

ATOMERŐMŰVI KIBOCSÁTÁSOKBÓL SZÁRMAZÓ KÖRNYEZETI SUGÁRTERHELÉS BECSLÉSE

Kerekes Andor, Szabó Zsuzsa

Országos "Frederic Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi
Kutató Intézet

Bevezetés

Az ember, mint minden élőlény - anyagcserét folytatva, szoros kapcsolatban él környezetével, a bioszférával. A környezetbe kijutó radioaktív anyagok így egyrészt külső, másrészt az inaktív nuklidokhoz hasonlóan az emberi anyagcsere folyamatok révén a szervezetbe jutva, belső sugárterhelést is okozhatnak.

Az atomerőműből normál üzem esetén a szellőzőkéményen, illetve a melegvizcsatornán át kerülhet sugárzó anyag a levegőbe, és a felszíni vizekbe, pl. a Dunába. A nuklidok környezeti megjelenésétől az ember sugárterhelésének kialakulásáig vezető folyamatok három fő szakaszra bonthatók:

1. Terjedés a bioszféra közegeiben	2. Táplálékláncok	3. Emberi sugár- terhelés
--	----------------------	---------------------------------

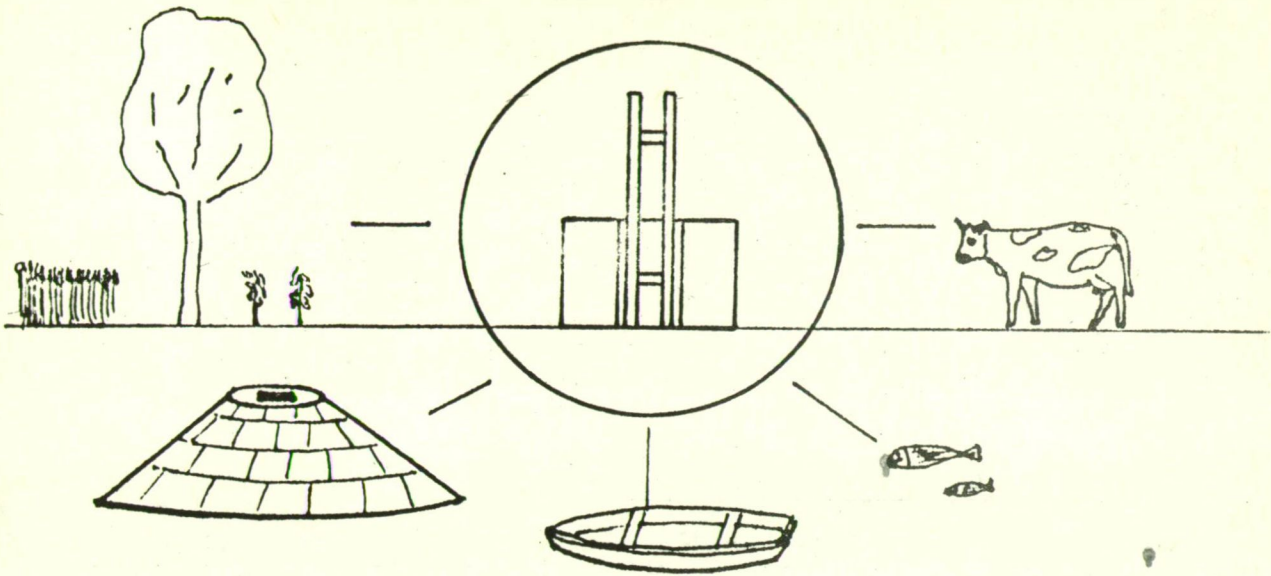
Általában a létrejövő sugárterhelés nagyságát a radionuklidok fizikai- kémiai jellemzői, környezetbe való kibocsátásuk helye, módja, intenzitása, valamint a táplálékláncok sajátosságai határozzák meg, a fogyasztási és környezethasznosítási adatokkal együtt. Előadásunkban a 2. szakasszal, a táplálékláncok vizsgálatával foglalkozunk.

A számítások eredményei információt nyújtanak a kibocsátási szintek meghatározásához, a balesetelhárítási intézkedési tervekhez, adott kibocsátás esetén az egyéni és kollektív dózisek becslését adják, továbbá előzetes adatokat szolgáltatnak a nukleáris létesítmény helyének kiválasztásához.

