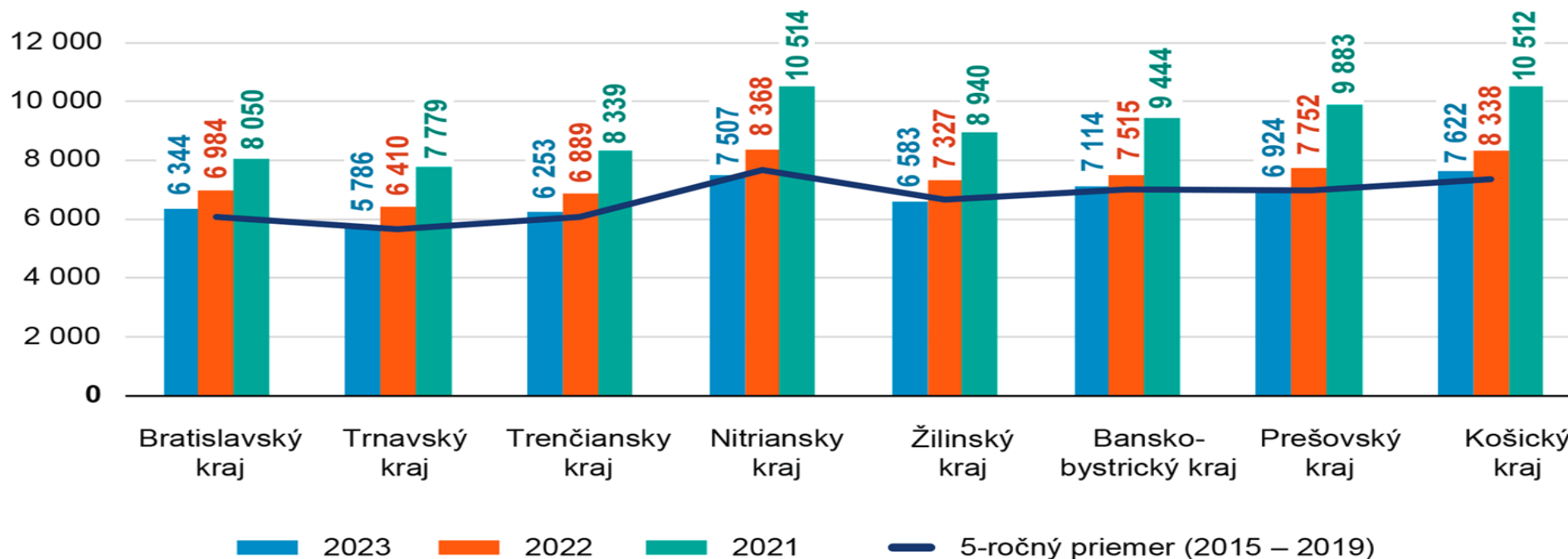
Miért 80% az egészségügyet?

## Zomretí v krajoch SR

(počet osôb)



ŠTATISTICKÝ  
ÚRAD  
SLOVENSKEJ  
REPUBLIKY





# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

Gyakorlatilag 1996-  
ban adódott a lehetőség  
beépíteni a  
ciklotronközpontot Pozsony-  
Károlyfalun, a Szlovák  
Metrológiai Intézet telephelyén  
lévő szabad területre.





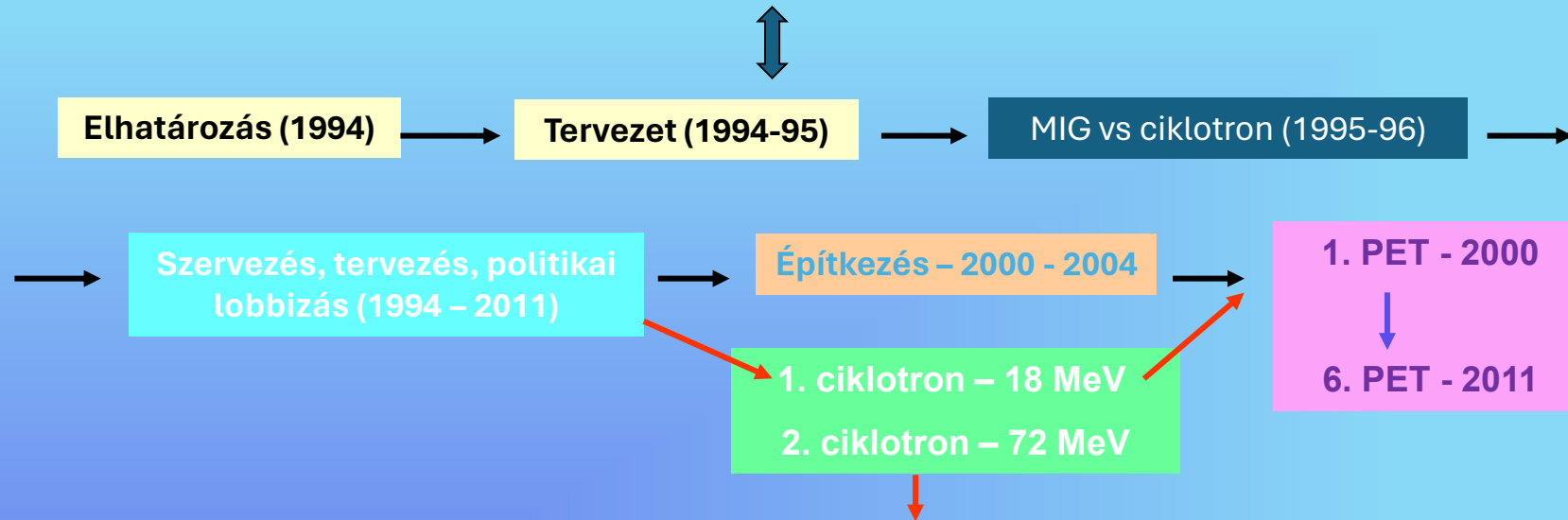
# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

A ciklotron problematikát felkaroló, Dubnából hazatérő 30 megszállott szakember alkotta csoporttal megálmodtuk a haladás fáját és elkezdtuk járni a világot és tanulni, tapasztalatokat gyűjteni, majd idehaza lázasan tervezni, tanulmányokat írni, értékelni.



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

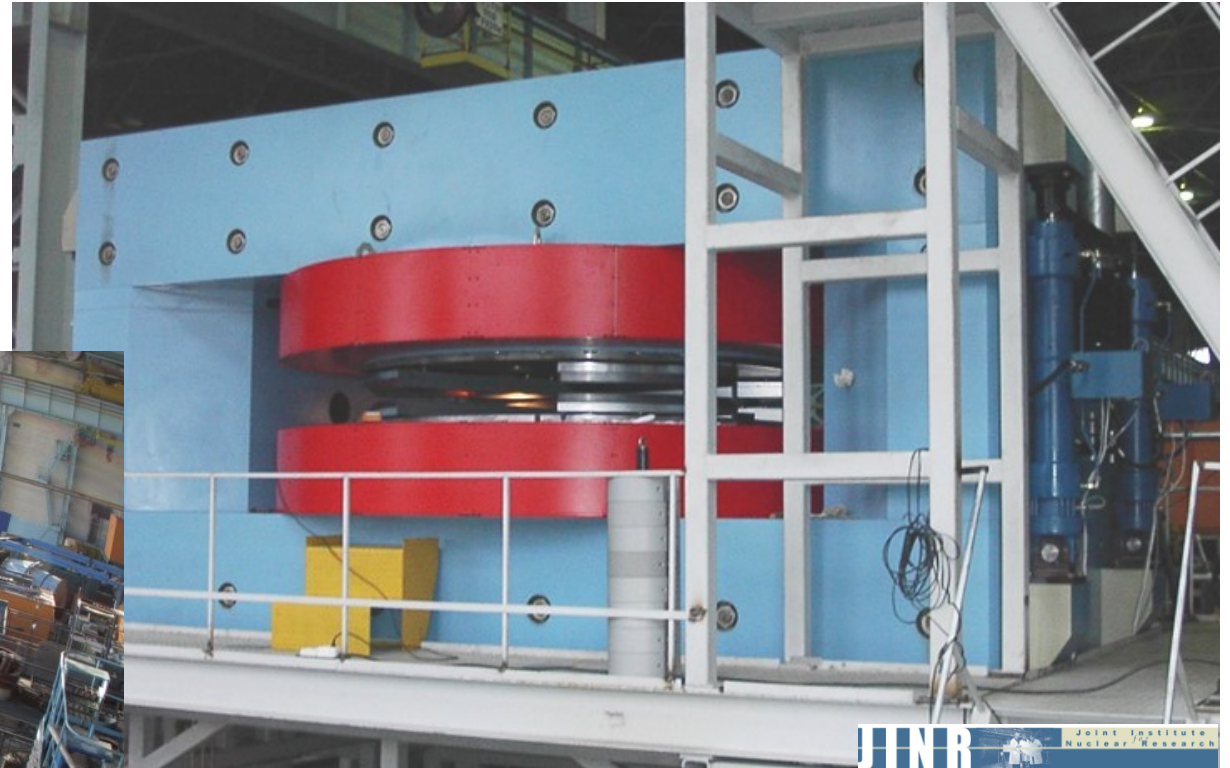
(Dubna ↔ Pozsony)



- **Diagnosztika = radioizotópok gyártása**
- **Radioterápia = tumorok besugárzása gyorsítók által generált sugárnyalábbal**
- **Konvencionális radioterápia = fotonok, elektrónok**
- **Nem konvencionális = ionok, neutronok, BNCT, pionok, ...**
- **Ionterápiás technológiák**

# NUKLEÁRIS TECHNOLOGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

Dubna Ciklotron DC-72

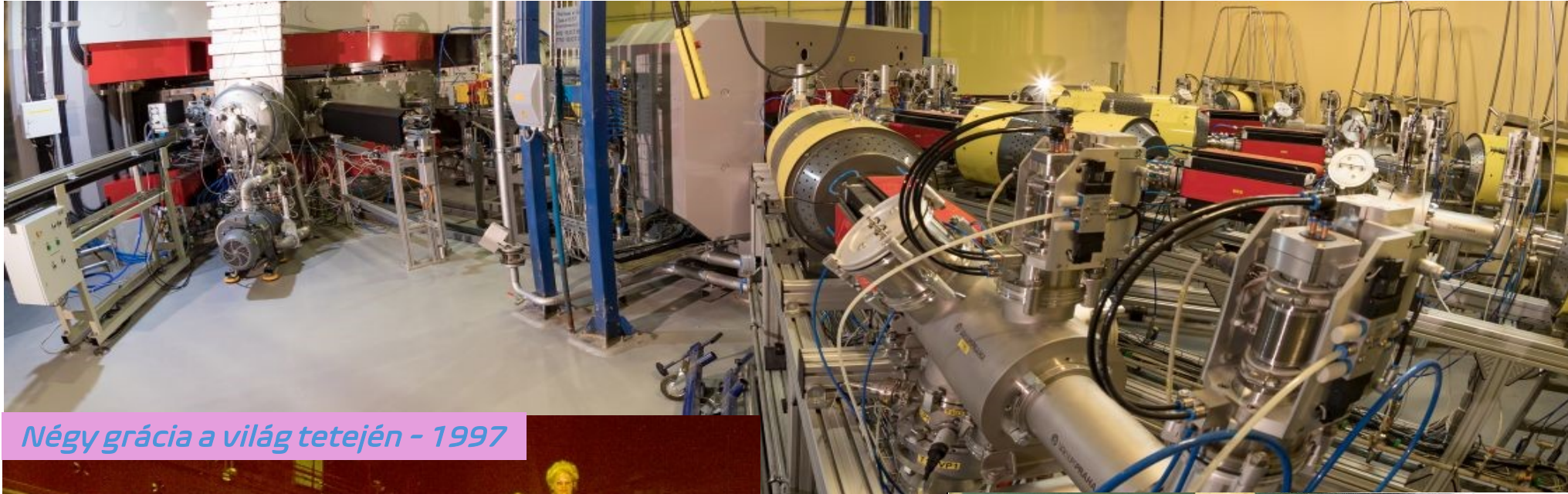


Közben Dubnában elkezdtek a 72 MeV-es DC ciklotron gyártását.

Elmentünk megnézni.



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

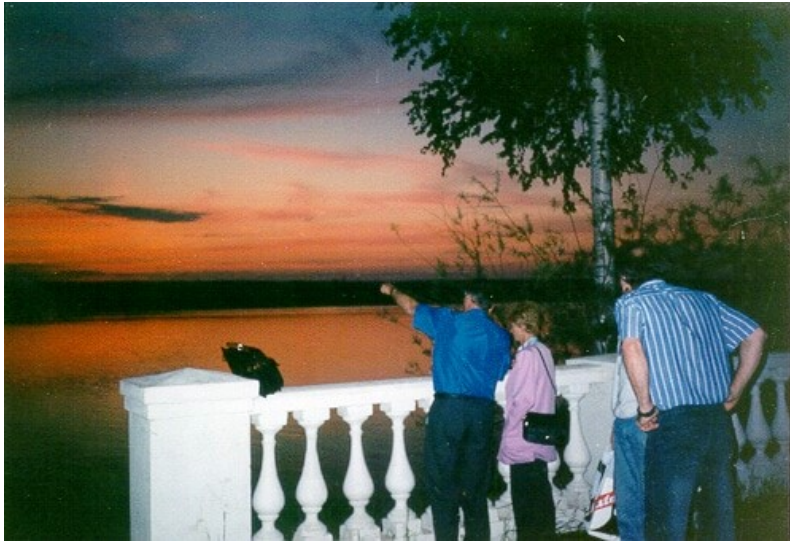


*Négy grácia a világ tetején - 1997*





# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

A projektet nagyrészt a pozsonyi Szlovák Metrológiai Intézet helyiségeiben kellett volna megvalósítani. Az ipari felhasználású részlegeket külső intézményekben. A nemzetgazdasági megszorítások miatt viszont **többször módosításra került a projekt** úgy tartalmilag, mint időbeni megvalósításban.

