



# HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont

Az egyéni adottságok hatása a  
belélegzett radonleányemek  
bomlásából származó  
elnyeltdózisintenzitásra a légutakban

Füri Péter

furi.peter@ek.hun-ren.hu

Kutatás. Innováció. Hatás.

A radon színtelen-szagtalan **nemesgáz**. Ezt leginkább belélegezzük, majd kifújjuk. De: zsíros szövetekben fel tud dúsulni (pl. csontvelő).

Az Urán bomlási sorból származik

**Relatív hosszú felezési idő**- 3,8 nap. – sokszor van ideje bejutni pl. a szobába.

**Leányelemei bomlása adja a légutak sugárterhelésének nagy részét.**

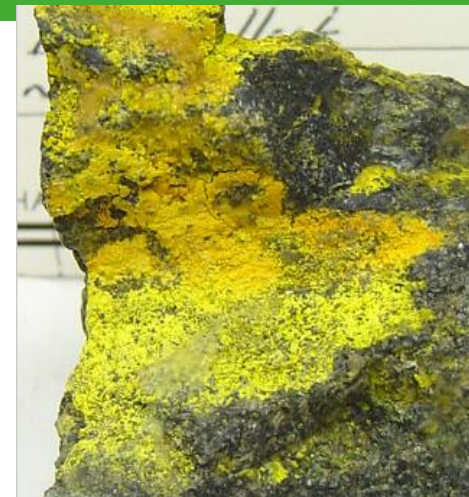
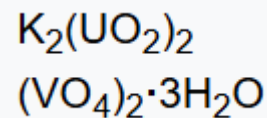
Az uránt több ásvány tartalmazza. A kőzetek-talajok urántartalma sokszor jelentős.

**Többféle felhasználás- reaktorok**, de **festékek is** „uránsárga” „uránüveg” **Csempék!!!**

Világszerte sok helyen mérhető magas radonleányelem aktivitáskoncentráció.



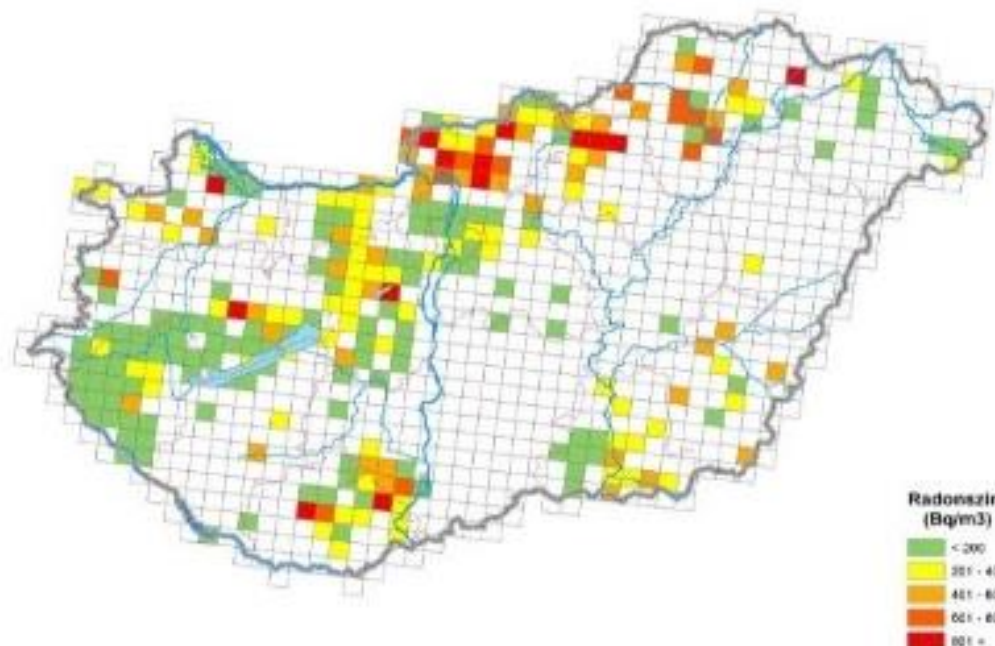
Uranium-tile (Wikipedia)



Karnotit (wikipédia)



Uraninit (uránszurokérc)



Magyarország beltéri radon-koncentráció térképe 2007-ben  
Forrás: NNK.gov.hu

Egyes helyeken több száz Bq/m<sub>3</sub> aktivitáskoncentráció  
Komoly sugárterhelést okoz. Alfa bomlások a testünkben...  
A tüdőrák második legfontosabb okozója.

## uránsárga

→Anna-sárga, Anna-zöld, annasárga, annazöld,  
urániumsárga

■ sárga

világító zöldessárga

#D7FF21, RGB: 215 255 33, H: 71

#E6FF73, RGB: 230 255 115, H: 71



urántartalmú  
ásvány



uránüveg



„sárga sütemény”

Forrás: <https://www.szintan.hu/lista/u/u04.htm>

**Leányelemek** : Polónium, bizmut, ólom- Legnagyobb részük aeroszolrészecskékhez kapcsolódik- **ki tudnak ülepedni a légutakban**. Órákig ott maradnak még a tisztulás mellett is. Nagy valószínűséggel eljutnak akár  $Po^{214}$  ig is.