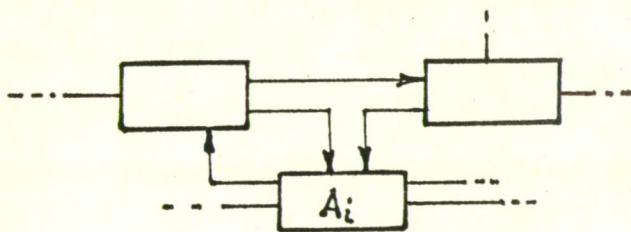
1. A matematikai modell, alapfogalmak

A környezetbe kijutott radionuklidok által okozott sugárterhelés néhány megvalósítási lehetőségét szemlélteti az 1. ábra.

A modellalkotáshoz a vizsgált környezeti rendszert részrendsze-
rekre, kompartmentekre bontjuk. Kézenfekvő lehetőség pl. a különböző
szintű élőlények ilyen kompartmentekké választása. Az egyes rekeszek
közötti összeköttetéseknek fizikailag lehetségeseknek, lényegeseknek
és jól meghatározott átviteli mechanizmust képviselőeknek kell len-
niük. Elsőrendű kinetikát feltételezve, általános esetben egy-egy
rekeszre a koncentráció hely- és időfüggését megadó parciális diffe-
renciálegyenlet írható fel /2. ábra/.
Mivel sem a bemenő adatként szereplő légköri és vízi aktivitás kon-
centrációk, sem az átviteli tényezők helyfüggését nem tudjuk egzaktul
megadni, ezért a gyakorlati megoldások valamilyen térbeli átlagolt
/pl. szektorra átlagolt/, állandó koncentrációk és átviteli tényezők
használatán alapulnak.



1. ábra. Az atomerőmű környezetének hasznosítása



$$\frac{\partial A_i(t, \bar{r})}{\partial t} = \sum_k \tau_{k,i}(t, \bar{r}) \cdot A_k(t, \bar{r}) - \left(\lambda + \sum_n \tau_{i,n}(t, \bar{r}) \right) \cdot A_i(t, \bar{r})$$

$$A_i(t, \bar{r}) = A_i = \text{áll.}$$

$$A_k(t, \bar{r}) = A_k = \text{áll.}$$

$$\tau_{k,i}(t, \bar{r}) = F_{k,i} = \text{áll.}$$

$$\tau_{i,n}(t, \bar{r}) = F_{i,n} = \text{áll.}$$

CF MÓDSZER

$$A_i(t, \bar{r}) = A_i(t)$$

$$A_k(t, \bar{r}) = A_k(t)$$

$$\tau_{k,i}(t, \bar{r}) = \tau_{k,i} \left(\begin{array}{c} \square \\ \square \end{array} \right)$$

$$\tau_{i,n}(t, \bar{r}) = \tau_{i,n} \left(\begin{array}{c} \square \\ \square \end{array} \right)$$

SA MÓDSZER

2. ábra. A kompartmentek közötti átmenetek leírása

További egyszerűsítések tehetők az időfüggésre vonatkozóan is. Csak egyensúlyi állapotokat vizsgálva, és az átviteli tényezőket időben állandónak tekintve, a koncentráció faktor /CF/ módszerhez jutunk. Ha az aktivitás koncentrációk időbeli változását nem hanyagoljuk el, és az átviteli tényezők időben diszkrét értékeket vehetnek fel, akkor a rendszer analízis /SA/ módszert kapjuk. A CF módszer egyszerűbb matematikai apparátust igényel, de a megoldás lényegesen információszegényebb. Az SA alkalmazása lineáris differenciál-egyenlet rendszer megoldását igényli, azonban így figyelembe vehetők a kompartmentek közötti dinamikus visszahatások is, az időfüggő megoldás pedig értékes információkat nyújthat pl. a balesetelhárítási intézkedési tervhez.

2. A táplálékláncok komplex modellje

Az előző fejezetben leírtak alapján létrehozott, az atomerőművi kibocsátások eredményeként emberi sugárterheléshez vezető környezeti folyamatokat összesítő modell látható a 3. ábrán, példaként a CF módszer alkalmazására. Az irodalomban általában külön kezelt szárazföldi és vízi táplálékláncok több ponton is kapcsolódnak /pl. az adott radionuklid eredő vízi koncentrációja, stb./, ezért célszerű és indokolt a két lehetséges modell egyesítése. Az SA modell lényegében ugyanezeket a kompartmenteket tartalmazza, azonban ebben az esetben egyes rekeszek között kétirányú összeköttetés is felvehető, tehát a visszahatási folyamatok figyelembe vételével a valóságos jelenségek jobb közelítését kapjuk.