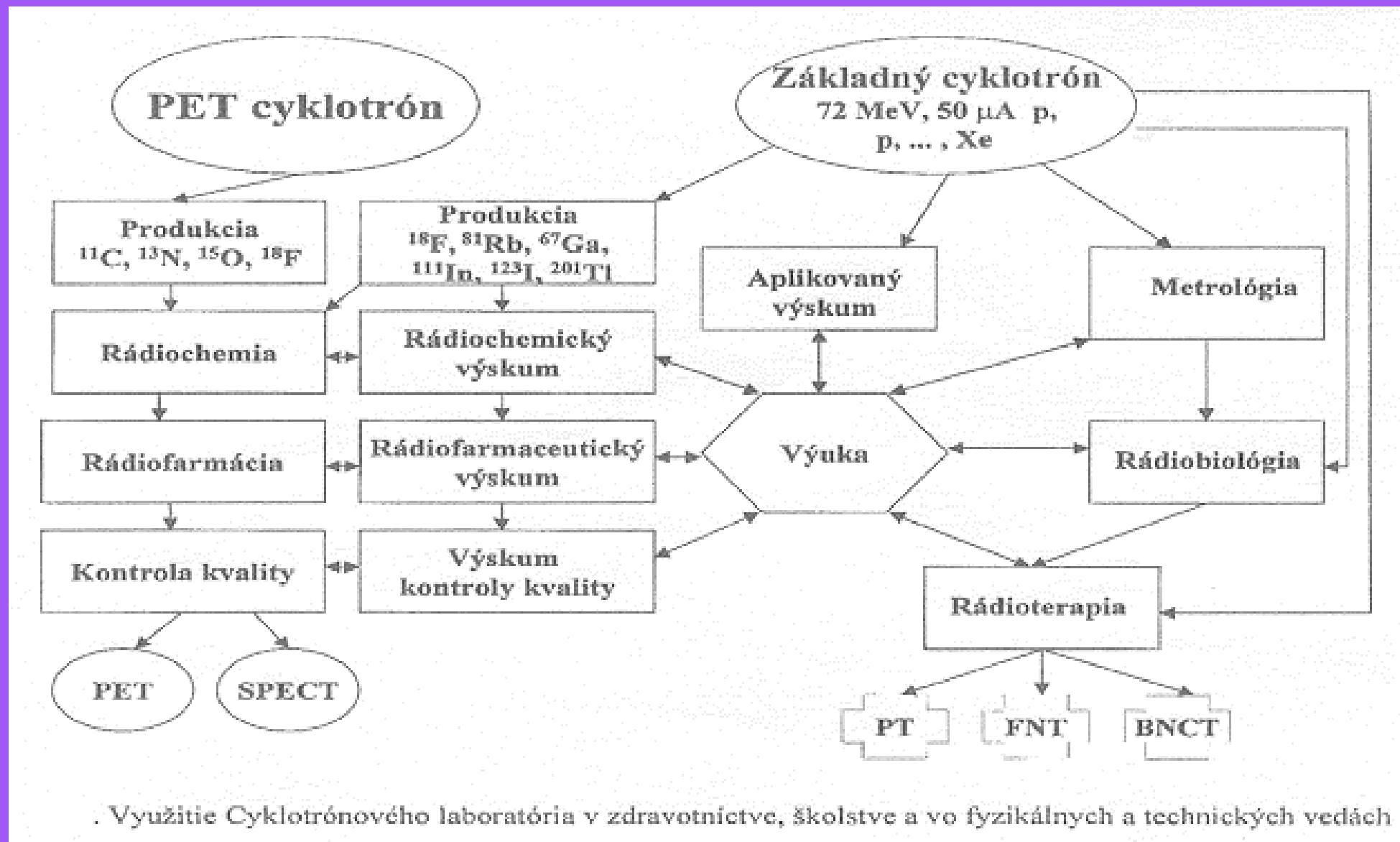
Az eredeti költségvetés meghaladta a 3,78 mld \$US összeget. Ebből a technológia 2,9 mld \$US volt. Az egészségügynek 36,8 mil. \$US jutott volna, 36,2 mil. \$US a radiógyógyszerek gyártására.

Az idő múlásával csökkent az orosz államadóság értéke és nőttek az építkezési költségek. A külső bővítményes ipari és kutatási technológiák megvalósításáról le kellett mondani.

Átdolgozásra kerültek a projektek.



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN





# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

Mivel a nagy ciklotron beépítése késésben volt, a ciklotron hosszú ideig az országhatáron várakozott a nem kifizetett vám miatt, dönteni kellett a projekt további megoldásáról.

1999-ben kormányzati döntés született a feladat megosztásáról és a nagy 72 MeV-es ciklotron visszaküldéséről a gyártónk.

A kisciklotronos csonka projekt realizációja két szakaszra oszlott. Első szakasza a kisciklotron és a PET-kamera beszerzésére irányult.

1998-ban sikerült elnyerni a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA) anyagi támogatását, amiből megkezdődhetett a projekt első részének megvalósítása:

Egy diagnosztikai felhasználásra kiemelt PET-kamera, amely külső egészségügyi intézményben lett felhasználva, mivel a Károlyfalu-i Ciklotronközpont építése késett.

Egy nyugati gyártmányú 18 MeV-es kis (baby-) ciklotron megépítése rövid felezési idejű izotópgyártásra,

Izotópok radiógyógyszerkénti felhasználásához szükséges minőségellenőrzési laboratórium berendezése



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

Pozsony-Károlyfalu / Ciklotronközpont építés alatt / 1999 / „I” épület / 18 MeV baby-ciklotron





# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

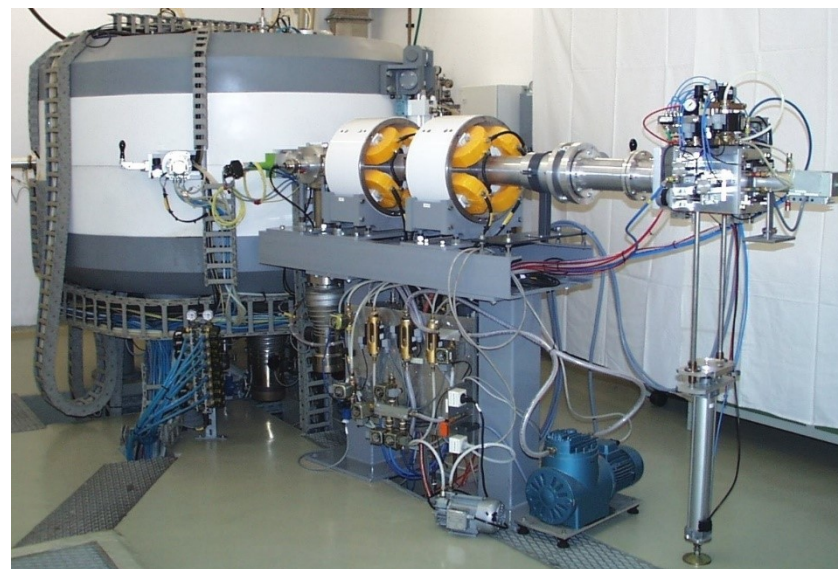
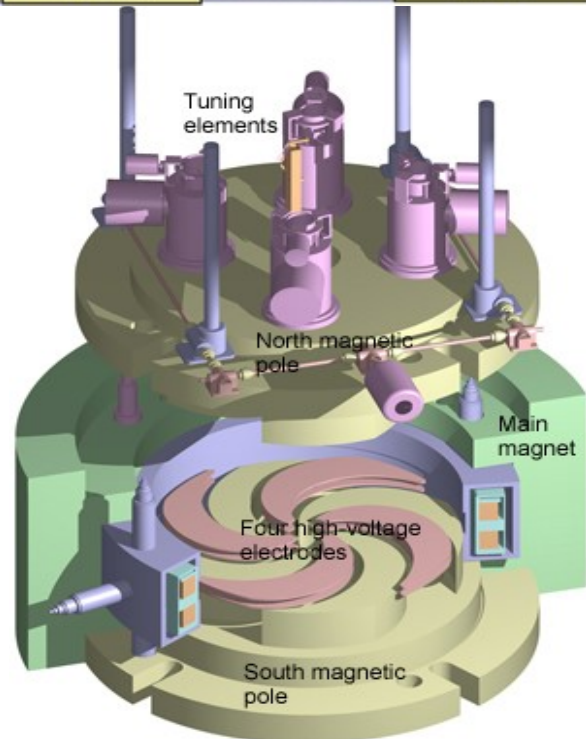
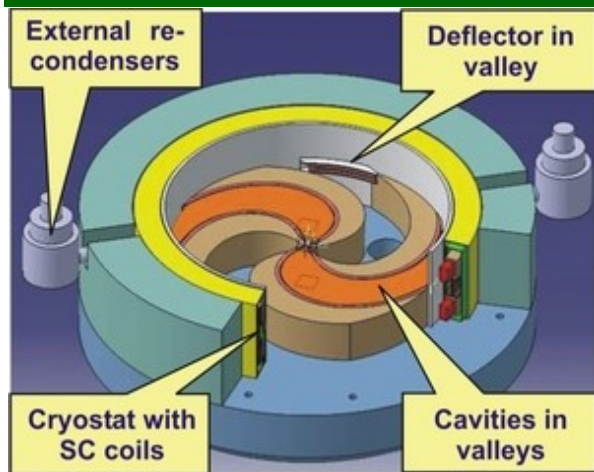
Pozsony-Károlyfalu / Ciklotronközpont építés alatt / „J” épület / 72 MeV ciklotron



Ciklotronközpont épülete a Szlovák Metrológiai Intézetben



# Cyclotron technology







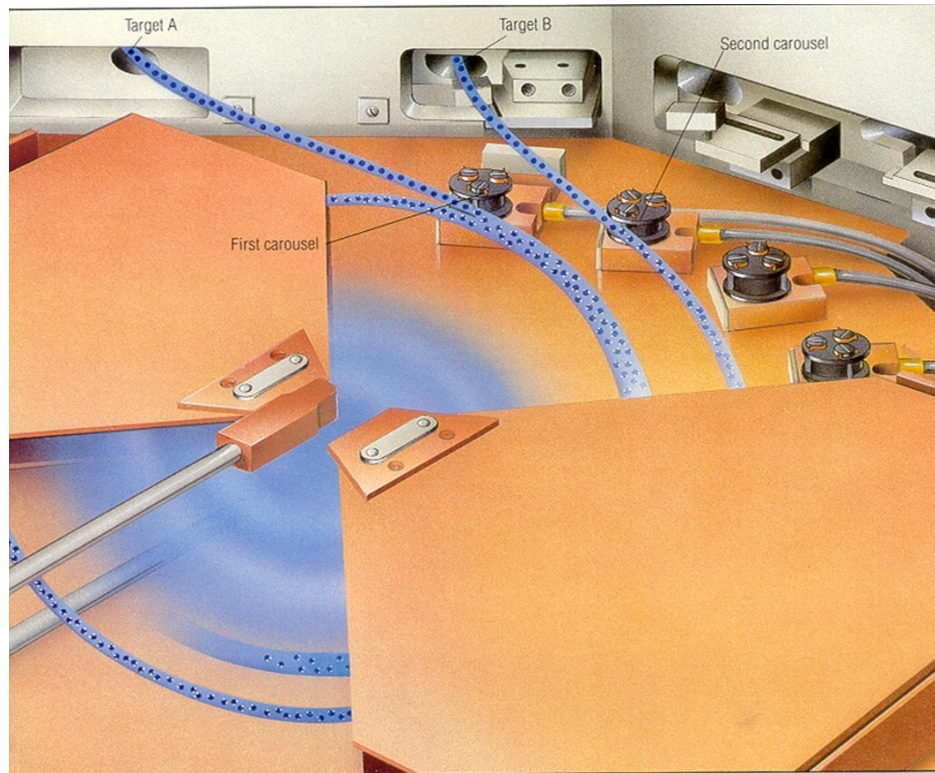
**18 MeV-es baby-ciklotron PET-izotópok gyártására**



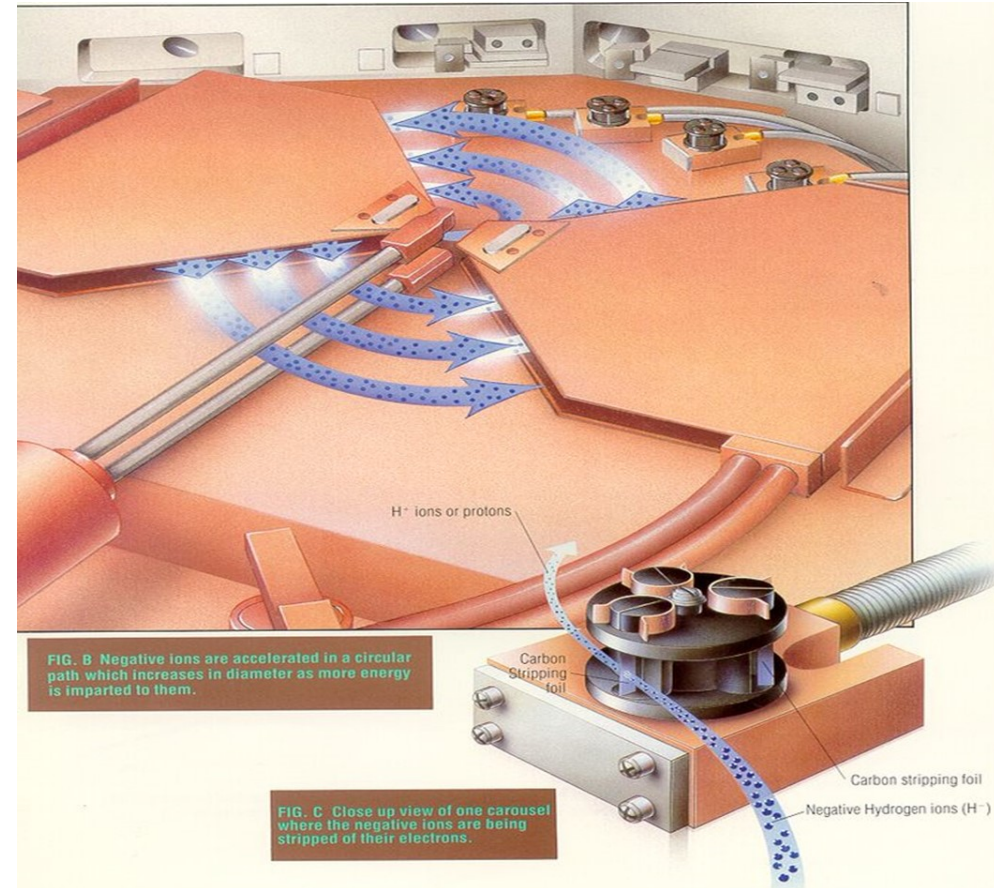
**PET-izotópok kivezetése a ciklotronból**



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

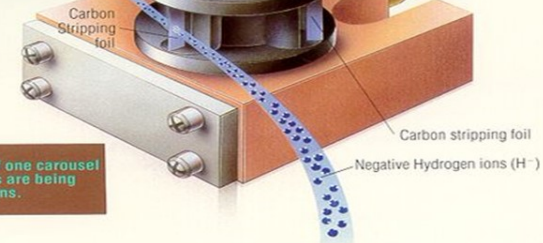


**FIG. E** One carousel is positioned partway in the beam's path causing the beam to split. The portion of the proton beam striking the foil is directed to target A due to its now positive charge. The remaining portion of the negative ion beam completes another orbit until it meets a second carousel where its electrons are removed and it is directed to target B.