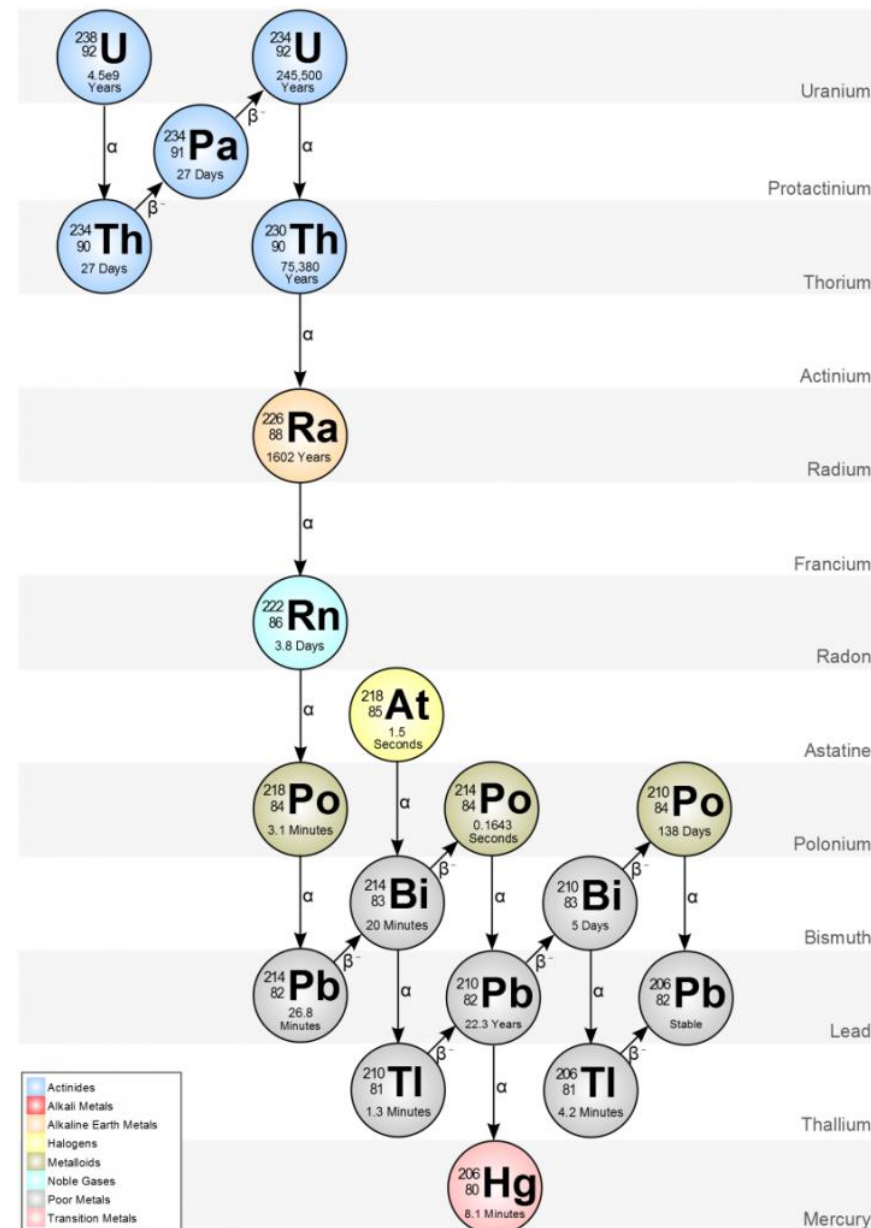
$Po^{218}$  és  $Po^{214}$ : rövid felezési idő (~3 perc és kevesebb, mint 1 sec.)

Elbomlanak és **alfa-részecskéket** bocsátanak ki.

Rövid hatótáv, de azon belül sűrű ionizáció.

Biológiai hatásuk jelentős. **Sejthalál-mutáció** lehetséges.

Megoldás: **Szellőztetés**, szükséges esetben radonmentesítés (pl. szigetelés, radon elszívás...)



**Egy szoba pl. 40 Bq/m<sup>3</sup>-es radonleányelem koncentrációval.**

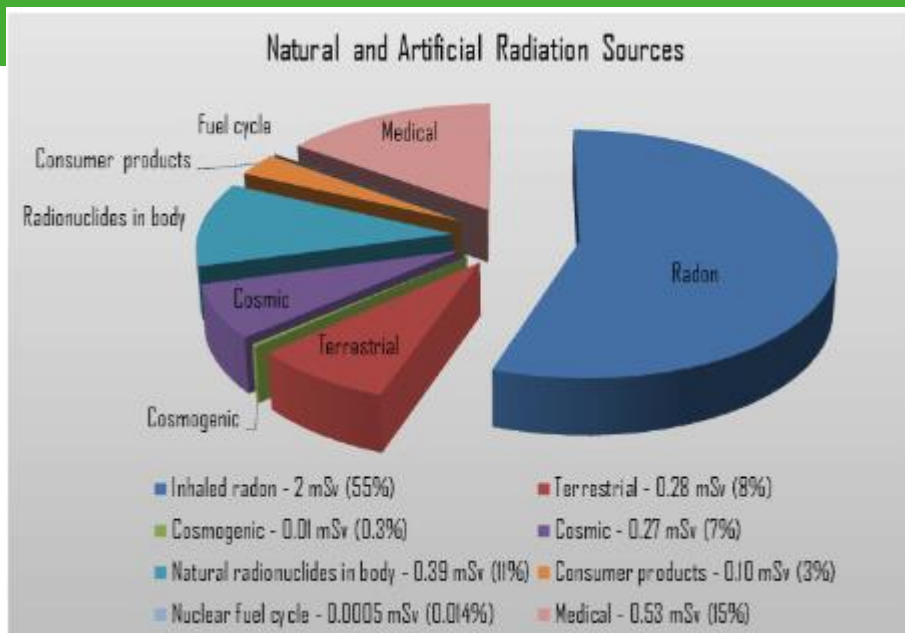
Benne él egy apa, egy anya és egy 10 éves gyermek.  
Az apuka dohányzik. A kislány asztmás.

**Ugyanakkora mennyiségű energia nyelődik el a légúti hámszövet sugárérzékeny sejtjeiben?**

Ugyanakkora a tüdőrák kialakulásának valószínűsége?

És ha az apuka leszokik? A kislány kinövi az asztmát?

