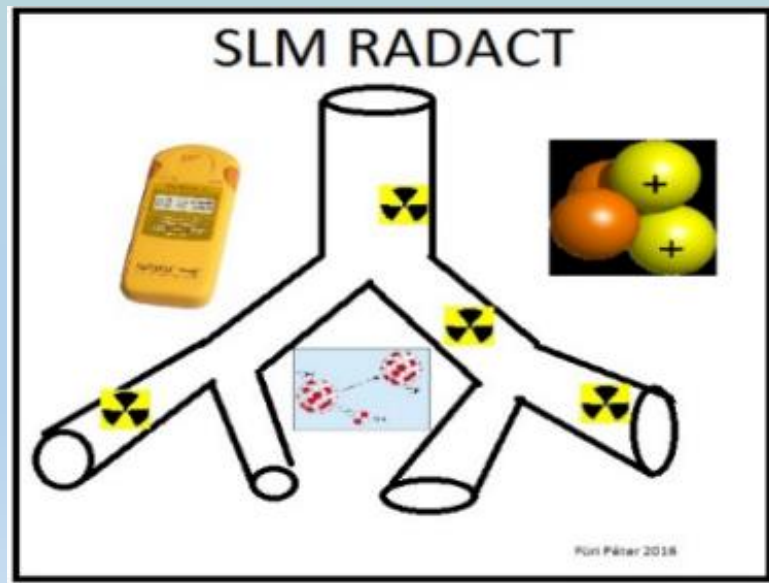


EGY EGYÉNRE SZABHATÓ RADON TÜDŐDOZIMETRIAI MODELL LÉTREHOZÁSA ÉS ALKALMAZÁSA

Füri Péter

(MTA EK)

2019.04.17.



XLIV. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam
2019. Hajdúszoboszló

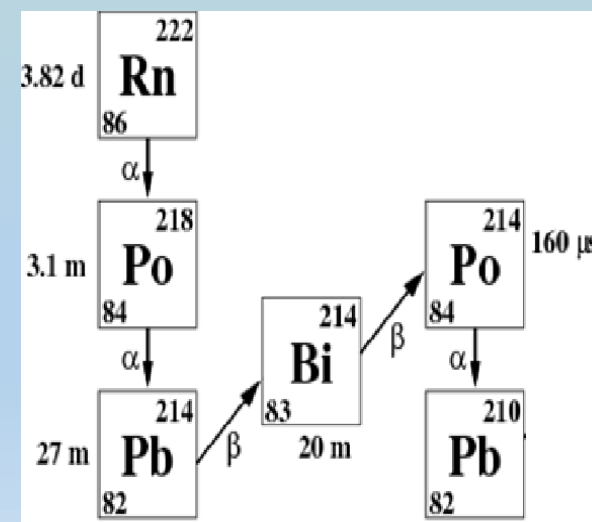
A radon

- A radon a természetes eredetű sugárterhelés fő forrása.
- Bizonyított összefüggés van a belélegzett levegőben lévő radon leányelem aktivitáskoncentráció és a tüdőrák kialakulásának valószínűsége között (BEIR VI, UNSCEAR 2000).
- A radon nemesgáz, de leányelemei már nem azok. A ^{218}Po és a ^{214}Pb és ^{214}Bi legtöbbször a környezeti levegőben lévő részecskéken utazik.
- A radon leányelemek többsége részecskékhez tapadva jut be a légzőrendszerbe.