**FIG. B** Negative ions are accelerated in a circular path which increases in diameter as more energy is imparted to them.

**FIG. C** Close up view of one carousel where the negative ions are being stripped of their electrons.





# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN



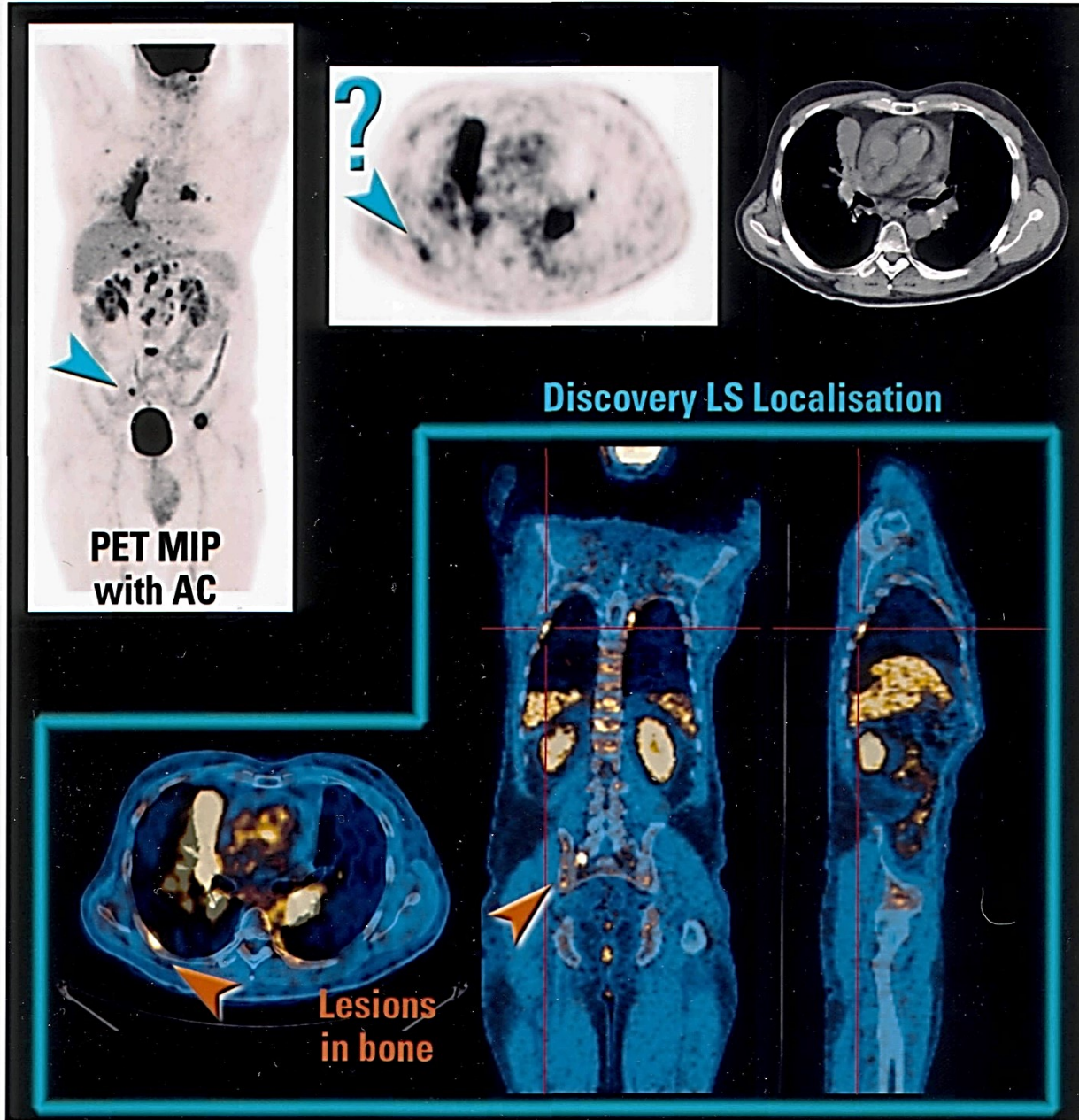
A projekt megvalósításának első szakasza 5 évig tartott - bár korlátozott formában, de 2004. 9. 1-én sikeresen befejeződött.

Megnyílt Szlovákia második PET-munkahelye és első radiofarmakon-gyártási központja.

A PET Központ fő tevékenysége a rövid felezési idejű pozitronokat kibocsátó radioizotópokkal jelölt radiofarmakonok fejlesztése, gyártása és felhasználása. A betervezett további radiofarmakonok gyártásáról le kellett mondani.

# Localisation & Attenuation Correction Benefits

Discovery LS

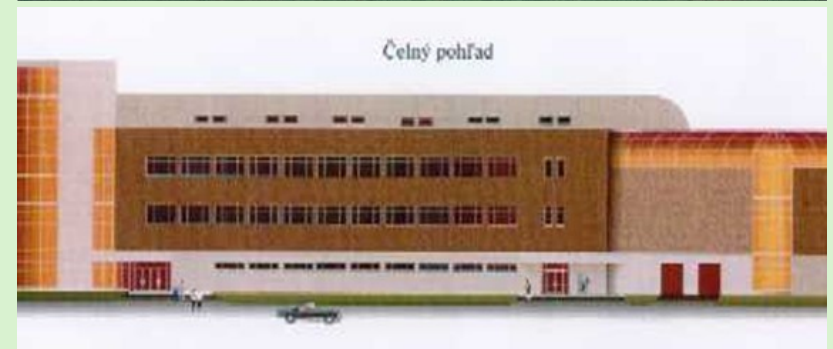




18 MeV PET ciklotron egy rekonstruálandó „I” pavilonban

# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

72 MeV ciklotron egy újonnan építendő „J” pavilonban



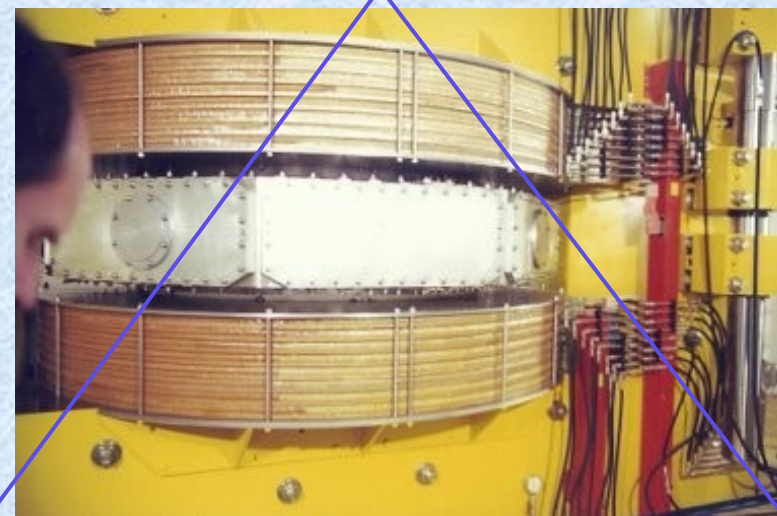
# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

A projekt megvalósításának **első szakasza** korlátozott formában **2004-ben sikeresen** befejeződött. Eredménye számos, már megvalósított funkcionális egység, amelyek Szlovákia **első Ciklotronközpontjának** ("I" blokk) átfogó működésében egyesültek.

A Ciklotronközpont fő tevékenysége a rövid felezési idejű, pozitronokat kibocsátó radioizotópokkal jelölt radiofarmakonok fejlesztése, gyártása és felhasználása. A betervezett további radiofarmakonok gyártásáról le kellett mondani.

A Ciklotronközpont építése második szakaszának fő célja az újonnan épített "J" blokkban - további radionuklidok előállítása lett volna kereskedelmi felhasználásra, valamint **hadron (proton és neutron) terápia** építése onkológiai betegségek esetén **72 MeV gyűrűütköztető** segítségével.

Sajnálatos módon rossz **politikai döntések** miatt a második szakasz megvalósítására ismét nem került sor.





# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

A protonterápia rendkívül hatékony, célzott terápia a rák kezelésére

## Sugárterápia

**extern  
radioterápia**

**rtg-terápia** - kontakt (felszíni)  
- mélytesti (keményebb energia – 250 kV)

**radionuklidok** -  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$  (kobaltágyú)  
(zárt sugárforrások)

**gyorsítók** - körkörös - betatron  
mikrotron  
~~ciklotron~~  
szinkrotron

**brachyterápia**

**rádium** - lineáris  
- történelem

**afterloading** (brachyterápia) - LDR :  $D = 0,4 \cdot 2 \text{ Gy}\cdot\text{h}^{-1}$   
- MDR :  $D = 2 \cdot 12 \text{ Gy}\cdot\text{h}^{-1}$   
- HDR :  $D > 12 \text{ Gy}\cdot\text{h}^{-1}$   
- PDR

**sztereotaxia**

**Leksell-kés, gamma-kés** - sok irányból történő  
besugárzás -  $^{60}\text{Co}$

**Cyber-knife** - kis gyorsító, robot technológia

22

# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

Jelenleg a **protonterápiát** tekintik a tumorkezelés legperspektívább módszerének, ezért a világ számos országa megpróbál építeni **protonközpontokat**. Az eredeti elképzelésünk ezen részéről 2004 és 2010 között még mi sem mondtunk le.

Viszont az addig kifejlesztett **nagy gantry szerkezetű** protonterápiás egységek a világon mindenütt nagyon drágák (125-225 mil.USD), ezért nekünk ismét a keleti gyártók világában kellett körülnézni.

Az ilyen típusú terápiás berendezésekből 2004-ben még a világon is kevés működött - kb. **33**. Többnyire fejlesztés alatt, vagy a nagy gyorsítóközpontok beépített elemeként működtek.

**Ma több mint 100 protonterápiás központ van a világon és 35 új épül.**

Lázasan kerestük a lehetőséget besorakozni közéjük.





# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

2009-ben sikerült átültetni egy új elképzelést:

a projekt protonterápiás részét megvalósítani önálló építkezés során más lokalitásban.

Helyszínek keresése, egyezkedések, kész terveket, ill. projekt-dokumentációkat dolgoztunk ki:

- Pozsony – Szt. Erzsébet Onkológiai Intézet, Nemzeti Onkológiai Intézet
- Rózsahegy - Központi Katonakórház
- Budapest – Onkológiai Intézet
- Prága - PET-Centrum Bulovka.

A Protvino-i orosz kutató központ ismét felkínálta a náluk már klinikai kutatási fázisban működő protonterápiás berendezést - szinkrotron. **Megnéztük!**

Az eredeti DC 72 típusú ciklotron és a protonszinkrotron, is Szlovákia számára anyagi befektetés nélkül, közös konzorciumi tőkebefektetésként került volna használatra.

**A választás végül a rózsahegyi Központi Katonakórházra esett.**

Rózsahegyen felépült a kész központ üzemképes technológiával, a fizikális tesztelés és kalibráció elvégzésével, de Szlovákiában nem akadt üzemeltetője.

Két év várakozás után a protvini gyártó leszerelte és máshová vitte. 30 db licencet eladott USA-nak, ahol nagy számú könnyű technológiai protonterápiás központ létesült.