Sok a bizonytalanság...



nuclear-power.com



**RadoNORM projekt:** Fő célja a radon egészségi-hatásához kapcsolódó kérdések megválaszolása- a bizonytalanságok csökkentése.

2020-2025: A HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont feladata a **Dozimetria** volt.

Fő feladatok: A. A populáció különböző csoportjaira vonatkozó dózisos számítása

Ezen belül 1. **légúti**

**megbetegedések (asztma, COPD) hatásának vizsgálata a légutak sugárterhelésére**

2. **Az életkor hatása az**

**elnyeltdózis-intenzitásokra (felnőtt-vs. gyermek)**

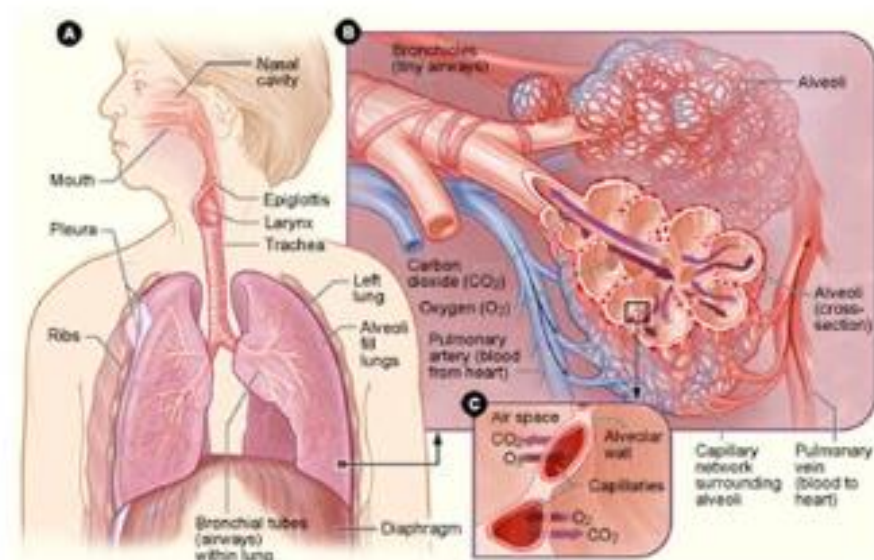


- Belélegzett radonleányelemek légúti kiülepedésének számítása numerikus modellekkel lehetséges
- **ICRP HRTM (Human Respiratory Tract Model) és SLM (Stochastic Lung Model)**
- **A Sztochasztikus Tüdőmodell jobb felbontású és sokkal flexibilisebb.**

Évtizedek óta használják/fejlesztik az EK-ban és Salzburgban is.

Én 2013 óta használom.

- A RadoNORM projekthez **új asztma és emfizéma modelleket** készítettem. Beteg tüdő más, mint az egészséges. Lehetővé tettem továbbá a **légutak magasság szerinti leskálázását. Gyermekek modellezése!**

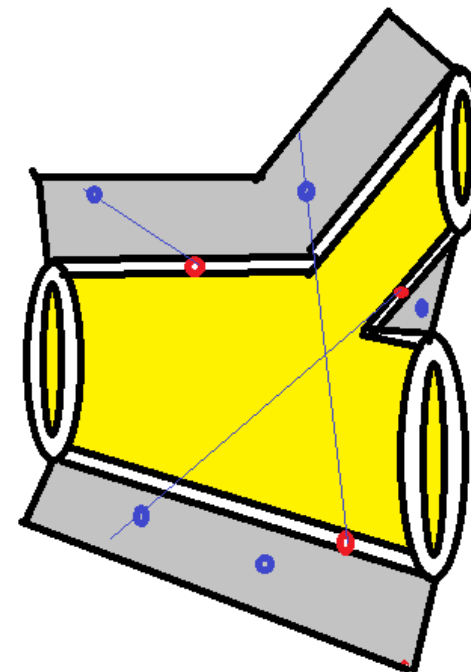


### Nyáktisztulási modell létrehozása:

Kiülepedett radonleányelemek mozgását modellezi a felfelé mozgó nyákréteggel. Közben alfa és béta bomlások valószínűségének szimulálása Monte-carlo eljárással.- input a dozimetriai modellnek.

### Dozimetria modell:

Véletlenszerű helyre lerakok  $\text{Po}^{218}$  és  $\text{Po}^{214}$  atomokat a légutak felszínét fedő nyákrétegbe. Alfa-nyom létrehozása. Végpont: bazális és kiválasztó sejtek magja. Találati valószínűséggel súlyozok.



**Asztma:** Összeszűkült bronchiális légutak

Vastag nyákréteg

Más légzési mintázat beteg egyének esetén

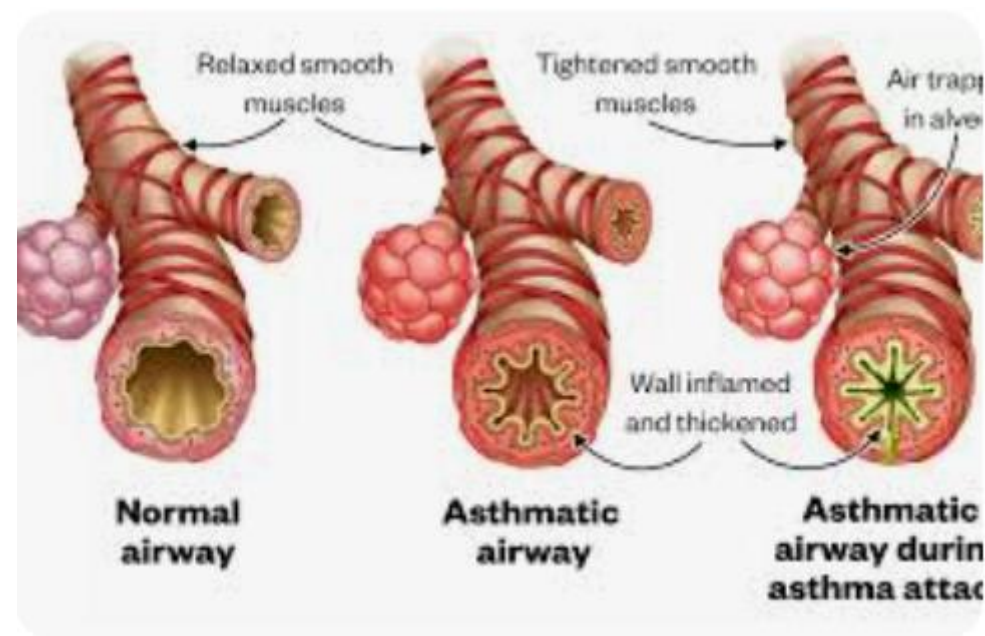
Gyorsabb légzés- **sokkal több belélegzett radonleányelem, mint egészséges esetben.**