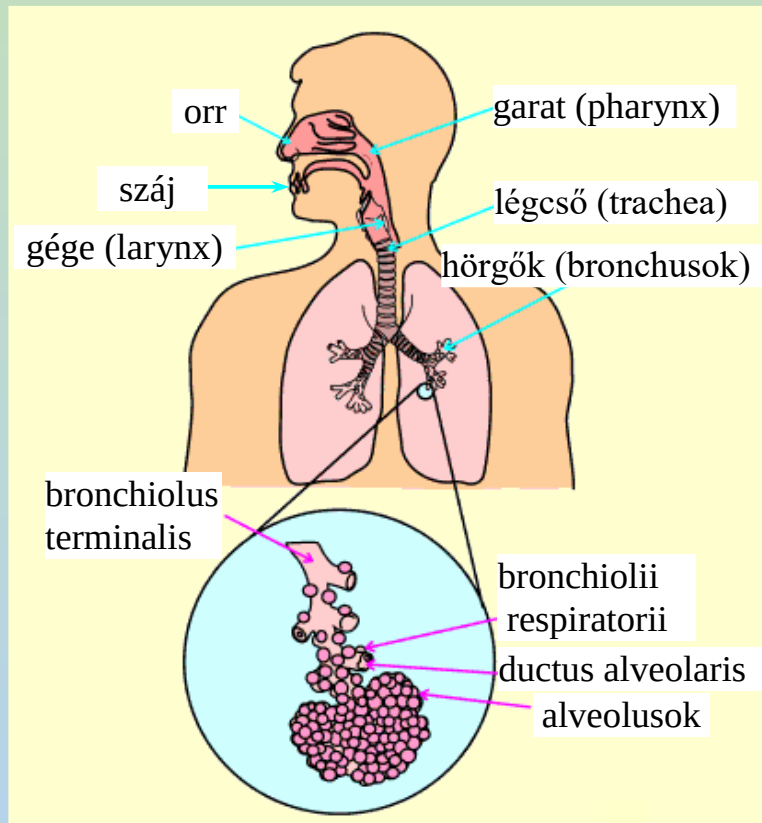
A ^{222}Rn bomlási sora

- A radon bomlási sorában alfa és béta bomlások is szerepelnek.
- Az alfa részecskék lokális biológiai hatása sokkal nagyobb, mint a béta sugárzásé
- A ^{218}Po egy 6 MeV-os, a ^{214}Po egy 7,69 MeV-os alfát bocsát ki

Sugárérzékeny sejtek a hatótávon belül !!!



A humán légzőrendszer



→ **Felső légutak:** orr, száj, garat, gége

Tracheobronchiális rész:

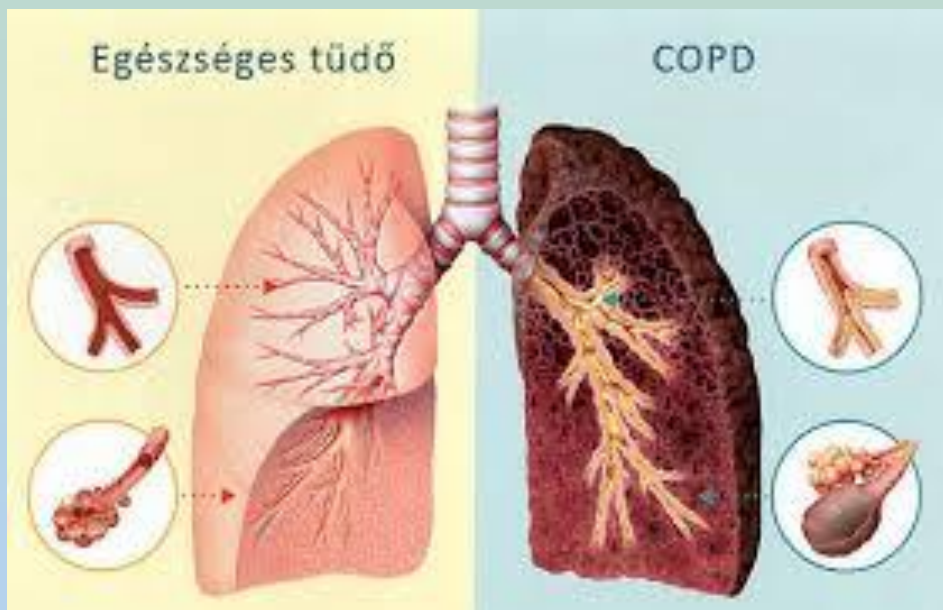
→ bronchusok (BB) 1-7 br. generáció
bronchiolusok (bb): 8-tól a bronchiolus terminálisig (12-21 br. generációk)

→ **Acináris rész:** alveoláris régió

→ **Alsó légutak:** mellkasi légutak:

A légzőrendszer geometriája illetve a légzési mód erősen egyénfüggő!
Személyről-személyre változnak a légutak átmérőí, hosszai, elágazási illetve gravitációs szögei. **Nincs két egyforma légzőrendszer!!!**

Az **egyéni adottságok** (kor, nem, fizikai edzettség, egészségi állapot) jelentősen befolyásolhatja a belélegzett részecskék légzőrendszeri kiülepedéseloszlását.