Az I. táblázatban megadjuk a koncentráció faktor módszerrel, jó részt hazai fogyasztási és környezethasznosítási adatokkal számolt, néhány fontosabb radionuklid által okozott éves sugárterhelést, egésztestre vonatkozóan, Sv egységben. A kiindulási értékeként felvett légköri és vízi koncentrációkat a paksi atomerőmű első két blokkjára tervezett kibocsátási adatokból határoztuk meg.

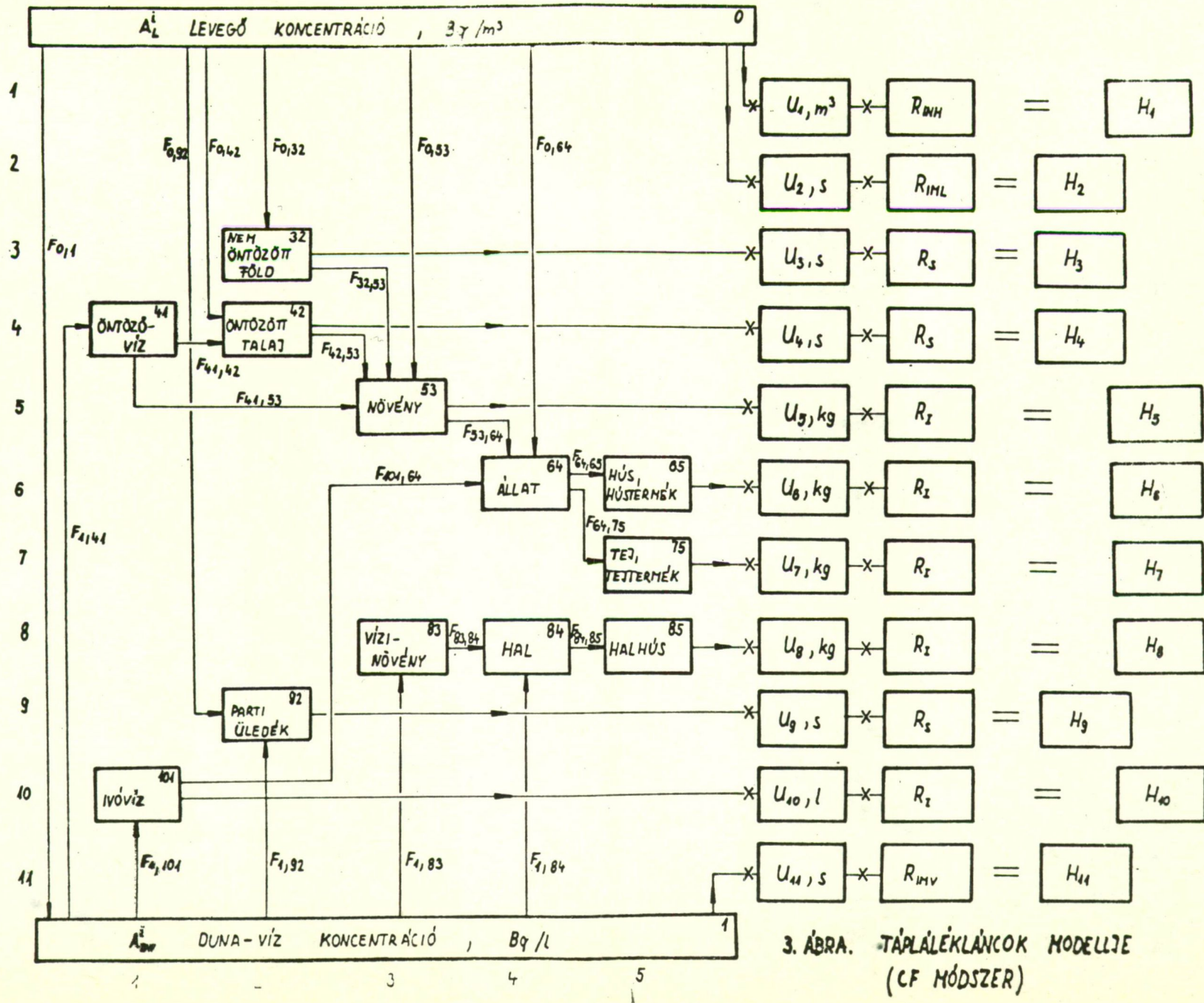
A táblázat segítségével adott paraméterek mellett megkereshetők egy-egy radionuklidra a legnagyobb dózisterhelést adó besugárzási utvonalak, valamint felmérhető az egyes radionuklidok "veszélyessége" is. Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy a fogyasztási és hasznosítási adatok természetesen jelentősen befolyásolják előbbi megállapításainkat.