**Gyermekek:** Kisebb légutak, sekélyebb, gyakoribb légzés.

**Diffúzió,** gravitációs ülepedés és impakció a fő aeroszolrészecske kiülepitő mechanizmusok.

**Légutak mérete és a benne töltött idő fontos.**

Kisebb légút növeli a kiülepedést, lassabb légzés szintén.



Forrás: Pharmaceutical Journal

Alany	FRC [cm <sup>3</sup> ]	VT [cm <sup>3</sup> ]	f <sub>B</sub> [min <sup>-1</sup> ]	Belélegzett levegőmennyiség [m <sup>3</sup> /h <sup>-1</sup> ]
Felnőtt férfi	3300	500	12	0.36
Ötéves gyerek	767	213	25	0.32
Asztmás egyén	4000	500	25	0.75

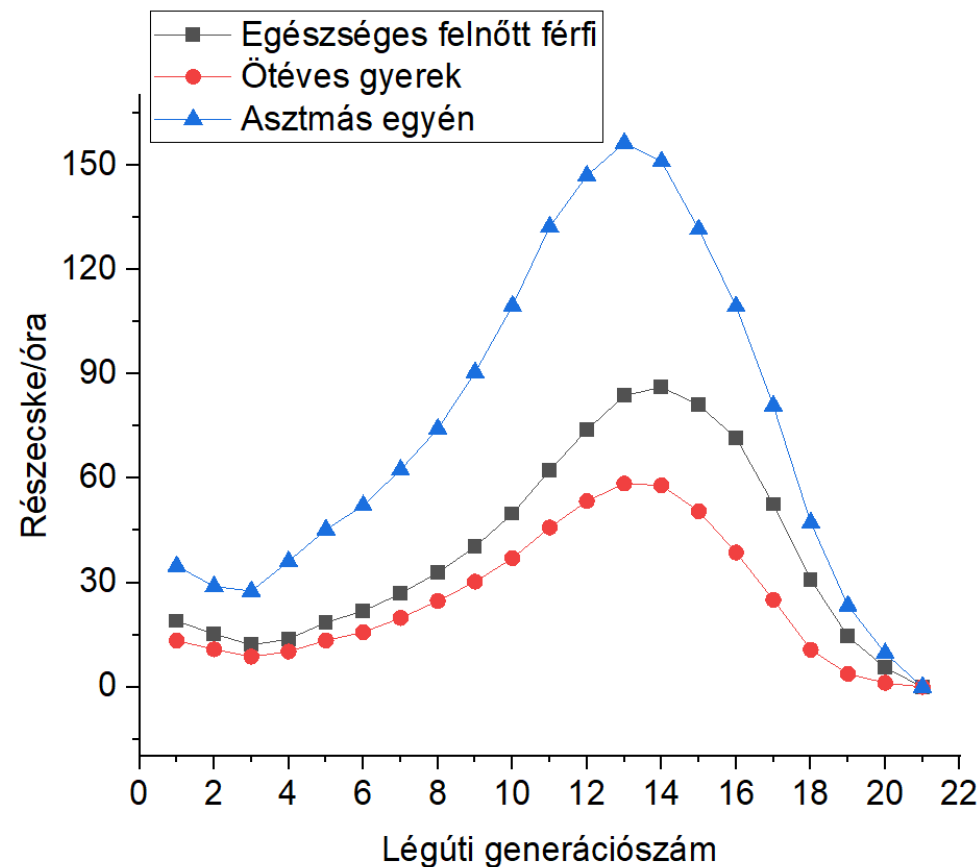
A belélegzett radonleányelemek légúti kiülepedési maximuma a 12-15-ik légúti generáció között van. Itt már aprók a légutak, de rengeteg van belőlük: pl  $2^{14} = 16384$  légút a 15-ik generációban.

**Asztmás egyén:** Sok belélegzett radonleányelem és szűk légutak- sok leányelem ülepszik ki.

**Gyerek:** Kisebb belélegzett mennyiség, ezért kisebb kiülepedés

Felső légúti kiülepedés:

Kitapadt leányelemek: 7.89% egészséges felnőtt férfi esetén, 8.32% ötéves gyermeknél, 6.23% asztmás egyénnél



A dózisintenzitások maximuma az első 2-3 légúti generációban van. Itt még kevés légút van, de azok nagyok.

**Asztmás esetben sokkal több energia nyelődik el a légúti hámréteg sugárérzékeny sejtjeinek magjában.** Ez a több kiülepedett radonleányelemnek és az összeszűkült légutaknak köszönhető.