Egészséges és beteg tüdő

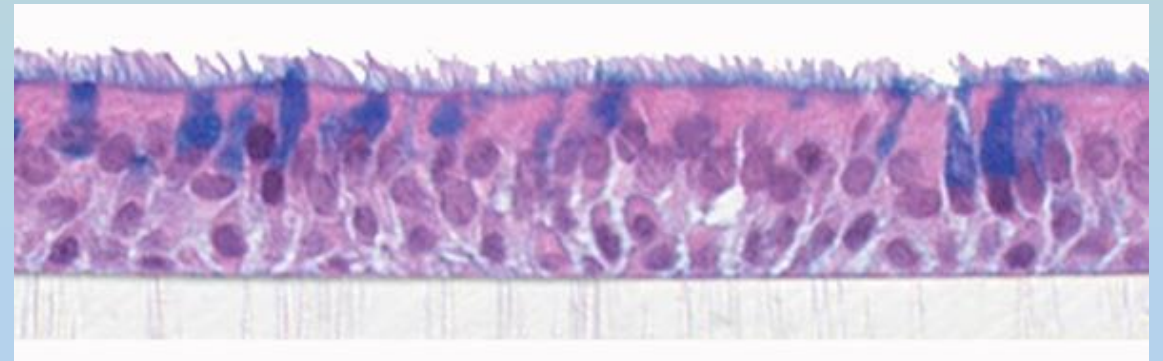
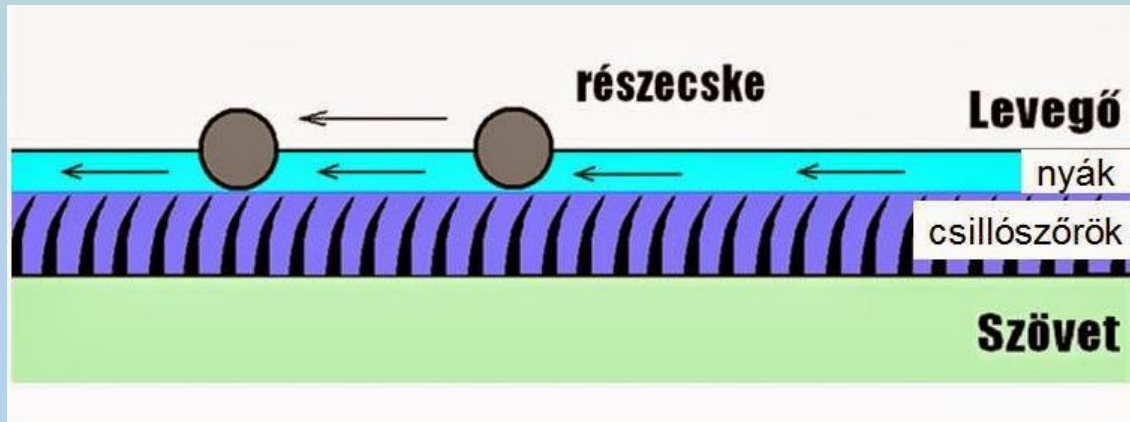


Példa az egyének közötti variabilitásra:
a világ legalacsonyabb és legmagasabb embere

A légutak tisztulása

A humán légzőrendszerre jellemző két legfontosabb tisztulási mechanizmus a **nyáktisztulás, illetve a fagocitózis**.

A légutak tisztulásának mértéke és sebessége szintén **erősen egyénfüggő** lehet.



A légzőrendszeri nyáktisztulás sematikus ábrázolása és az epitélium metszetéről készült felvétel

A belélegzett részecskék légzőrendszeri kiülepedéseloszlásának vizsgálata

A kiülepedéseloszlás vizsgálható **kísérleti** úton, valamint **numerikus modellekkel**.

Kísérleti módszerek:

In vivo: belélegzett radioaeroszolkok légzőrendszeri kiülepedésének megjelenítése

Gamma kamerával (tüdőszcintigráfia)

SPECT - forgó gamma kamera - hosszú felvételi idő

PET - gyorsító kell hozzá

SPECT CT, PET CT - pontosabb képalkotás, de nagyon drága

Ezek felbontása erősen korlátozott - nem alkalmasak a kislégutak vizsgálatára!