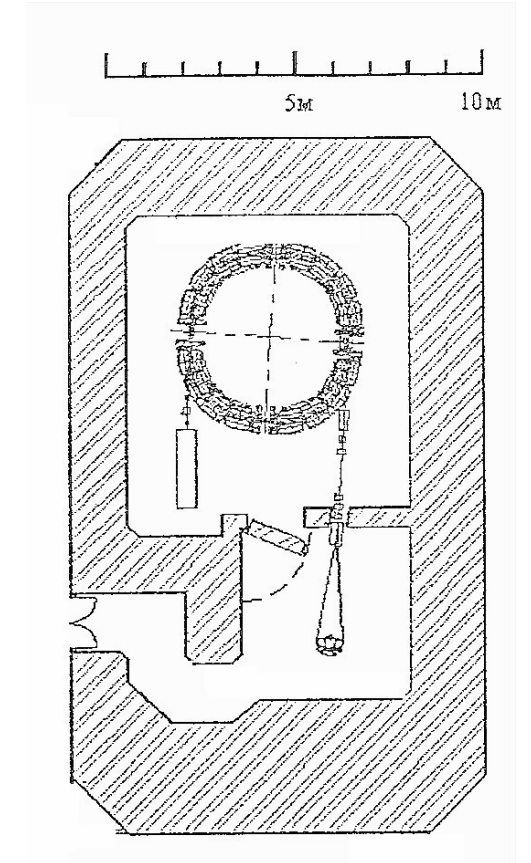
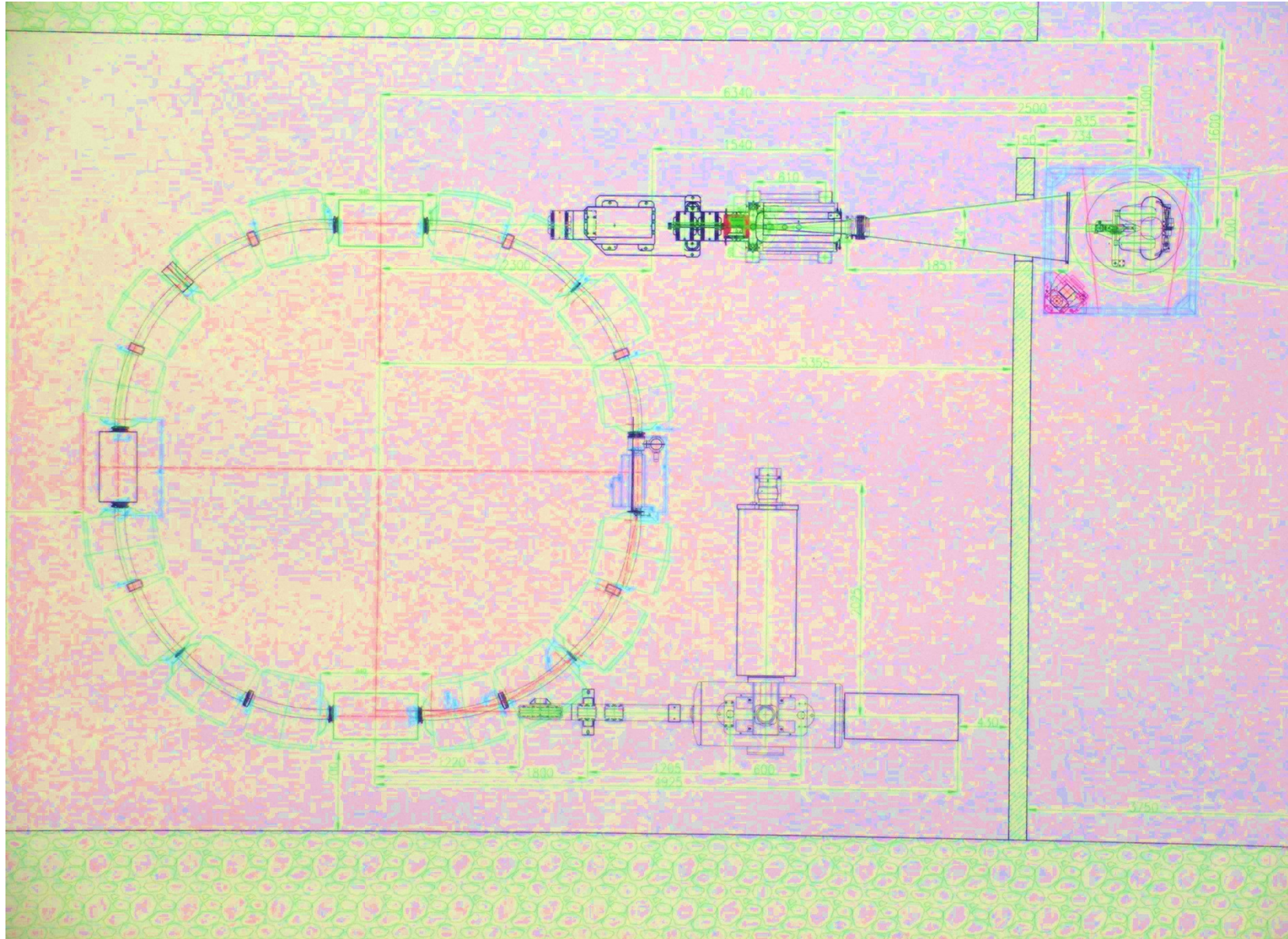


# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN





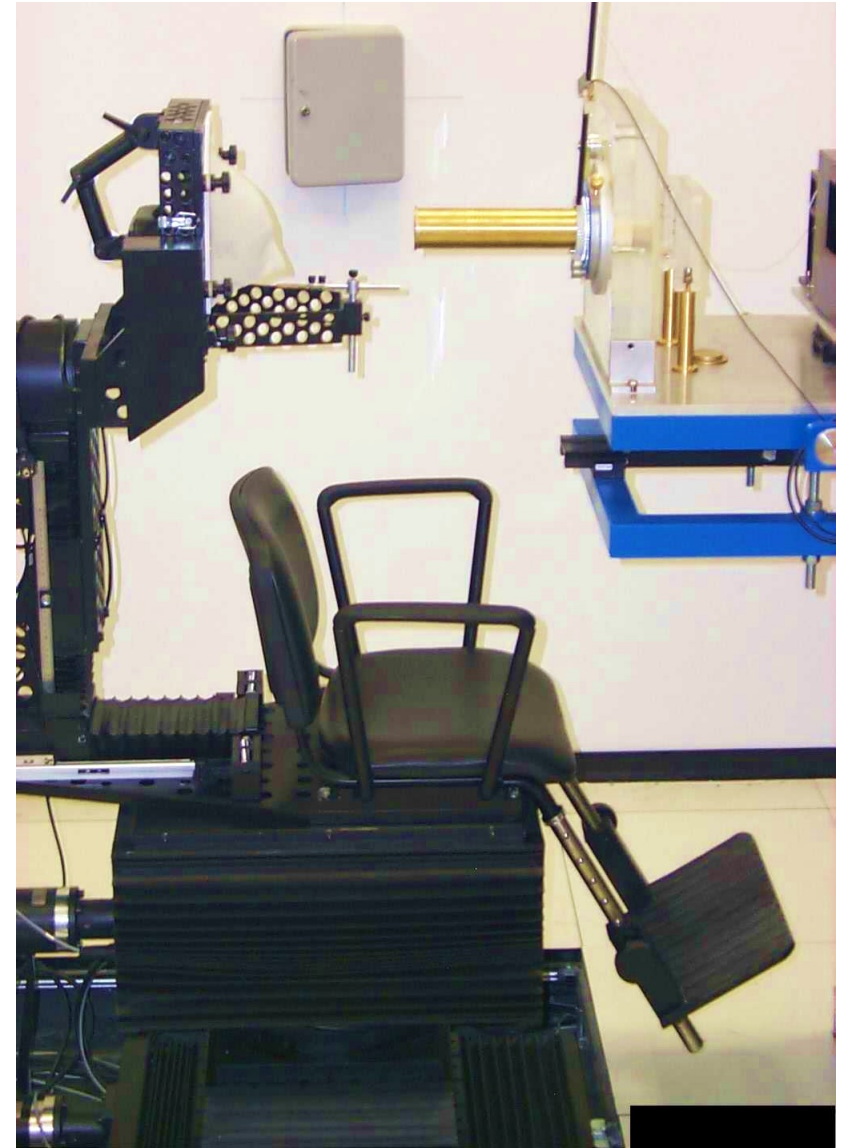
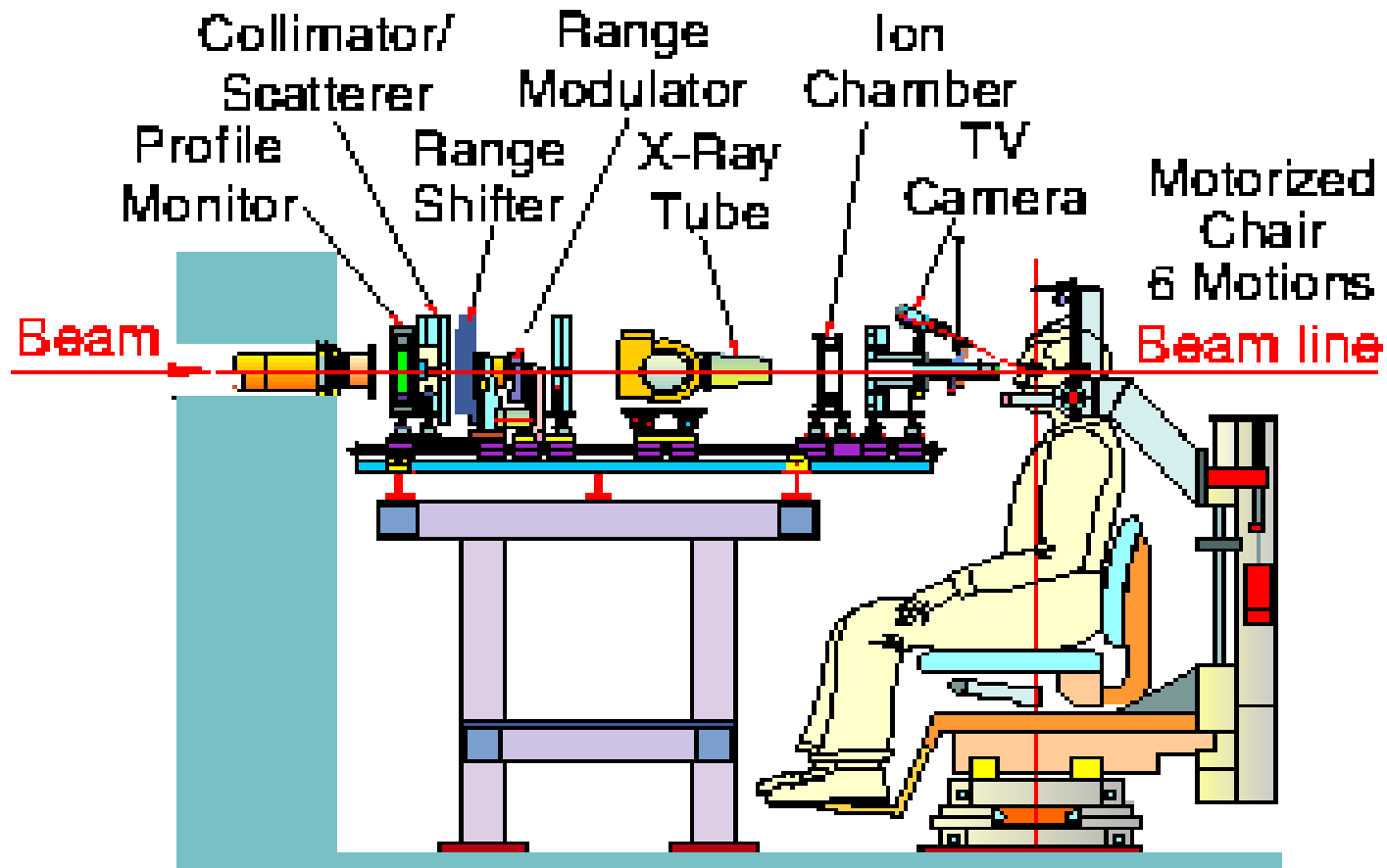
# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN



Protonszinkrotron elve



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN



*Protonterápiás szinkrotron*



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN



Protonterápiás  
szinkrotron  
Szlovákiában



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

Protonterápiás  
szikrotron  
Szlovákiában





# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN



Protonterápiás szinkrotron  
Szlovákiában

# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

Rózsáhegyi  
Protonterápiás  
Központ

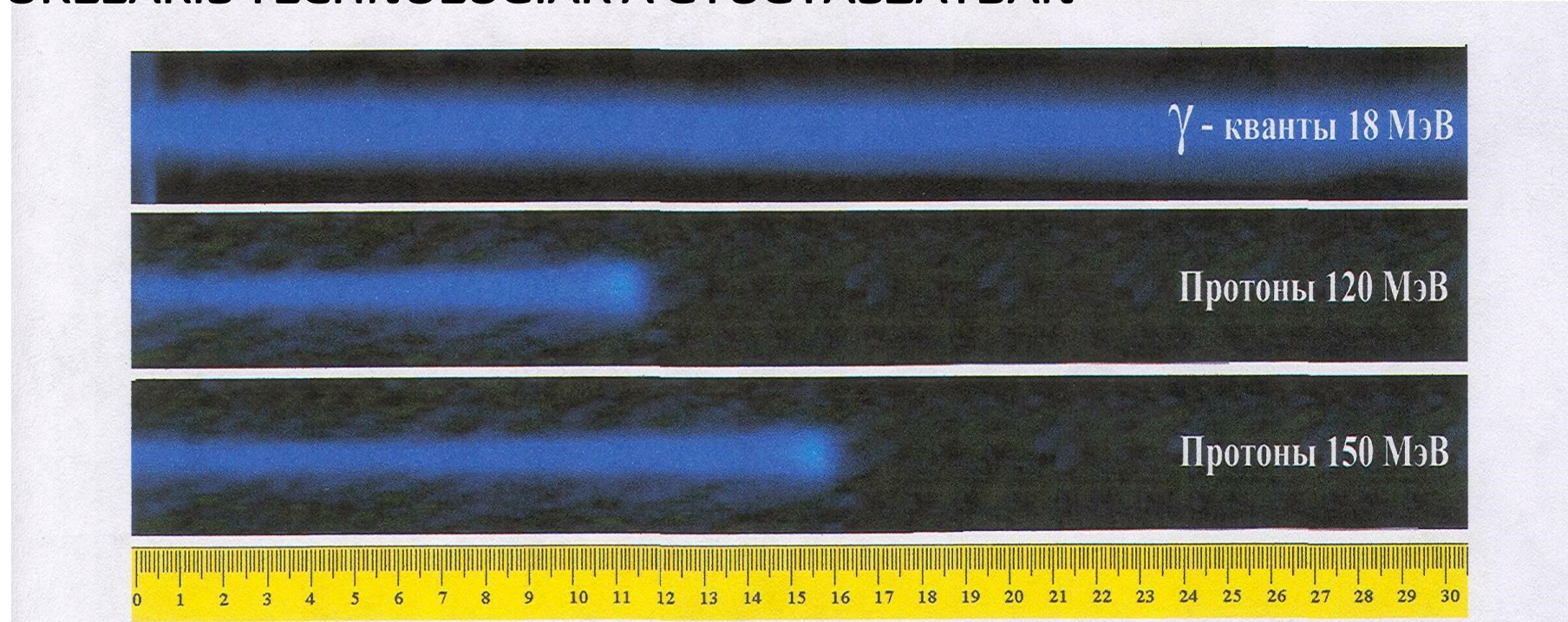


Protónové terapeutické centrum - Ústredná vojenská nemocnica - Ružomberok



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

Proton-nyaláb vezérlése  
(felirat a gyorsító kilépő ablakán)