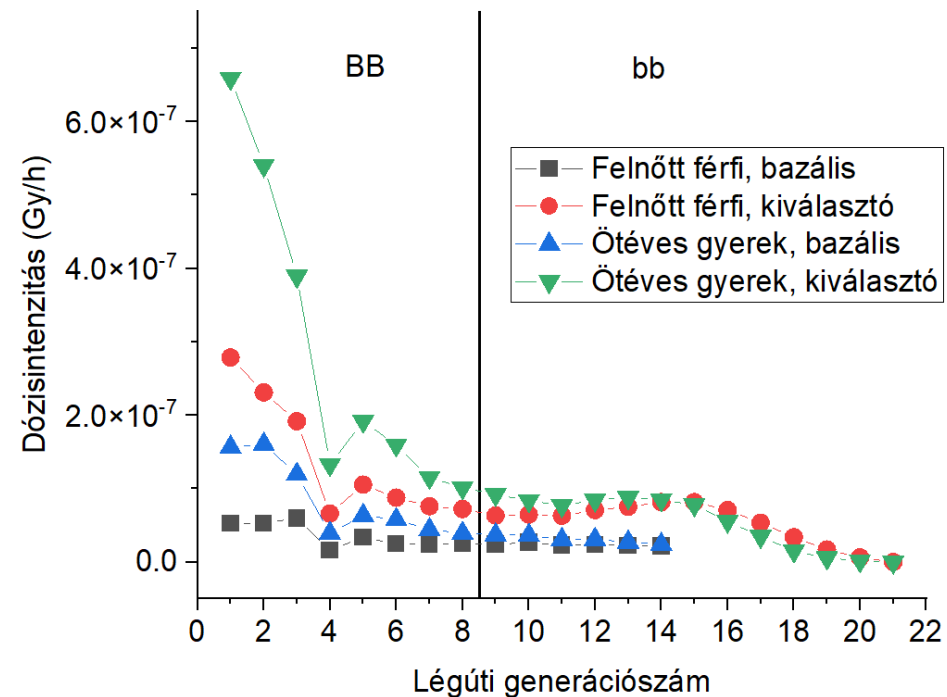
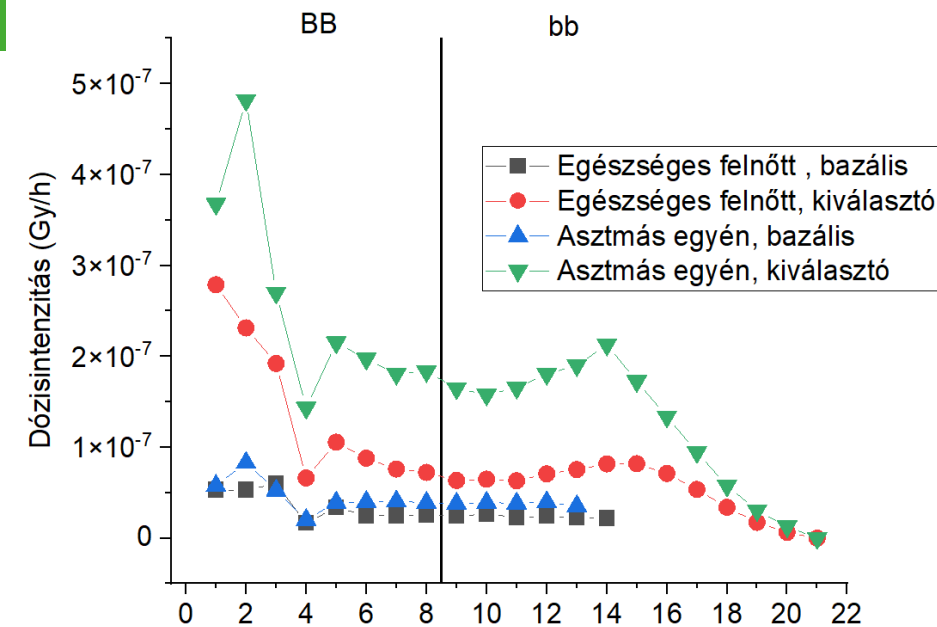
**A vastagabb nyákréteg árnyékol, de nem eléggé...**

Gyermekek:

**BB: Nagyobb dózis-** ez a kisebb légutak miatt van.

**bb- kisebb dózis-** ez a kevesebb kiülepedett részecske miatt van.

Ugyanakkora aktivitáskoncentrációjú levegőt belélegezve asztmás egyéneknél és gyermekeknél a BB-ben nagyobb az elnyeltdózis-intenzitás! **Biológiai hatás?**



**Dohányosok:** A dohányfüst és a radon is tüdőrákot okoz.  
Additív, multiplikatív hatás?

Dohányfüst- **nagyon nagy részecske koncentrációk**- belélegzett részecskék koagulálni kezdenek.

Csökken a koncentráció, de nagyobbak lesznek a részecskék.