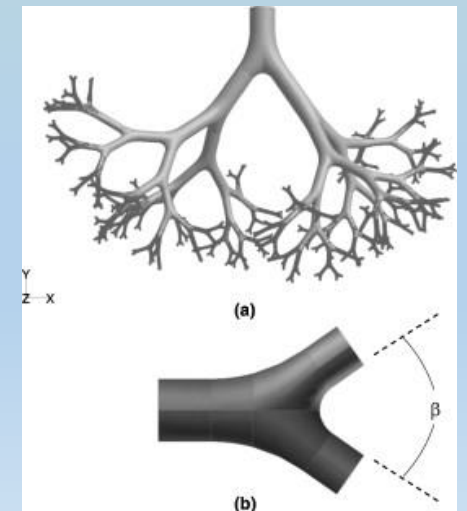
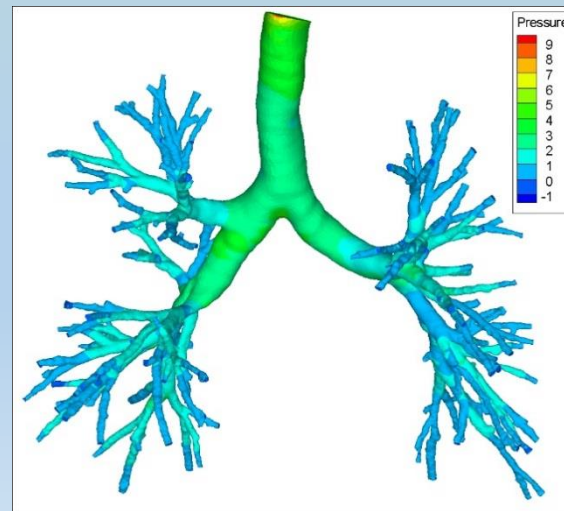
A numerikus modellezés

A kísérleti eljárások hiányosságait numerikus modellekkel ki lehet küszöbölni.

Léteznek analitikus modellek, monte carlo modellek, és CFD modellek.

Regionális és egész-légzőrendszeri modellek.

A numerikus modellezés viszonylag olcsó, flexibilis, reprodukálható, és felbontása gyakorlatilag tetszőlegesen finomítható.



A Sztochasztikus Tüdőmodell fejlesztése és alkalmazása inhalált radon-leányelemek terhelésének számítására

A Sztochasztikus Tüdőmodellt inhalált radon-leányelemek légzőrendszeri depozícióeloszlásának, tisztulásának, aktivitáseeloszlásának és dóziseeloszlásának számítására továbbfejlesztettem.

Ez lett a Radact verzió.

E modell egyedülállóan finom, légúti generációnkénti sejtmag dózis-eloszlás számítást tesz lehetővé a bronchiális légutakon belül.