NEW GENERATION OF THE  
EQUIPMENT AND TECHNOLOGY  
FOR THE PROTON THERAPY

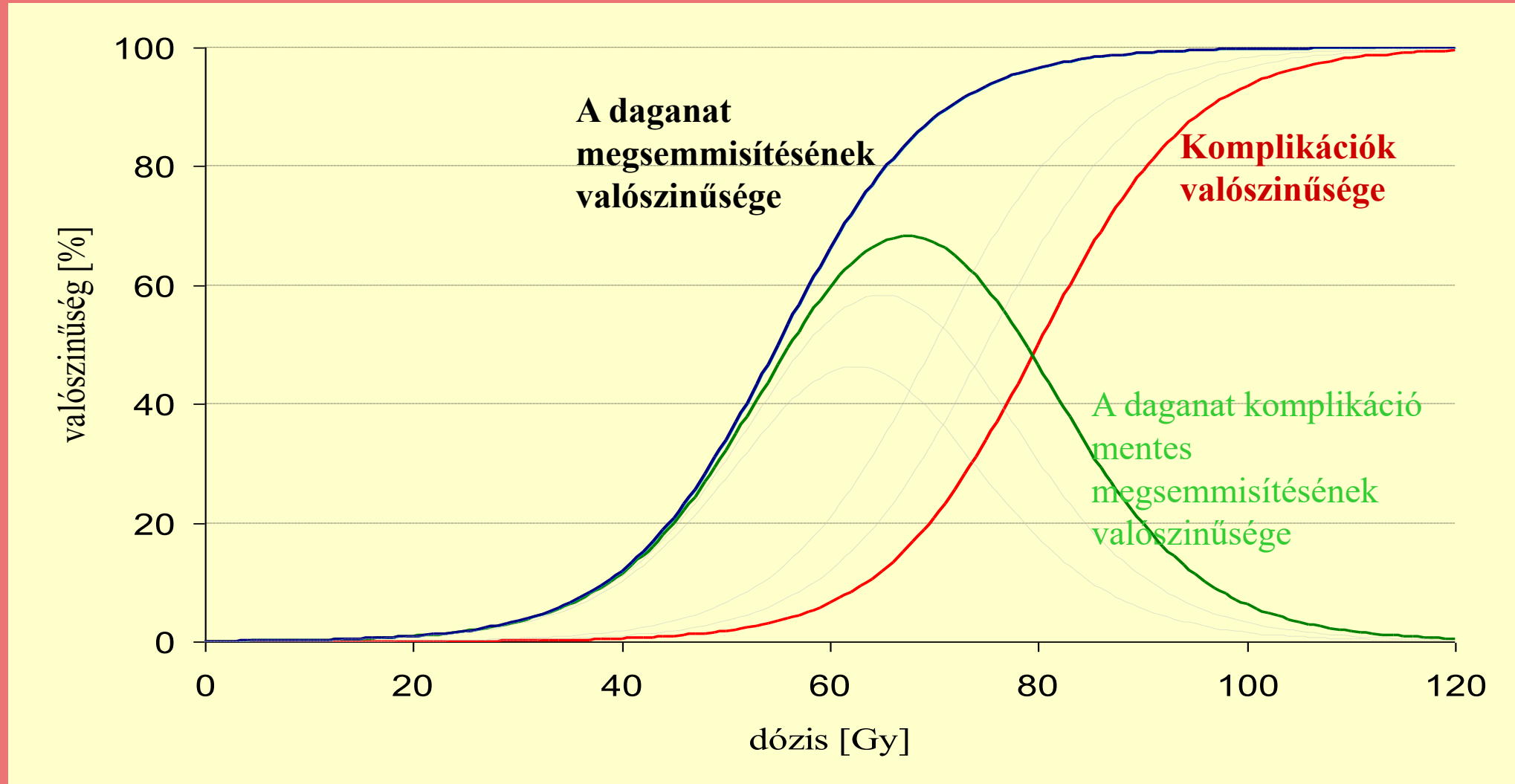


# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN





# A rádioterápia alapelve



## NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

A proton sugárterápia az ionizáló sugárkezelés egyik leghatékonyabb formája **gyorsított protonokkal**. A protonok ahogy anyagon haladnak át, kölcsönhatásba lépnek az atomok elektronjaival és atommagokkal. A létrejövő kölcsönhatások lehetnek **rugalmatlan ütközések elektronokkal vagy rugalmas szóródások**. Rugalmatlan ütközésekben a protonok **elveszítik kinetikus energiájuk egy részét**, amelyet ionizációra illetve gerjesztésre fordítanak.

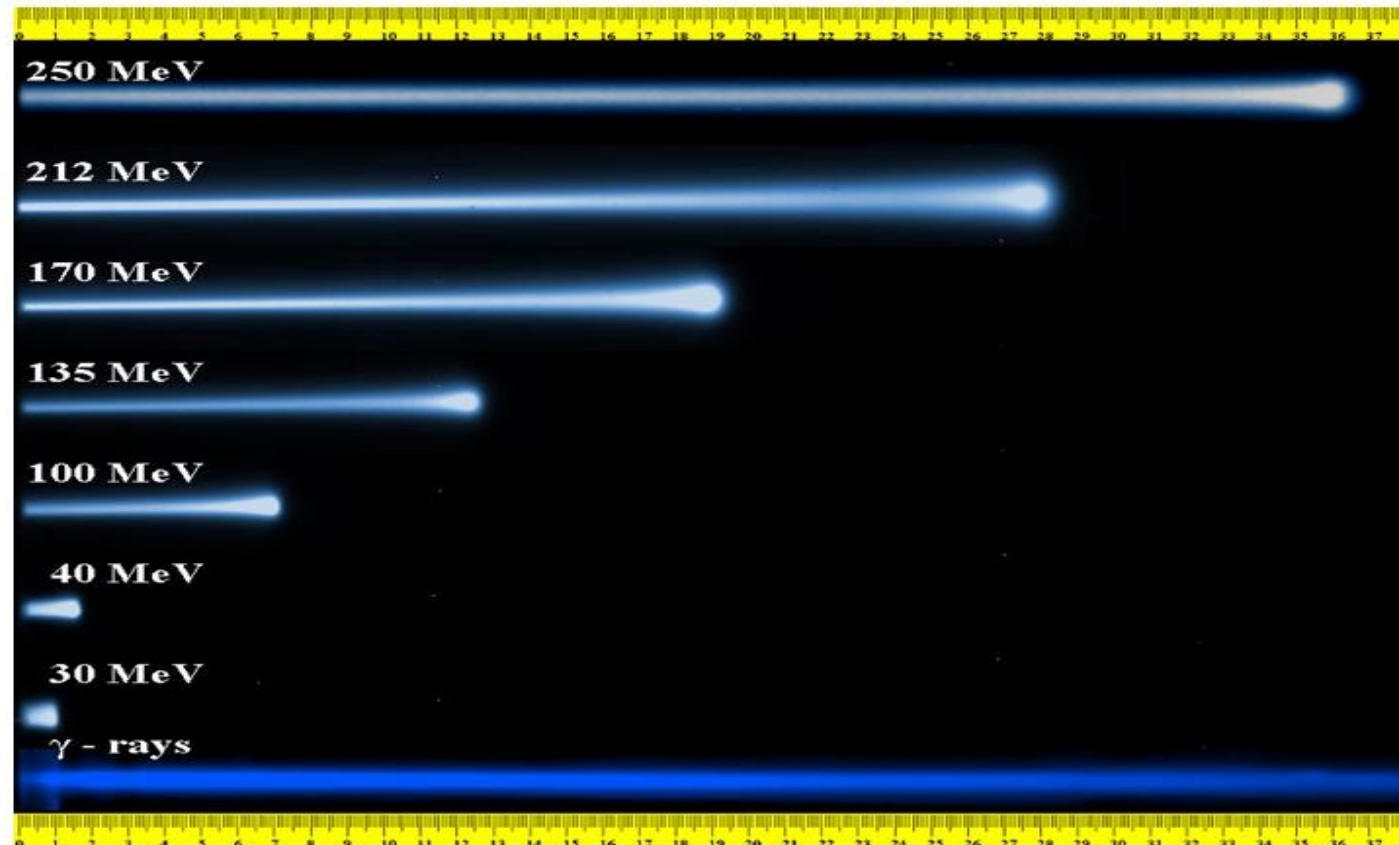
A **protonsugárzás** alapvető fizikai tulajdonsága az, hogy a **protonok energiájuk nagy részét útjuk végén adják át** a célpont anyagának, a **sugáreffektus nem folytatódik** a besugárzott célpont után. Ezt használják ki a radioterápiában. A proton sugárzás biológiai hatása erősen összefügg a részecskék energiaátadásával.

A **végpont mélységét a protonok kezdeti energiája határozza meg**. A gyorsított protonok energiáját tudjuk módosítani, így a végpont helyét is. A sugárzás **dóziseloszlása csak a célpont előtt történik, mögötte már a sugárterhelés gyakorlatilag nulla**. Ez a más típusú modern sugárterápiához képest kevésbé terheli az egészséges szöveteket. A proton-sugárterápia nagyon hatékony, pontos és gyengéd rákkezelés, minimális mellékhatásokkal.



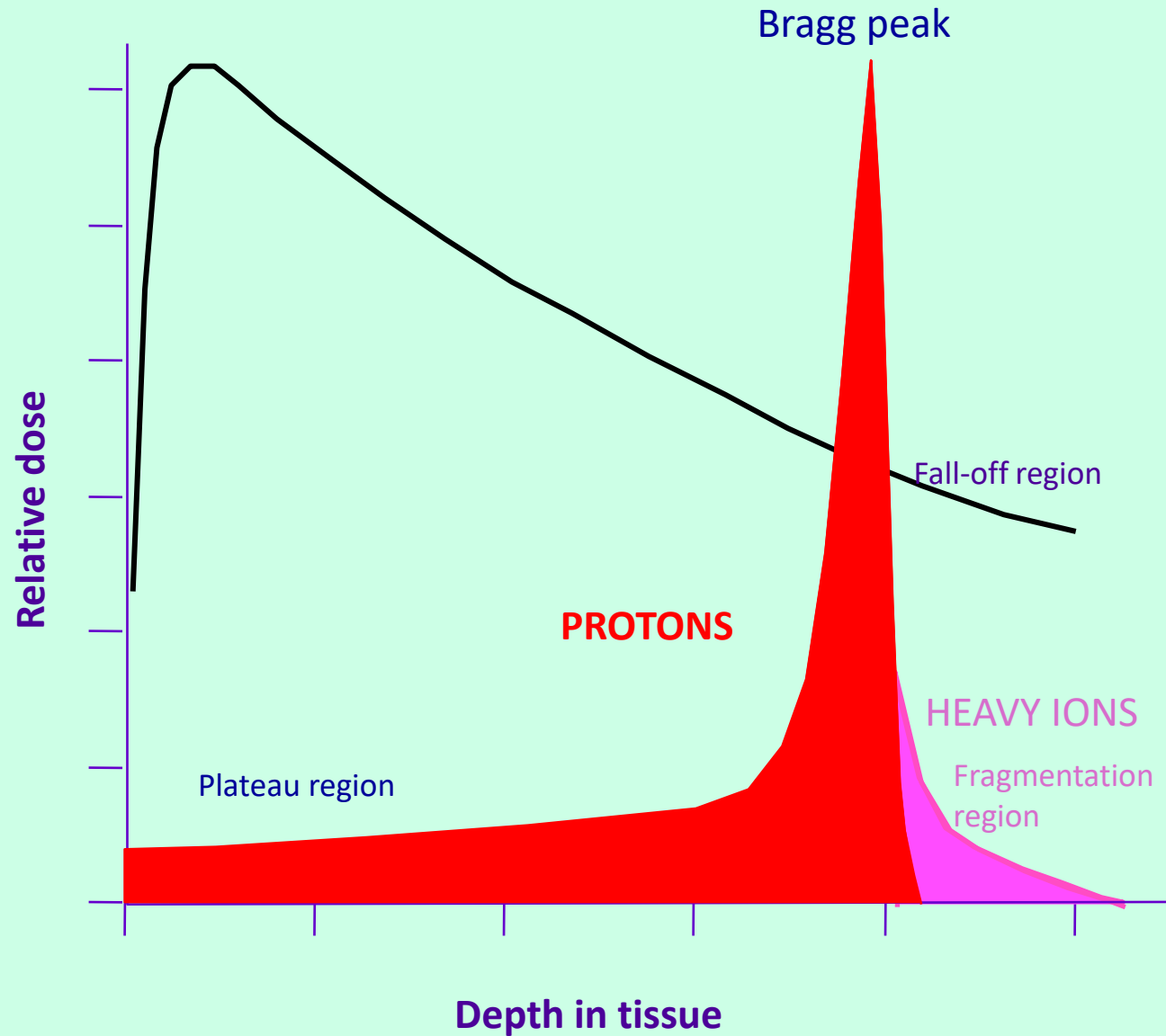
# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

Különböző energiájú protonok mélységi végpontja



Картина "поражающей" способности пучка протонов различной энергии, выпущенных из ускорителя в люминисцирующее вещество, и, для сравнения,  $\gamma$ -лучей от электронного ускорителя с энергией 18 MeV.

# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

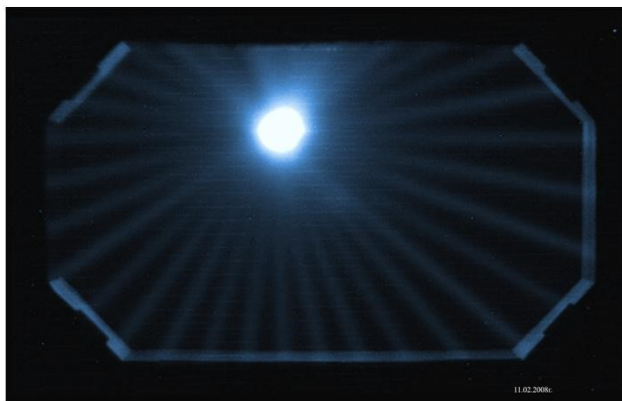




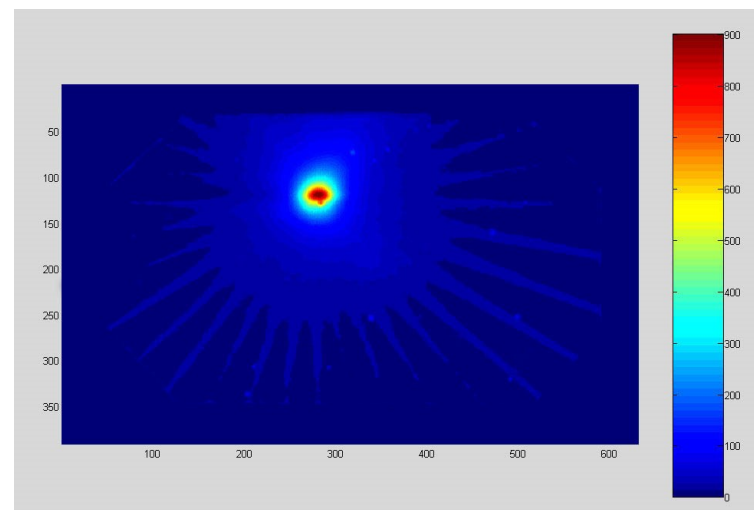
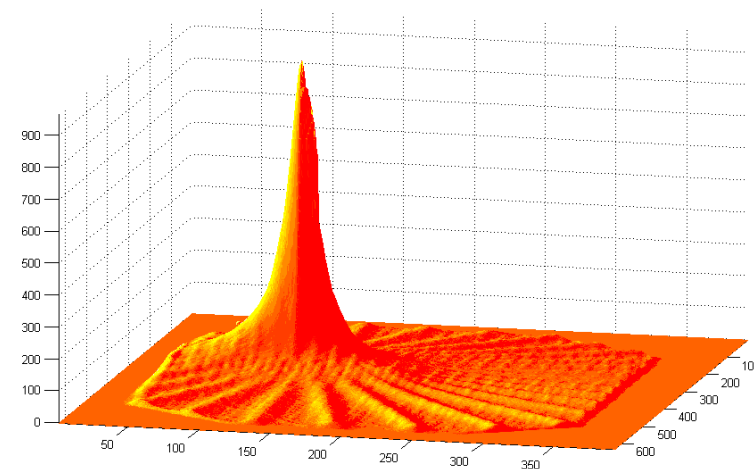
# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

## Sokszögből való besugárzási lehetőség - „protonkés“ („proton skalpel“)

36 szögből (irányból) való besugárzás  
(a tumorban elnyelt dózis cca 60x  
nagyobb mint a fantom felületén)

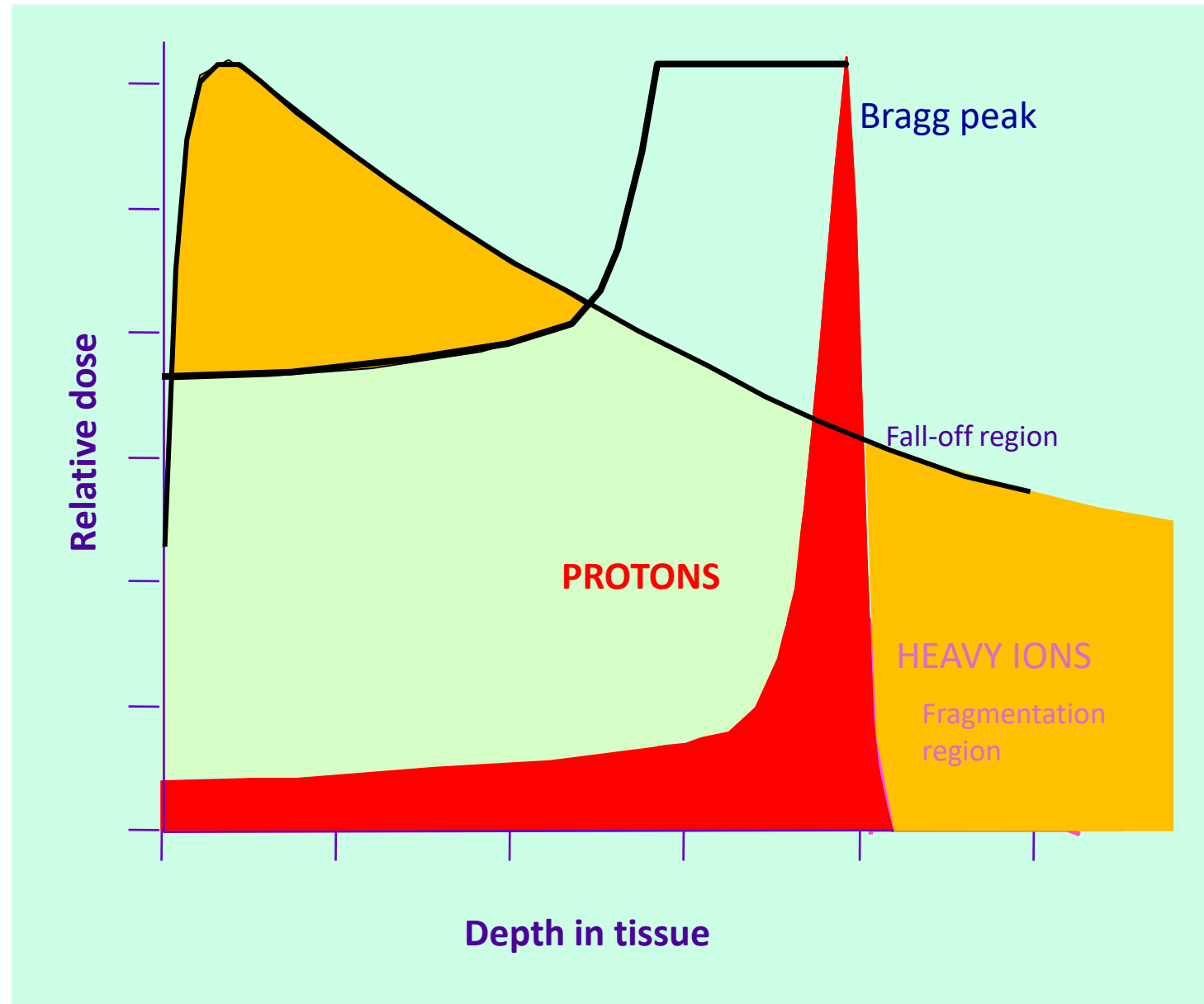


**Пример облучения фантома по новой технологии**  
(доза в опухоли в 60 раз превышает дозу на поверхности тела. Такой результат достигается облучением с 36 направлений, вместо 2-3 при сегодняшней технологии протонного облучения.)



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

Sugárterhelés /  
dózishatékonyság  
különböző  
energiájú  
protonoknál

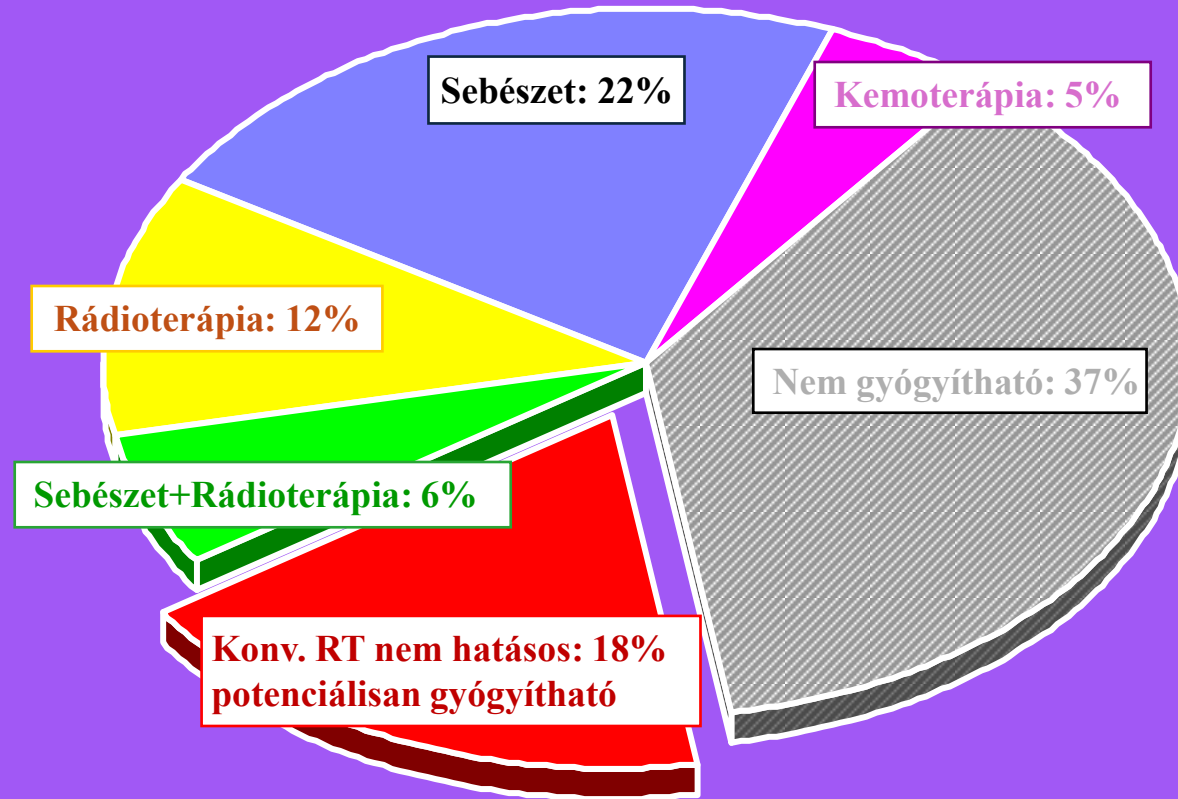




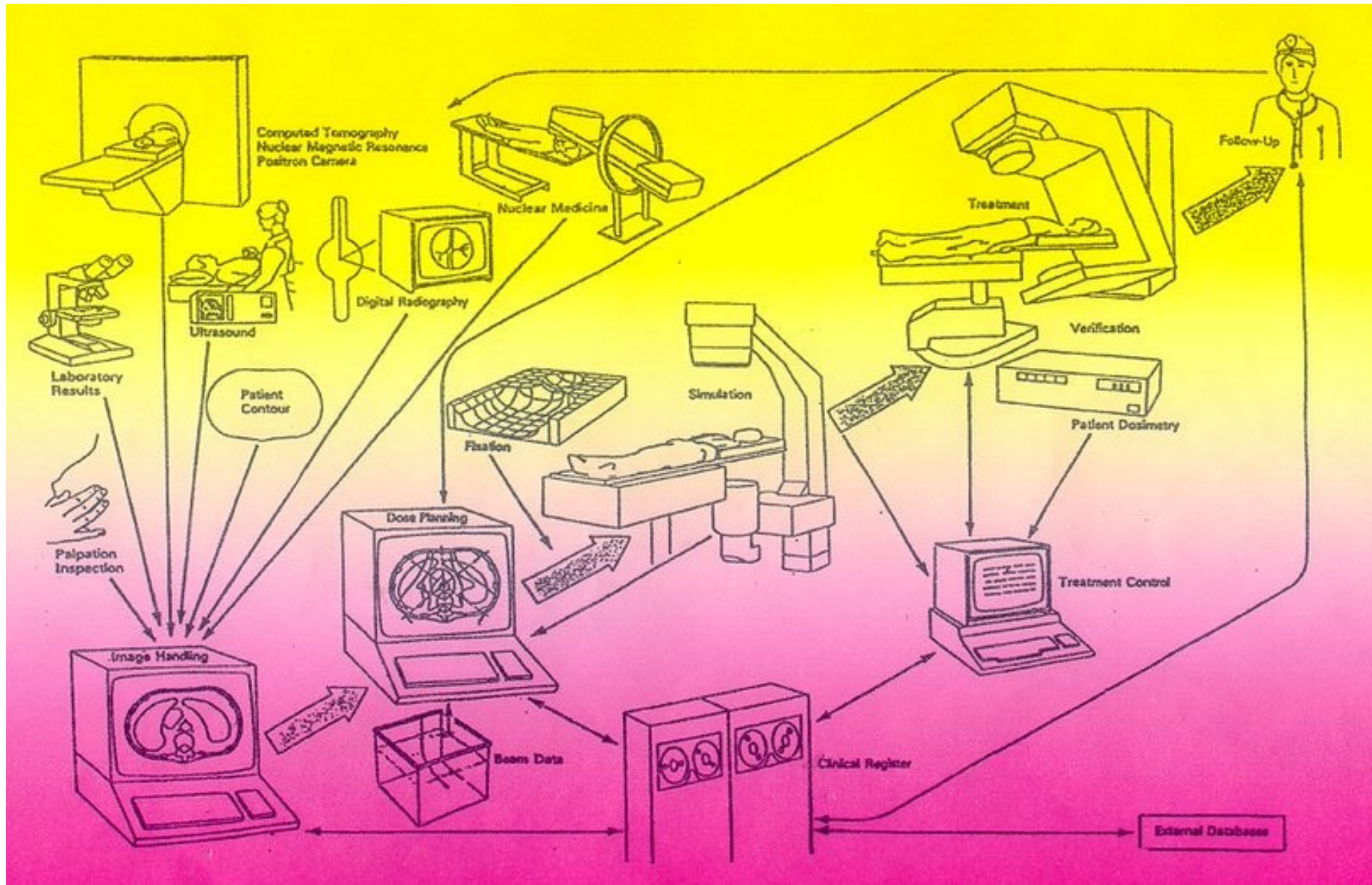
# Daganatos betegségek gyógyítási lehetőségei