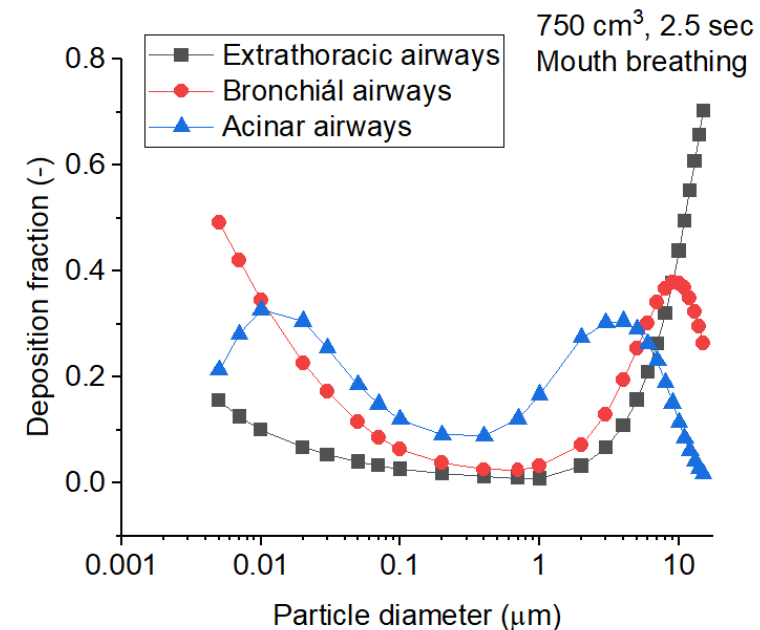
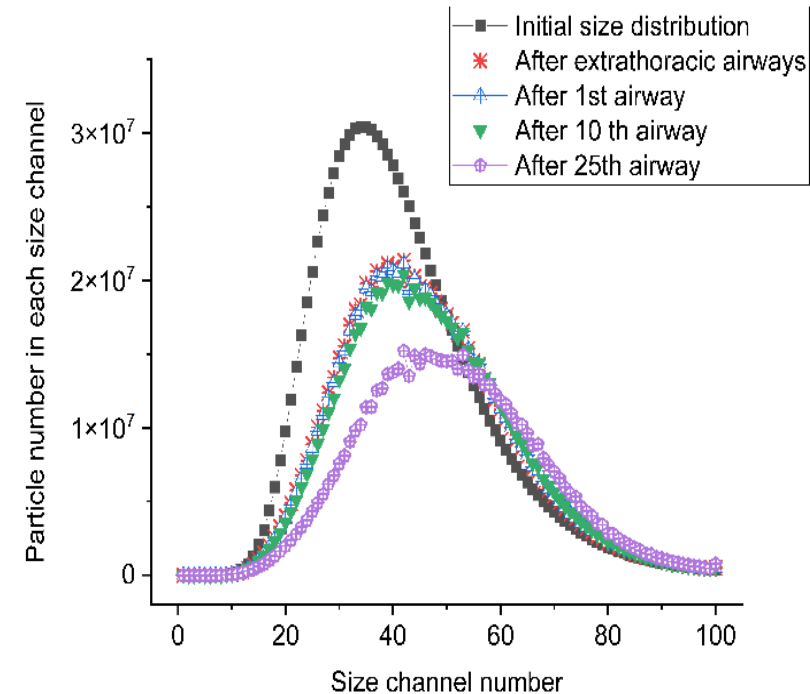
**Változik a részecskeméret, ahogy öregszik a füst.**

Koagulációs modell- 100 méretcsatorna  
Nagyon számítás-igényes, lassú szimuláció.

Kiindulás: CMD=193 nm- ez megnő 250 nm-re.  
De ez csak kis mértékben befolyásolja a bronchiális kiülepedést.

Dohányzás- megváltozik a légzés- gyorsabb, sekélyebb belégzés

- a nyákréteg megvastagszik
- a légutak összeszűkülnek



Vizsgált alanyok:

1. Egészséges
2. Könnyű dohányos (6 cigaretta/nap)
3. Erős dohányos (24 cigaretta/nap)

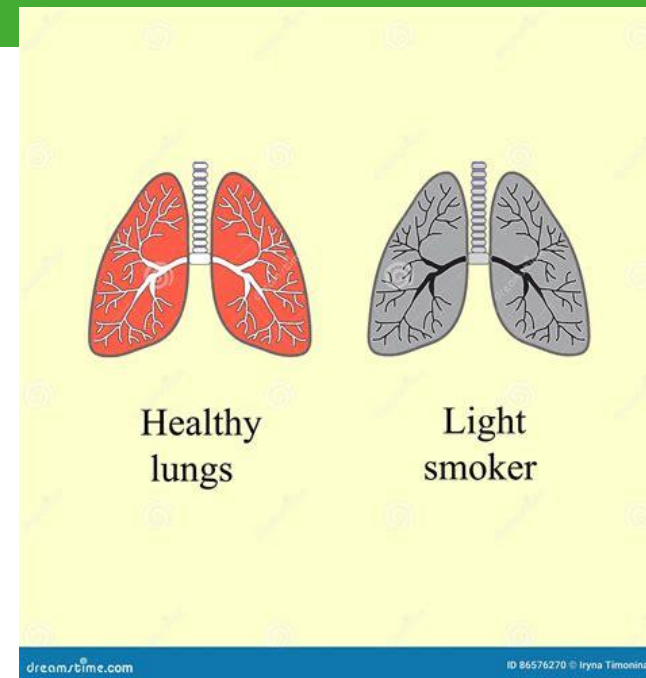
Könnyű dohányosnál még csak a nyákréteg vastagabb  
Erős dohányosnál már van szűkület és gyorsabb légzés is van