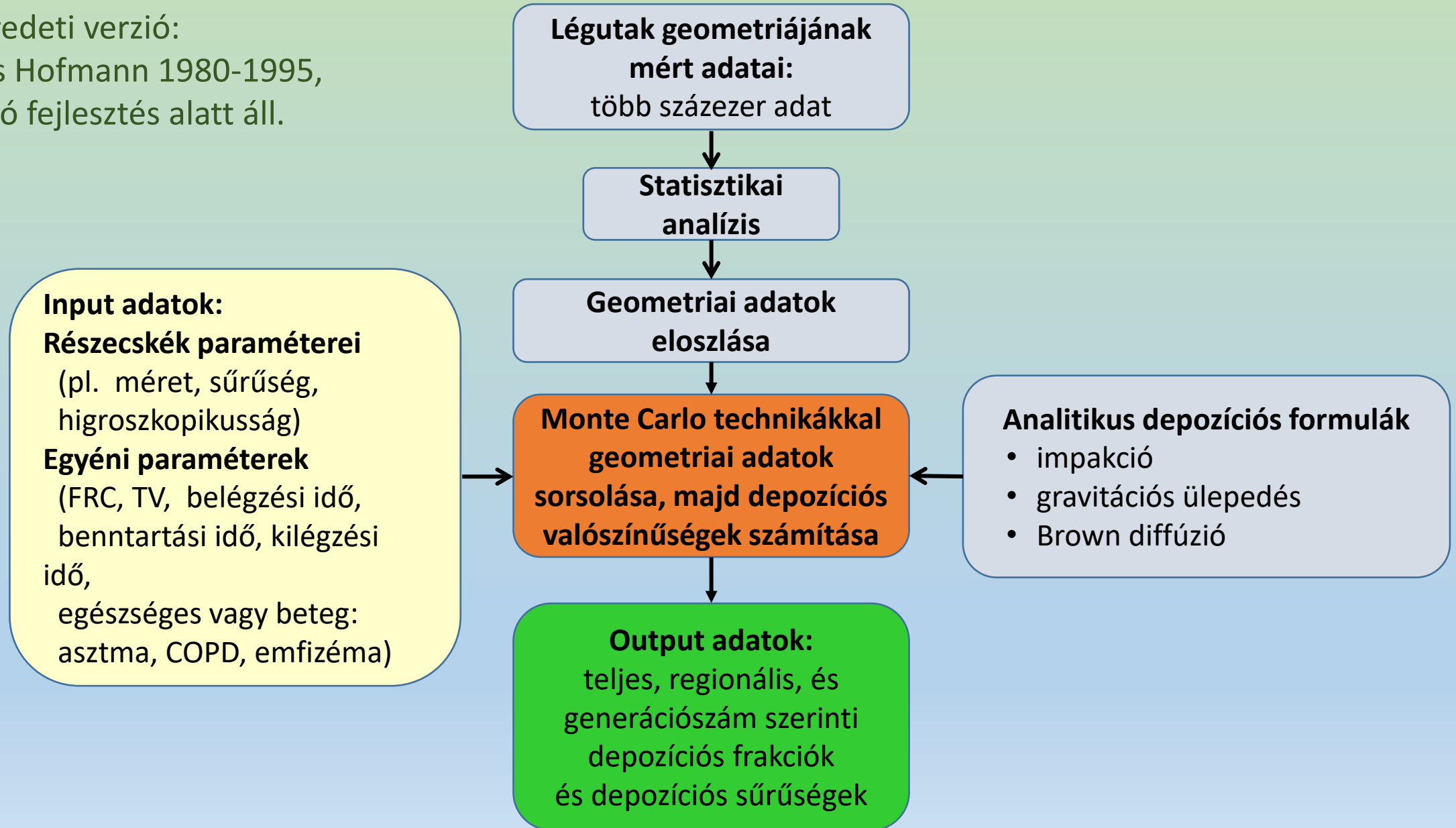
E modell képes továbbá az egyéni légúti geometria és légzési mód szimulálására is.

A Sztochasztikus Tüdőmodell Radact változatával megvalósítható az egyénre szabott radon tüdődozimetria!

A Sztochasztikus Tüdőmodell felépítése

Eredeti verzió:

Koblínger és Hofmann 1980-1995,
de állandó fejlesztés alatt áll.