Gyógyítható: 45%

Nem gyógyítható: 55%

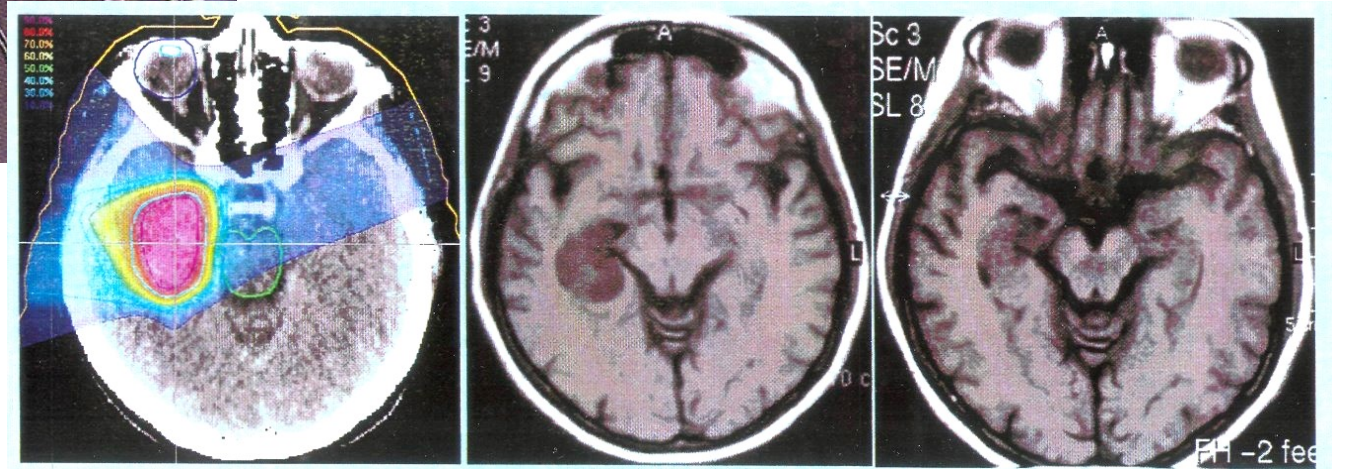
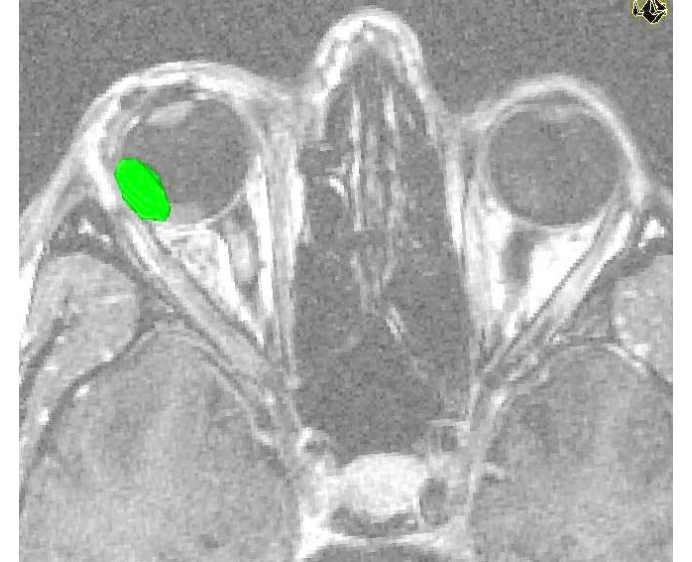
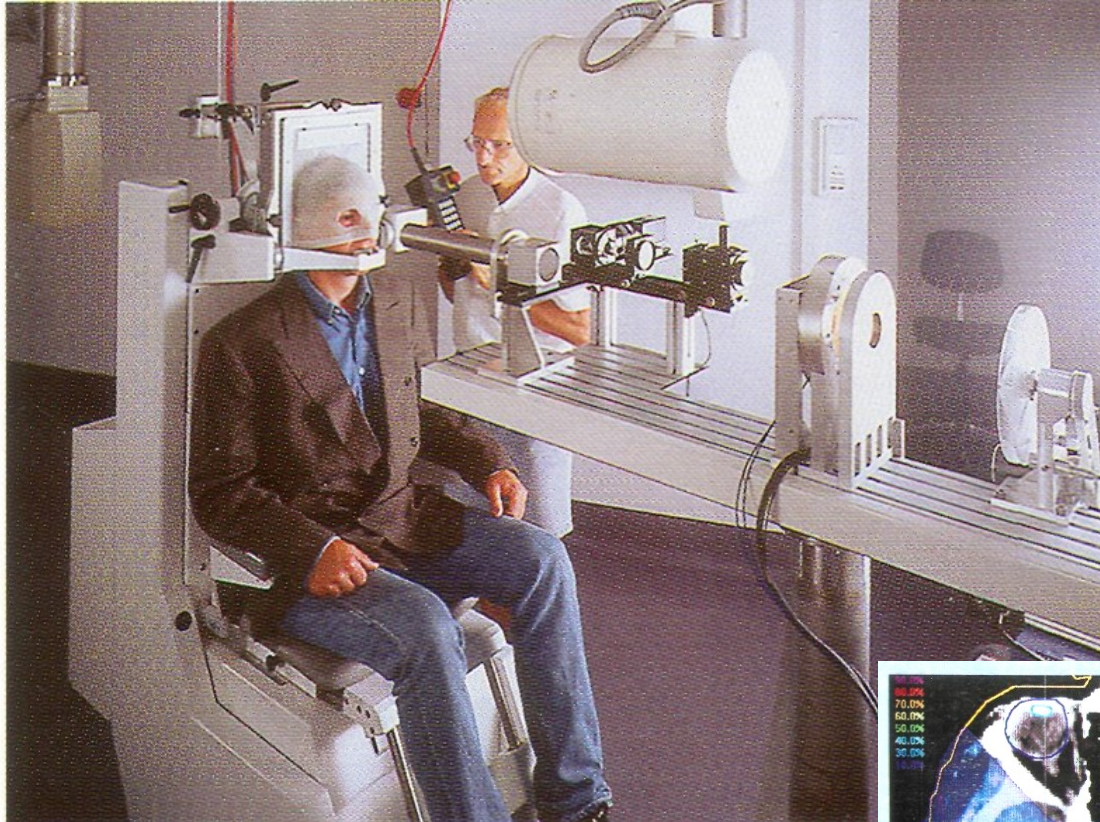


# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN





# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

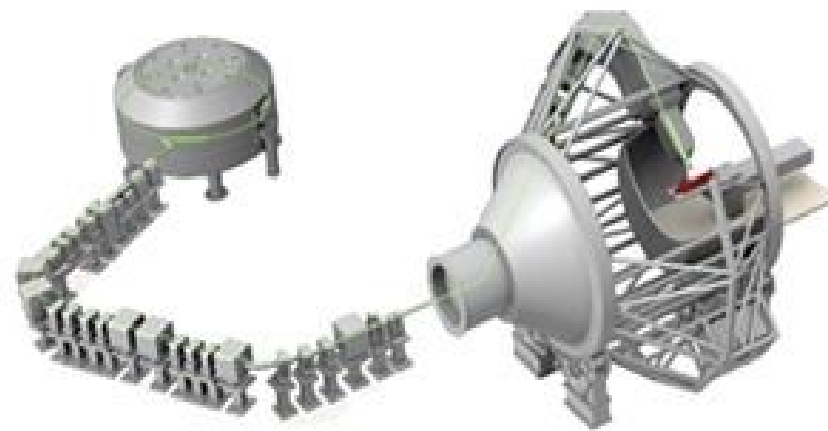




## HIT Heidelberg

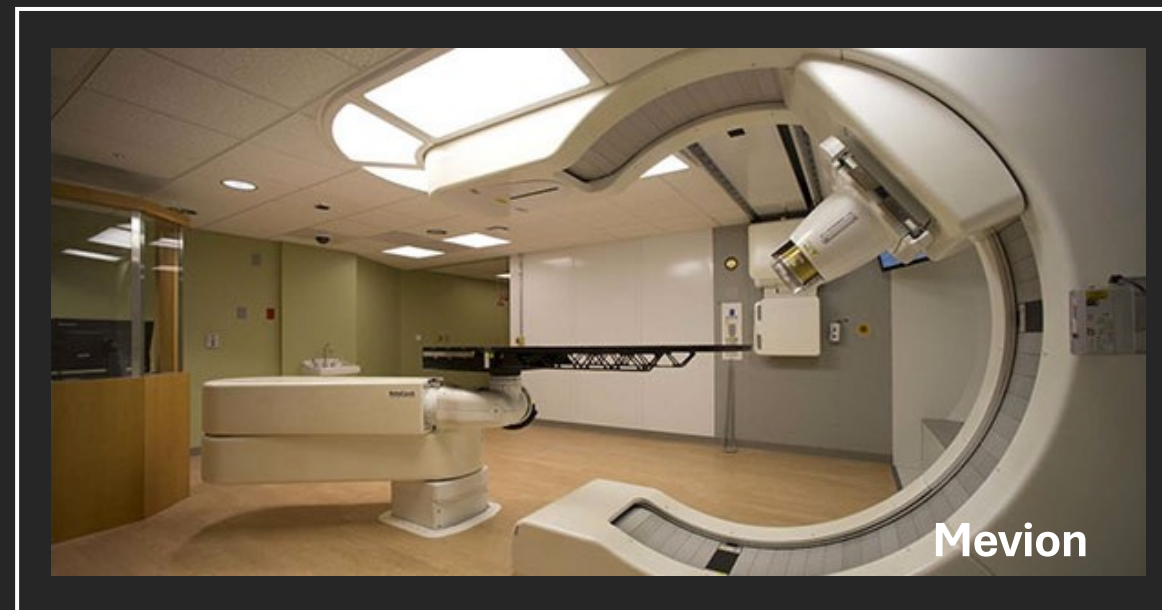
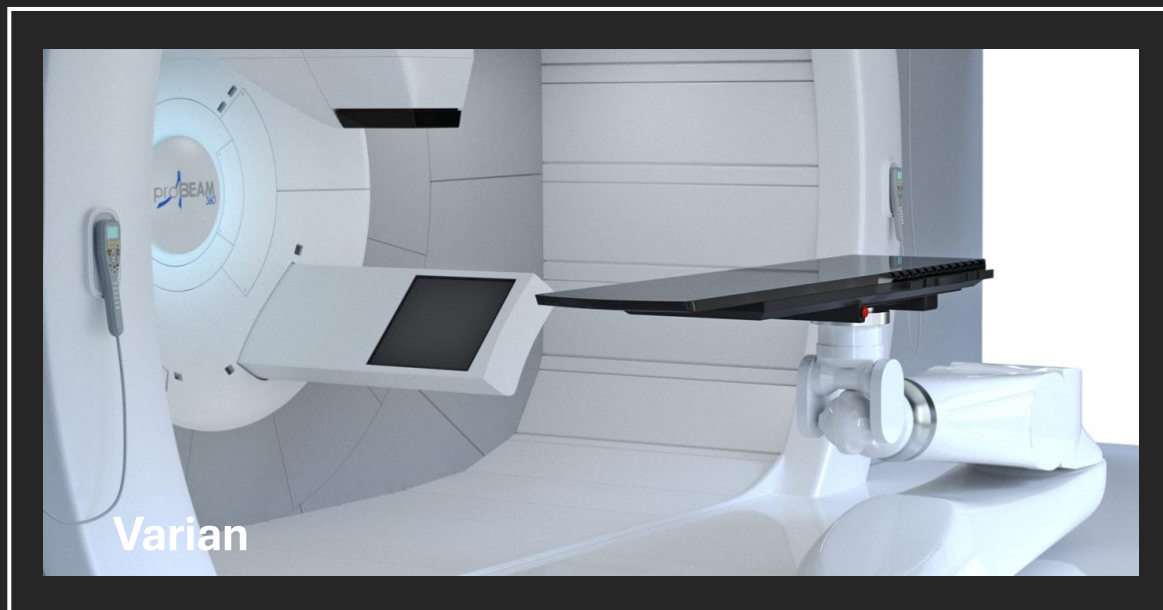