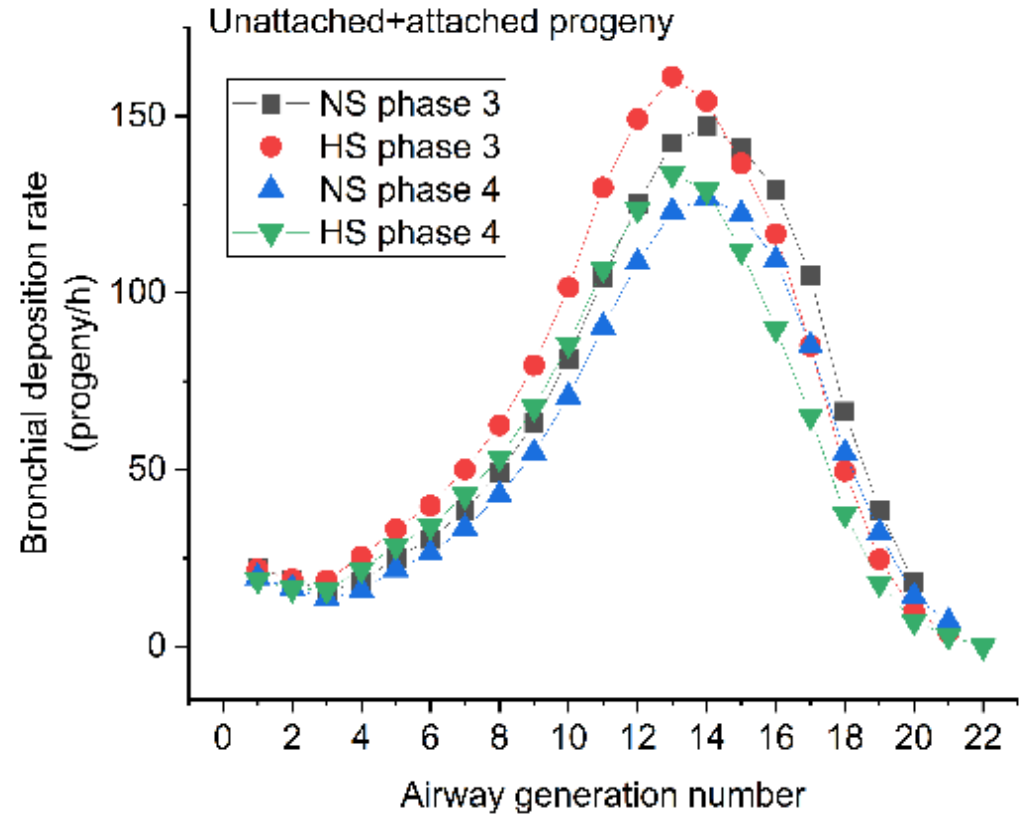
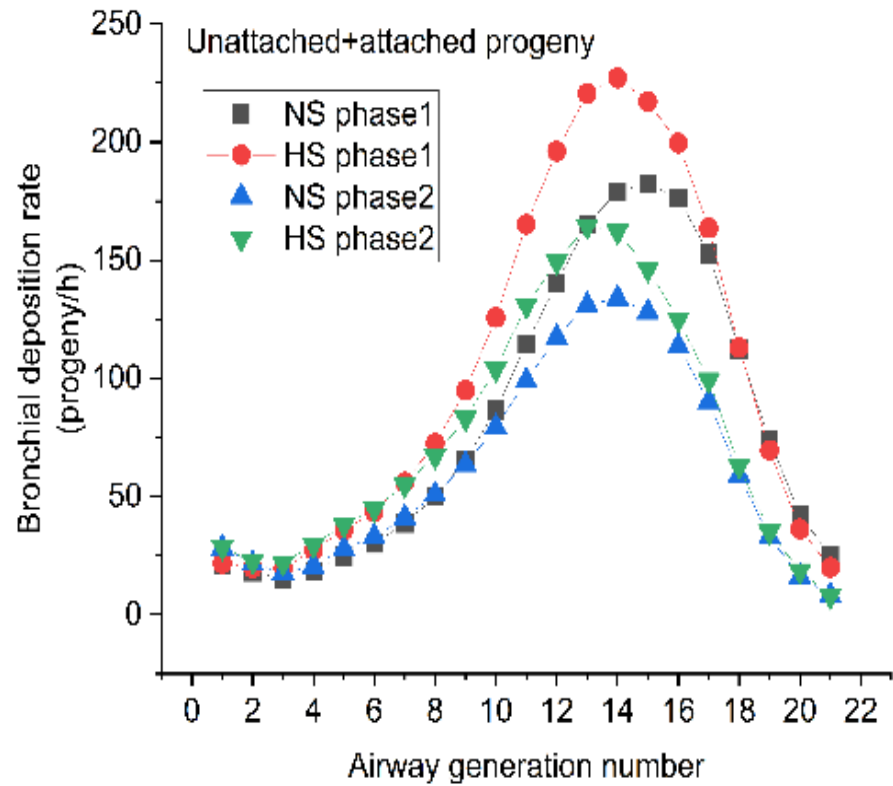
**Fázis 1:** Száj megtöltése füsttel.  $70 \text{ cm}^3$  friss füst beaszívása és benntartása majd ennek belégzése  $750 \text{ cm}^3$  belégzési térfogattal, 2 sec alatt. 1 sec. benntartás, 2 sec. kilégzés. Szájlégzés.

**Fázis 2:** „Idős füstöt” tartalmazó levegő belégzése  $750 \text{ cm}^3$  belélegzett térfogattal, 2 sec alatt , 1 sec. benntartás, 2 sec. kilégzés. Szájlégzés.

**Fázis 3:** Ülés két cigaretta között és két puff között. Orrlégzés.

**Fázis 4:** Alvás.  $625 \text{ cm}^3$ , 2,5 sec be és kilégzés





A legtöbb belélegzett radonleányelem az erős dohányos esetén van a nagy bronchiális légutakban - ezt a szűkület okozza.

Az elnyeltdózis-intenzitások a **nagy átmérőjű bronchiális légutakban (BB)** a nem dohányzó esetén a legnagyobbak- itt a vastag nyákréteg árnyékoló hatása az erősebb.