3. A kollektív dózis meghatározási lehetőségei

Elméletileg a népesség adott csoportjának sugárterhelése a következőképpen számolható:

$$H_{\text{koll}} = \sum_p H_p \quad (3.1)$$

azaz a népességcsoport minden egyes tagjának sugárterhelését összegeznünk kell. Mivel a gyakorlatban a populáció egyes egyedeinek sugárterhelése - az előző fejezetekben tárgyaltak szerint - nem határozható



3. ÁBRA. TÁPLÁLÉKLÁNCOK MODELLJE (CF MÓDSZER)

R a d i o n u k l i d o k

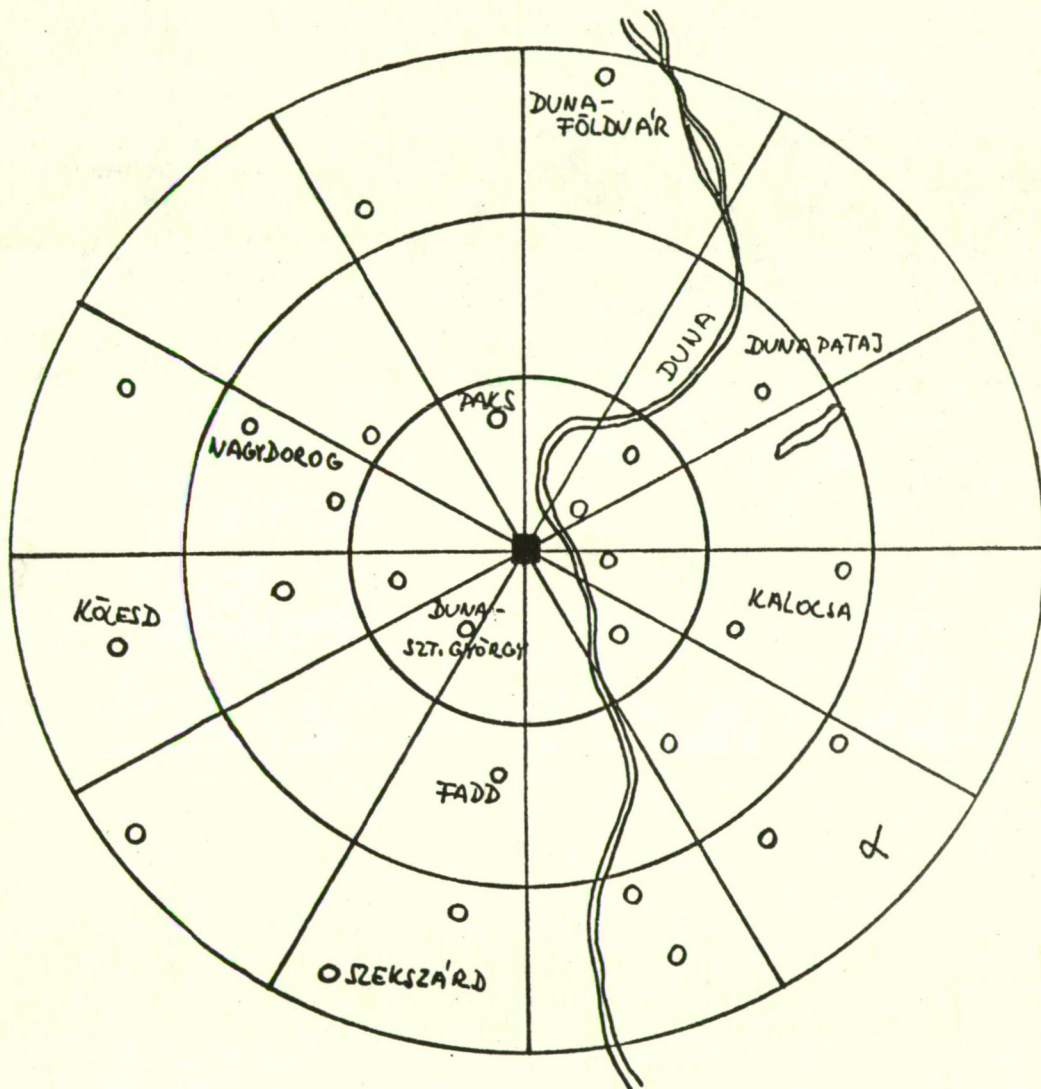
Aktivitás konc.	H-3	Sr-90	I-131	Cs-134	Cs-137	Xe-133
levegőben [Bq/m ³]	3.3E-03	4.4E-09	1.8E-04	4.7E-07	5.9E-06	3.5E+01
Dunavízben [Bq/l]	1.7E+03	1.3E-06	4.5E-05	1.1E-07	2.7E-06	0.0E+00
<u>Besugárzási útvonalak</u>						
Belégzés	1.0E-09	7.9E-12	1.1E-09	1.0E-10	7.5E-10	1.5E-05
Bemerülés /levegőbe/	0.0	0.0	-	-	-	1.7E-06
Munka szabadban	0.0	0.0	2.9E-09	4.4E-10	2.2E-09	0.0
Munka önt. földiken	0.0	0.0	1.9E-09	3.0E-10	1.5E-09	0.0
Növényi termékek	9.3E-06	9.4E-13	1.1E-11	3.2E-09	3.1E-08	0.0
Húsfogyasztás	2.2E-06	1.8E-14	2.8E-11	9.9E-10	9.5E-09	0.0
Tej, tejtermékek	5.7E-06	3.3E-13	1.1E-10	8.9E-10	8.6E-09	0.0
Halfogyasztás	8.3E-08	9.6E-14	1.6E-11	3.0E-10	2.8E-09	0.0
Napozás vízparton	0.0	0.0	4.7E-15	9.4E-12	5.7E-11	0.0
Ivóvíz	1.4E-05	3.7E-13	6.5E-12	4.7E-11	4.3E-10	0.0
Csónakázás	0.0	0.0	4.7E-13	6.3E-14	3.0E-13	0.0
Úszás	0.0	0.0	1.8E-12	1.5E-13	7.3E-13	0.0