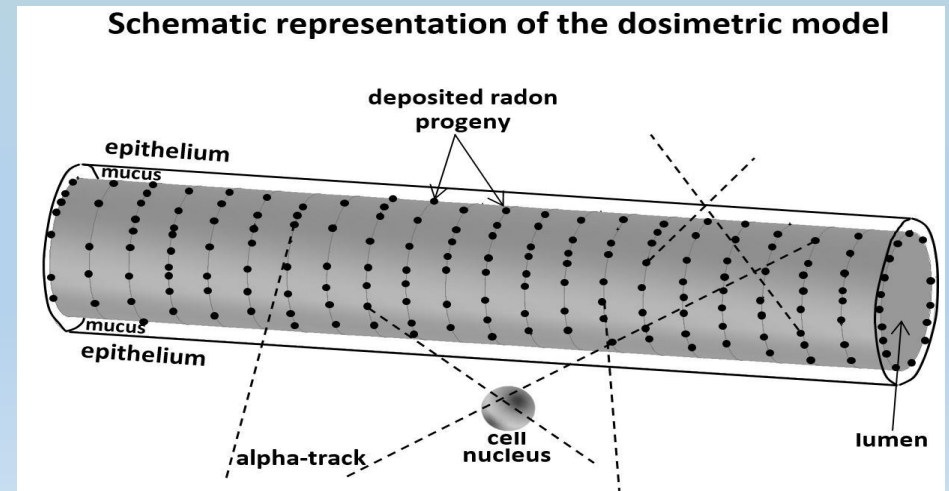


Az egyénre szabott radon tüdődozimetria

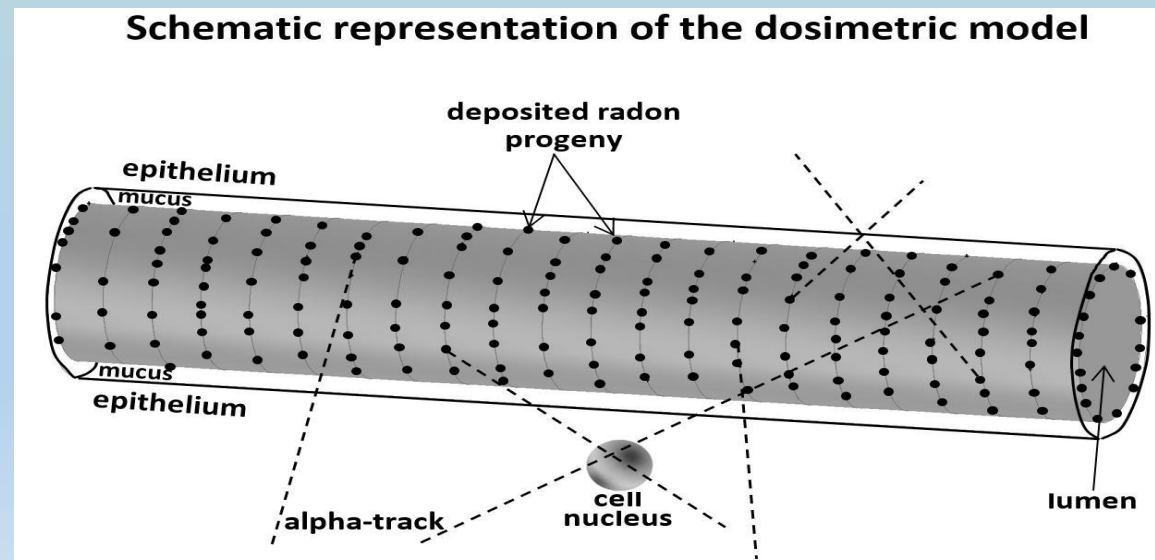
- Az adott alany spirometriás adatait ismerve illetve nemét, korát és magasságát figyelembe véve becsülhető a légutak geometriája.
- A légúti geometria és a légzési mód ismeretében a radon leányelemek légzőrendszeri kiülepedéseloszlása és az izotópok bomlásából adódó sugárterhelés egyénre szabottan számítható
- A légúti generáció szintű tisztulási és dozimetriai modell más tüdőmodelleknél lényegesen valósághűbb szimulációt tesz lehetővé.

A tisztulási és sejtmag dózis modell

- A kiüledett radon leányelemek azonnal mozogni kezdenek a légutakat fedő nyákkal.
- Az egy légúton való áthaladáshoz szükséges idő ismeretében a radon leányelemek alfa- és béta-bomlásainak valószínűsége megadható.
- Az aktivitáseloszlás, a célsejtek mélységeloszlása illetve a légúti geometria ismeretében **3 dimenziós alfa nyomok** hozhatók létre.



- A kibocsátott alfa részecskék energialeadása megadható a sugárérzékeny sejtekig illetve a sugárérzékeny sejtek magjában is.
- A leadott energia és a sejtmagok tömegének ismeretében az elnyelt sejtmagdózis számítható.
- A dozimetria során legfontosabb paraméterek az adott csőben elbomló 218-as és 214-es tömegszámú polónium izotópszám, a cél sejtmag találati valószínűsége, illetve az egy találat során leadott energiamennyiség



A radon leányelemeket hordozó részecskék kiülepedési valószínűsége

- A leányelemek nagy része

kitapadt, azaz aeroszol részecskék felszínén utazik.