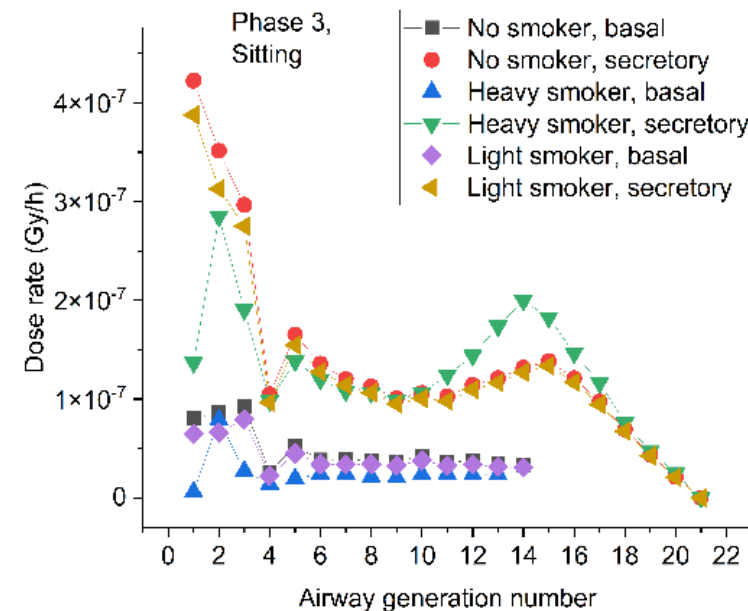
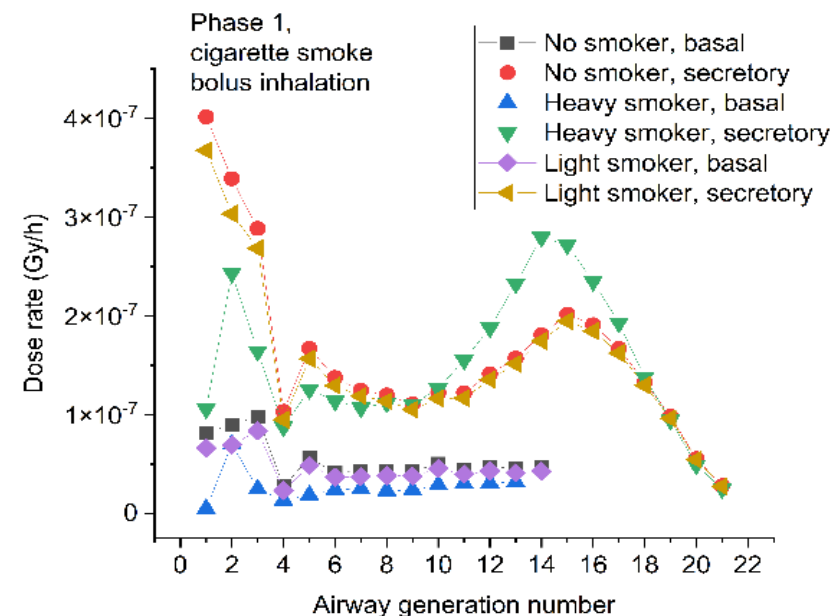
**A kis bronchiális légutakban** az erős dohányos esetén a legnagyobbak a dózisok. Itt a szűkület hatása az erősebb. Itt már a nyákréteg túl vékony, hogy számottevően árnyékoljon.

**A bb-ben jelentősen nagyobb a dózis a dohányzás okozta változások miatt.**

A vastag nyákréteg árnyékoló hatása legtöbbször nem elég erős.

Hamar szűkület alakul ki a dohányosok légútjaiban.

**A dohányzás csak valószínűbbé teszi a tüdőrák kialakulását, védeni nem tud ellene!**



## Összefoglalás

Azonos radonleányelem aktivitáskoncentrációjú levegőt belélegezve jelentősen eltérő a légúti hámrétegben elnyelt energia mennyisége egy felnőtt és egy gyermek esetén.

**Gyermekek- nagyobb elnyeltdózis-intenzitások. – Lehetőleg töltsenek kevés időt ott, ahol sok radon van...  
A légúti megbetegedések (asztma, COPD) szintén hatással vannak az elnyeltdózis-intenzitásra. – szintén kerülendő a radondús levegő.**

Dohányzás- Növeli az elnyeltdózisintenzitást a kis átmérőjű bronchiális légutakban.

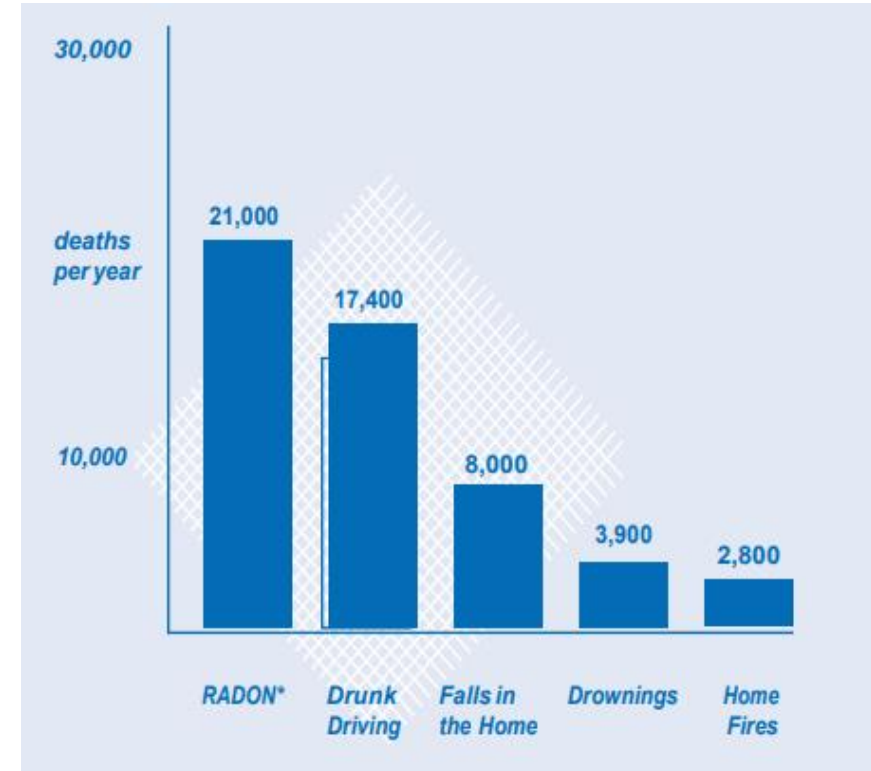
Dohányzás + radondús bányában dolgozni- komoly tüdőrák kockázat.

Az egyéni adottságok figyelembe vétele fontos a radonleányelemek bomlásából származó dóziszárulék számításakor.

Köszönöm a figyelmet!



*Note: This diagram is a composite view of several mitigation options. The typical mitigation system usually has only one pipe penetration through the basement floor; the pipe may also be installed on the outside of the house.*



Képek forrása: US EPA: A Citizen's Guide to Radon: The Guide to Protecting Yourself and Your Family from Radon