I. táblázat. Néhány fontosabb radionuklid által okozott éves sugárterhelés egészsztestre, Sv

meg, ezért egyes csoportokra vonatkozó átlagokkal kell számolnunk. Tehát 3.1 helyett:

$$H_{koll} = \sum_{\alpha, \beta, \gamma} H^{\alpha, \beta, \gamma} \cdot N^{\alpha, \beta, \gamma} \quad (3.2)$$

ahol $H^{\alpha, \beta, \gamma}$ az α térrészben /pl. szektorban, ld. 4. ábra/ élő, β népességcsoportba, γ táplálkozási csoportba tartozók átlagos sugárterhelése, $N^{\alpha, \beta, \gamma}$ pedig ezen szubcsoportba osztható személyek száma.



4. ábra. Kollektív dózis meghatározása szektor felbontással

Az egyes szektorok közötti táplálékforgalom - amely lényegesen módosíthatja az átlagos sugárterheléseket - megfelelő fogyasztási hányadok bevezetésével nyomon követhető, vagy első közelítésben el is hanyagolható. Elvileg is más felfogást jelent az, ha az adott szektor-

ban megtermelt élelmiszer elfogyasztásából származó kollektív dózist számoljuk, tekintet nélkül arra, hogy ténylegesen kik kapták meg azt. Természetesen a konkrét probléma dönti el azt, hogy melyik megoldást kell alkalmaznunk.

Irodalom

Az atomerőművek létesítésével kapcsolatos környezeti vizsgálatok III. /Budapest, 1980/

ICRP 29. Radionuclide Release into the Environment: Assessment of Doses to Man, Pergamon Press, 1978.

Killough, G.G.: A Methodology for Calculating Radiation Doses from Radioactivity Released to the Environment, ORNL - 4992, 1976.

MNK Szakértői Biz.: A Duna radioaktív szennyezettsége révén a lakosságot érő sugárterhelés egyéni és kollektív dózisának becslése /Módszertani javaslat, KGST AAB. SB-TMT, 1981/

NUREG 1.109. Calculation of Annual Doses to Man from Routine Releases of Reactor Effluents for the Purpose of Evaluating Compliance with 10 CFR 50, US NRC, 1970.

Paksi Atomerőmű I. blokk. Üzembehelyezést Megelőző Biztonsági Jelentés. 1.2. MVMT-ERŐTERV, 1982.