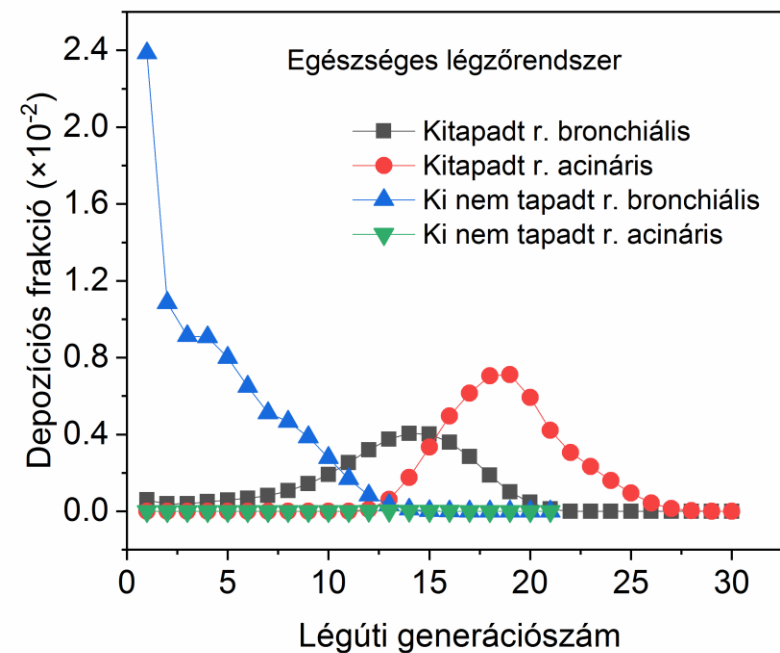
Ezek kiülepedési maximuma az acináris régióban van.

Jelentős hányadát kilélegezzük továbbá ezen részecskéknek.

- A **ki nem tapadt** leányelemek a kitapadtaknál jóval kisebb méretűek.

Sokkal **nagyobb a ki nem tapadt részecskék**

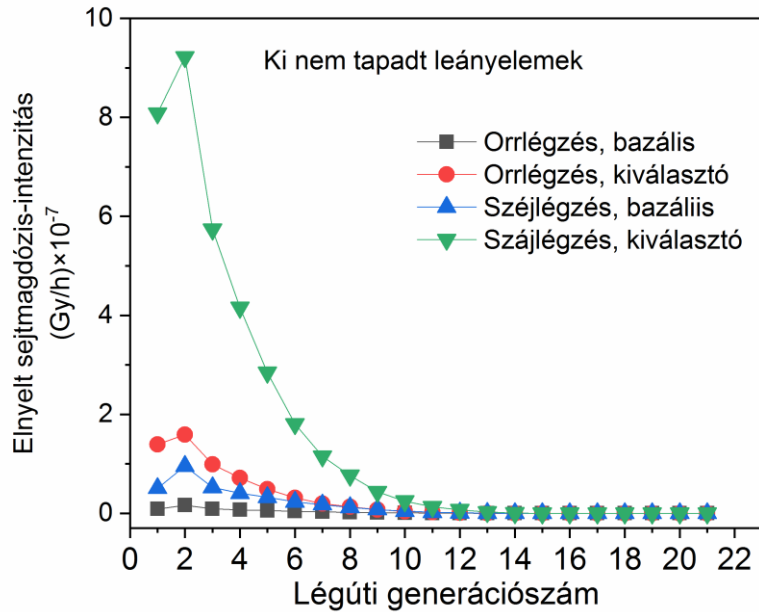
kiülepedési valószínűsége a centrális légutakban, mint a kitapadtaké.



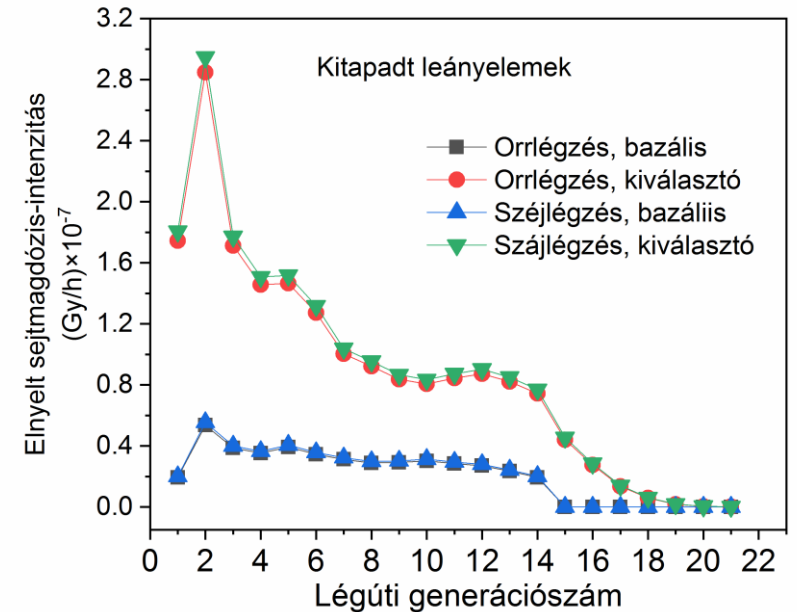
A légzési mód hatása az elnyelt sejtmag dózisokra