<http://www.klinikum.uni-heidelberg.de/Startpage-HIT.114748.0.html>



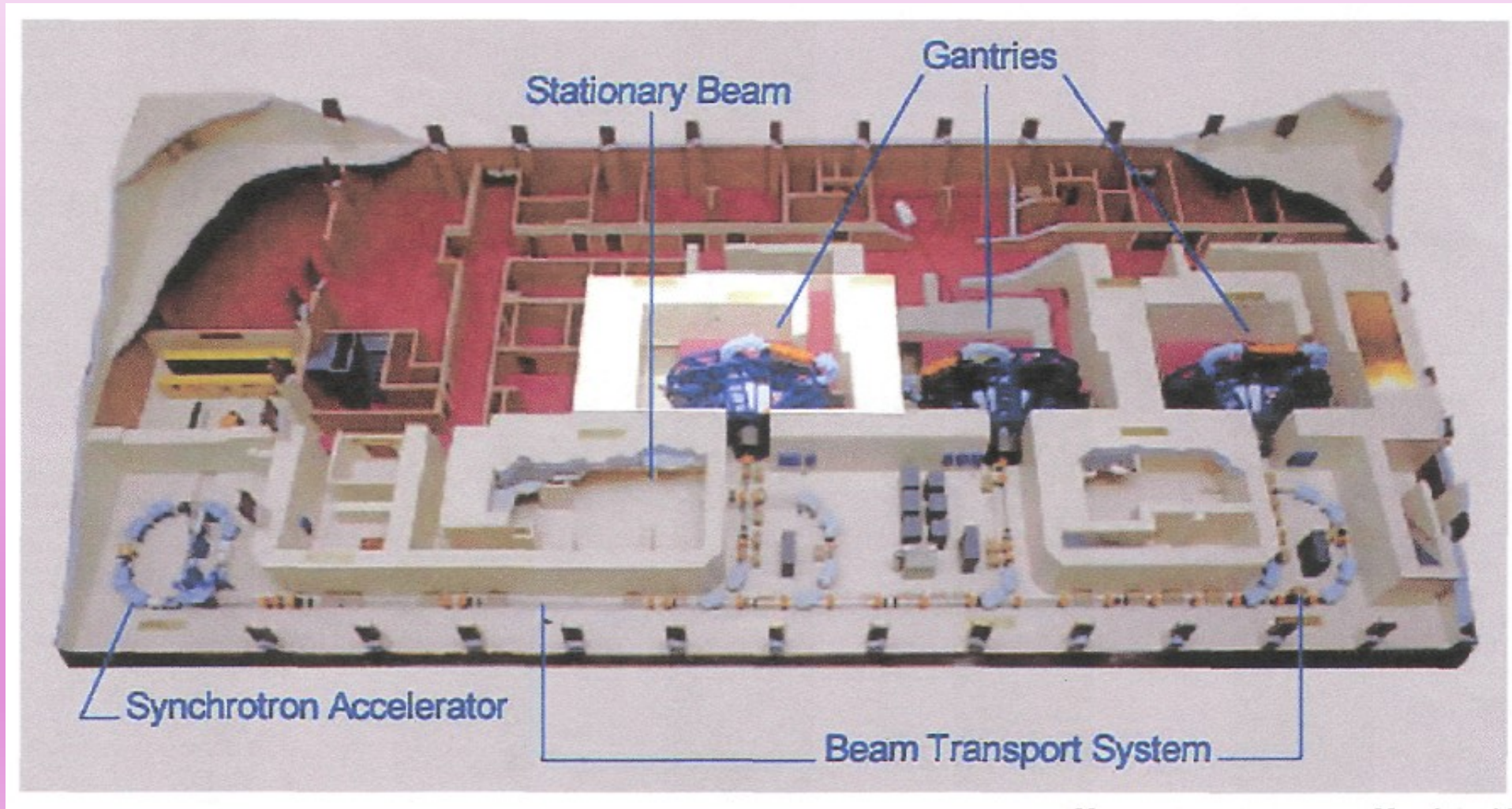


# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

## Protónterápiás komplex - Loma Linda, USA





# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

1- accelerator control console

2- injector cyclotron

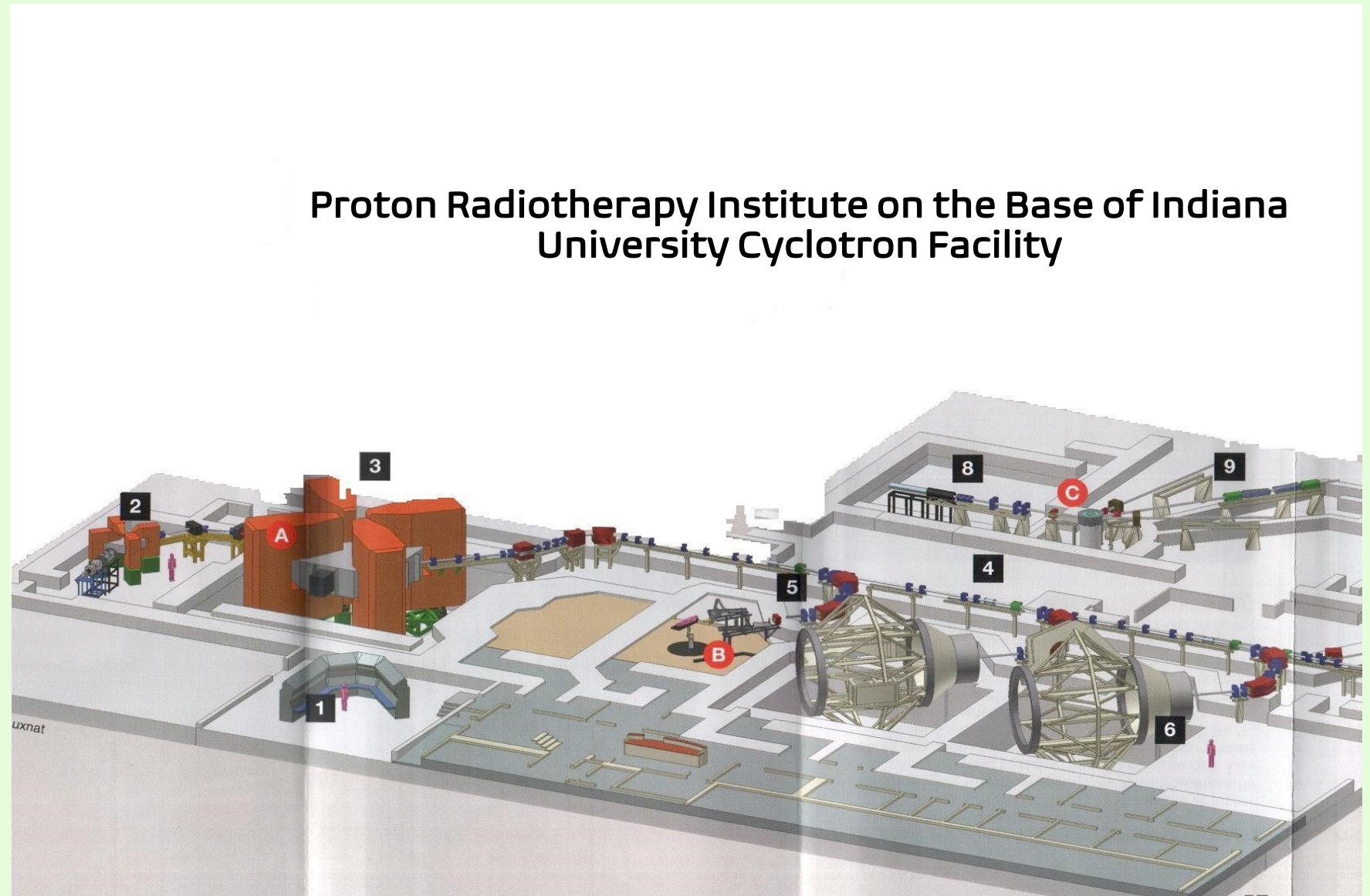
3- main stage cyclotron

4- trunk line

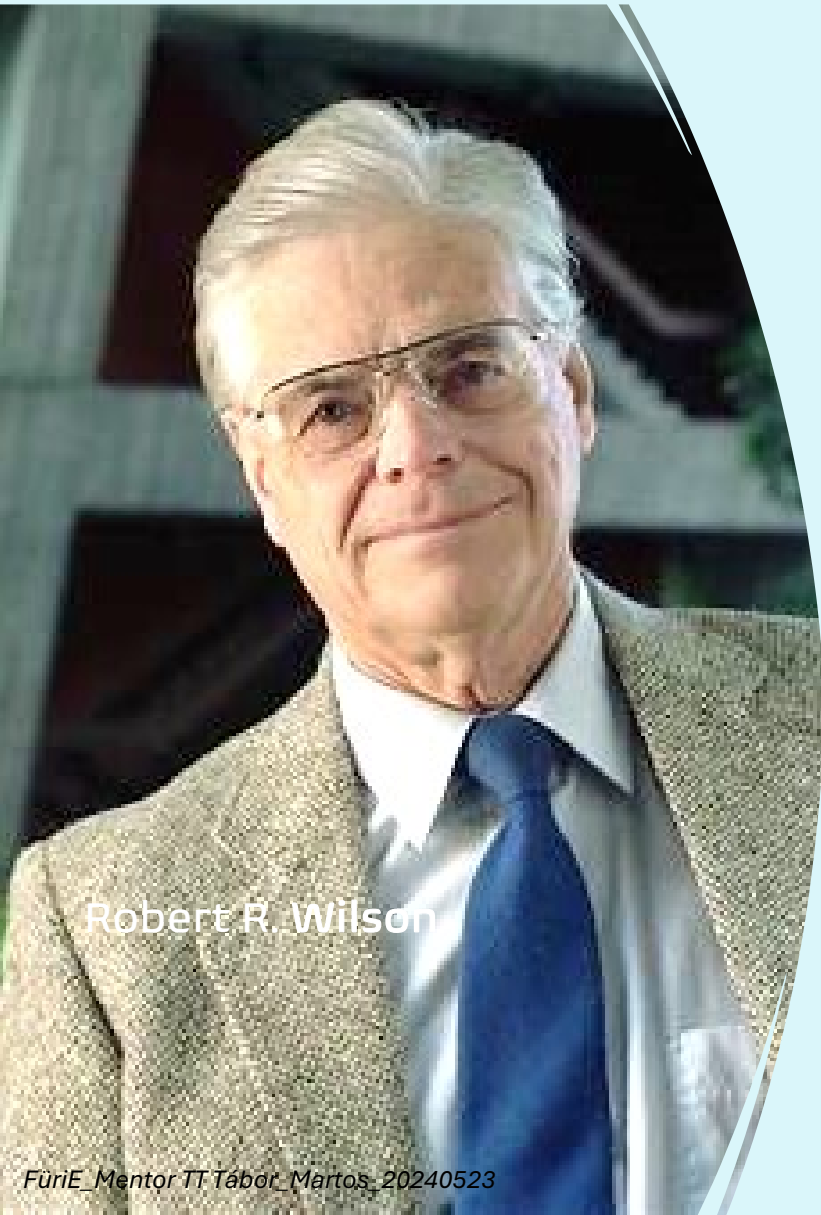
5- horizontal treatment line

6- beam gantry

Proton Radiotherapy Institute on the Base of Indiana University Cyclotron Facility



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN



Robert R. Wilson

## Minden az USA-ban kezdődött

- 1929 - Ernest Lawrence a ciklotront, egyfajta részecskegyorsítót a Berkeley Sugárzási Laboratóriumban, a Kaliforniai Egyetemen fogalmazza meg, elsősorban a részecskék és a magfizika feltárására.
- 1946 - **Robert R. Wilson**, a Harvard részecskefizikusa a gyors protonnyalábok orvosi alkalmazását javasolta - a Harvard Cyclotron Laboratory (HCL) tervezésén dolgozott.
- 1954 - Az első protonnyaláb-terápiát alkalmazó emberi kezeléseket a Berkeley Sugárzási Laboratóriumban végezték az áttétes emlőrák hipofízis besugárzással történő szabályozására - tehát agyrészt sugároztak be vele. Ez a központ 2001-ig működött, amikor a ciklotront megszüntették.
- 1961 - Első protonterápiás létesítmény a Harvard Ciklotron laboratóriumban Massachusetts Államban Bostonban jött létre.

Ezeket a központokat eredetileg az alapvető fizikai kutatásokra használták.



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

- **1969 - A legrégebbi, még mindig aktív protonterápiás központ Moszkvában található, az Elméleti és Kísérleti Fizika Intézetben. Az első betegeket 1969-ben kezelték itt.**
- **1984 - A svájci Paul Scherrer Intézet szintén történelmileg fontos protonközpont - a világon elsőként kezelte a szemdaganatokat 1984-ben, a ceruzanyaláb-szkennelési módszert 1996-ban fejlesztették ki.**
- **1990 - A világ első nagyobb klinikai központja a kaliforniai Loma Lindában található létesítmény volt**
- **2001 - Protonterápiás klinika alakult oktatásra Kaliforniában.**
- **1999 - A pennsylvaniai egyetemen terápiás központ épül**
- **2001 - Massachusettsban az általános kórházban megnyitják az első ceruzanyaláb letapogató technológiával működő proton terápiás központot.**

# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN

## Protonterápiás központok a világban

- 2018 – 71 regisztrált protonterápiás centrum létezett világszerte.
- 2024 – több mint 100 protonterápiás központ + 35 épülőben
- 2024 – 41 központ USA-ban (2012-2016 között több mint kétszeresére nőtt)
- Az Egyesült Államokon kívül más protonterápiás központok: Kanadában, Japánban, Kínában, Dél-Koreában, Tajvanon, Oroszországban, Thaiföldön, Indiában, Szingapúrban és Ausztráliában.
- Európán belül: Svájc, Nagy-Britannia, Franciaország, Németország, Olaszország, Lengyelország, Svédország, Ausztria, Hollandia, Dánia, Spanyolország és természetesen a **Cseh Köztársaság (a világ legjobbjai közé sorolják).**

Az új protonterápiás központba történő beruházás becslések szerint átlagosan körülbelül 62.5 millió euró, a berendezés összetettségétől és a központ méretétől függően.

Jelenleg a déli félteke legnagyobb protonközpontja, amely több mint 500 millió ausztrál dollárba került, Dél-Ausztráliában, Adelaide-ben készül. Spanyolország 280 millió eurót fektetett be 10 új közegészségügyi akcellerátorba.





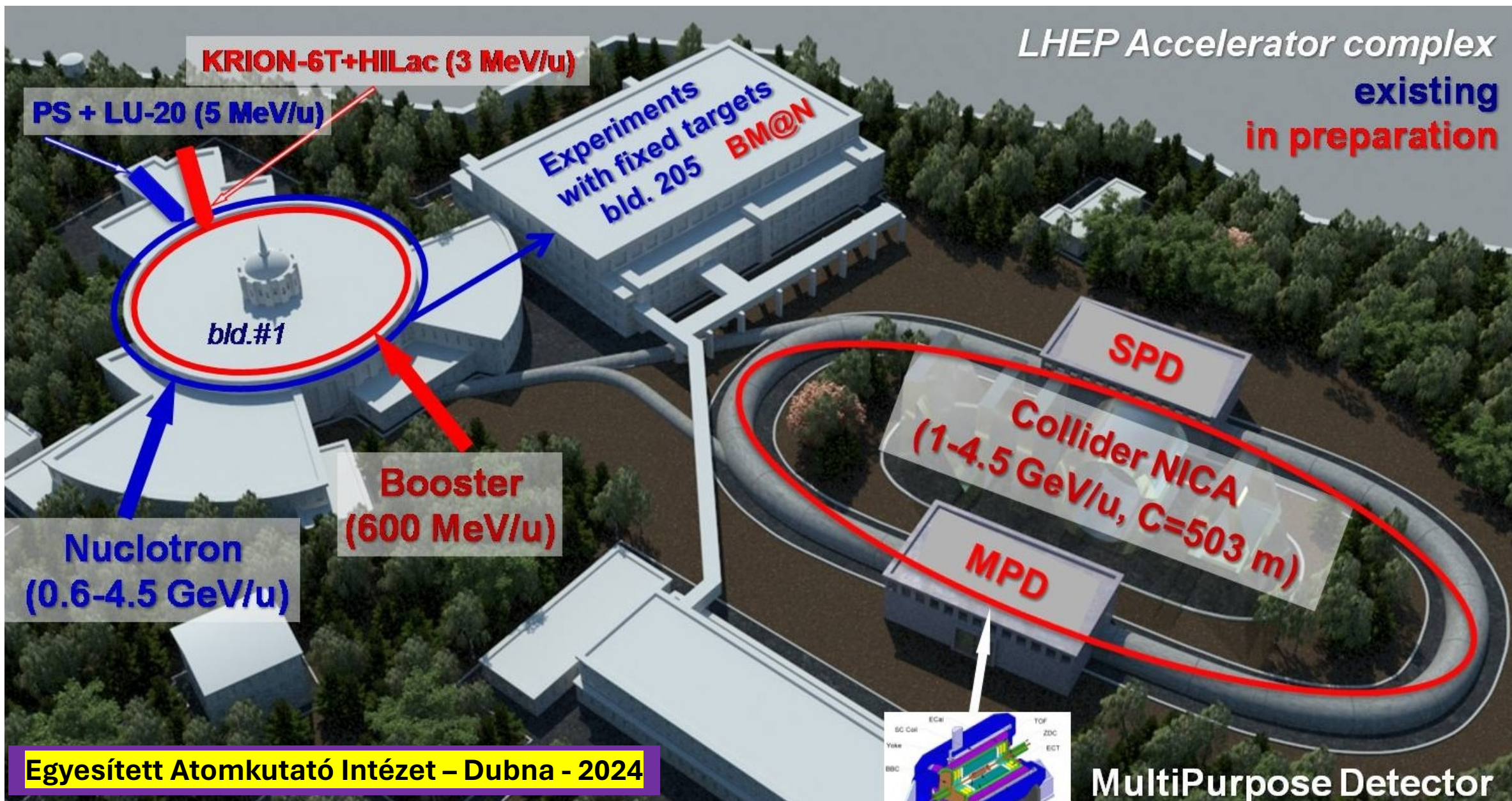
Befejezetlen Ciklotronközpont



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN



# NUKLEÁRIS TECHNOLÓGIÁK A GYÓGYÁSZATBAN





*Köszönöm a  
figyelmet!*

---

*Ing. Furi Erzsébet  
protexpert.sk@gmail.com*