Az orr jó szűrő a ki nem tapadt leányelemekre
Orrlégzés esetén minimális az e leányelemekből származó terhelés

Az orr és a száj egyaránt kis valószínűséggel szűri ki a ki nem tapadt leányelemeket
Körülbelül azonos a két légzési módra számított sugárterhelés

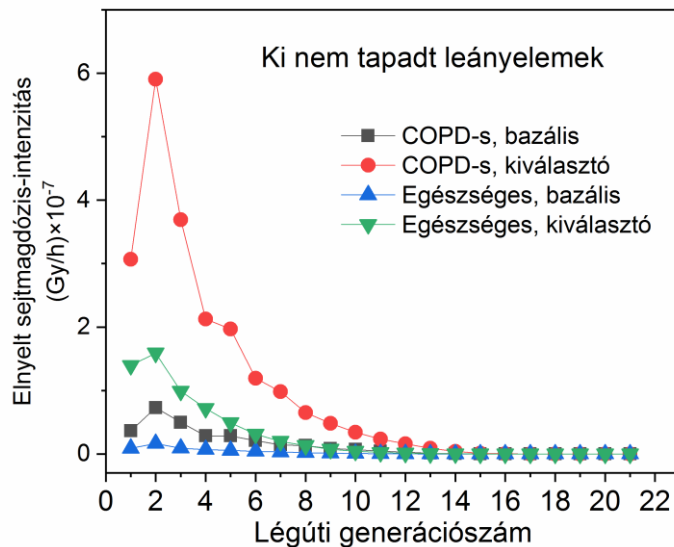


A ki nem tapadt leányelemek miatt a szájlégzők tüdejét sokkal nagyobb sugárdózis éri, mint az orrlégzők tüdejét

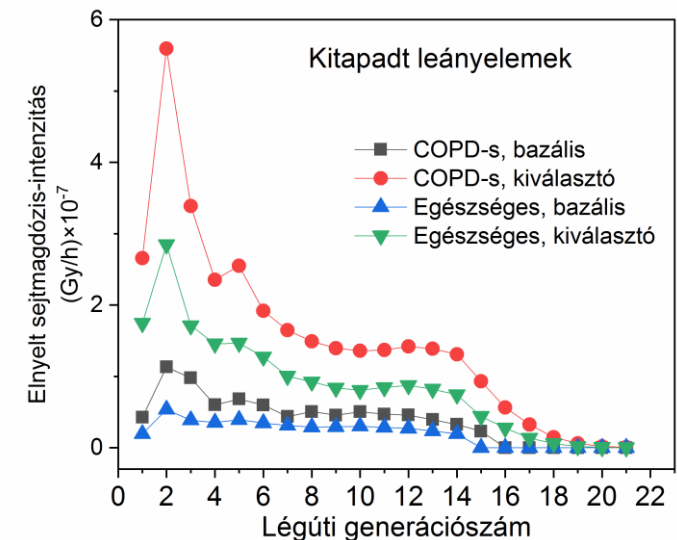


Az egészségi állapot hatása az elnyelt sejtmag dózisokra

- A légutak sugárterhelése sokkal nagyobb beteg (COPD-s) mint egészséges esetben
- Beteg légutak esetén megnő a kiülepedett izotópszám, a találati valószínűség illetve az egy találat során leadott energia is erősen nő az egészséges tüdőhöz képest



Légzőrendszeri megbetegedés esetén jelentősen megnőhet a légzőrendszer sugárterhelése



Összefoglalás

- A belélegzett radon leányelemek légzőrendszeri kiülepedéseloszlása és az alfa valamint béta bomlások okozta sugárterhelés erősen függ az adott egyén légzési módjától illetve légúti geometriájától
- A szájlégzők illetve a légzőrendszeri megbetegedésben szenvedők esetén a légzőrendszer sugárterhelése jelentős lehet.
- A várható biológiai hatás megfelelően pontos előrejelzéséhez egyénre szabható tisztulási illetve dozimetriai modellre van szükség.
- A Sztochasztikus Tüdőmodell Radact változata egyedülálló eszköz az egyének közötti variabilitás a légzőrendszer sugárterhelésére gyakorolt hatásának vizsgálatára.

Köszönöm a figyelmet!

