

Tríciumkimosódás kimutatása és modellezése a Paksi Atomerőmű környékén

Palcsu László, Köllő Zoltán, Major Zoltán, Papp László,
Molnár Mihály

ATOMKI, Debrecen

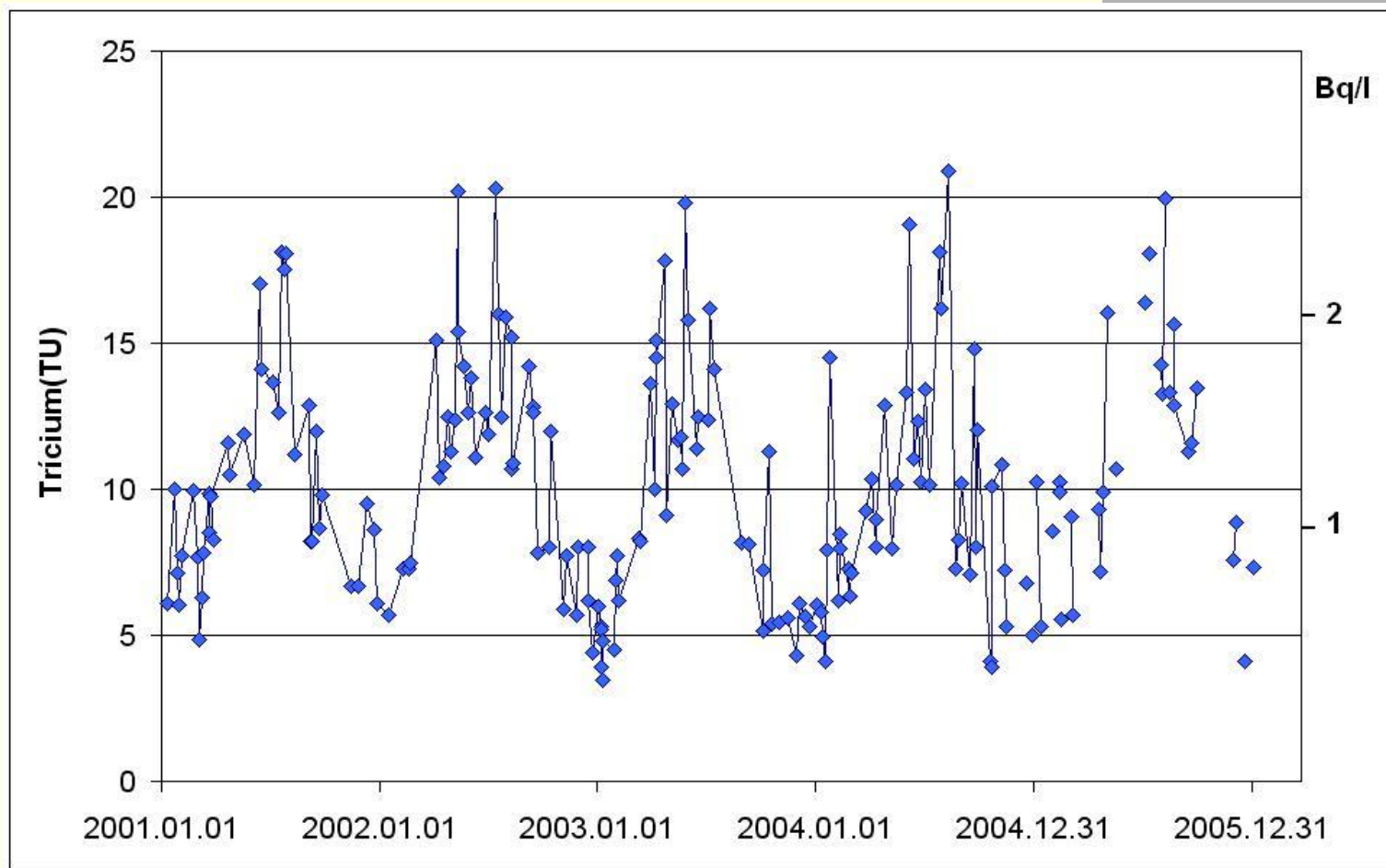
Ranga Tibor, Dombóvári Péter, Manga László

Paksi Atomerőmű Zrt.

Trícium

- A hidrogén radioaktív izotópja
 - $T_{1/2} = 12,32$ év
 - β^- -bomló
 - Maximális β -energia 18,6 keV
 - Kozmogén izotóp
 - Természetes szint a csapadékban 1-2 Bq/liter (2001 után)
 - Antropogén forrásból is származik

Trícium a csapadékvízben (Debrecen)



A vizsgálódás céljai:

- Látszik-e az erőmű környékén esett esővízben a kéményekből kiáramló $\sim 80\text{kBq/s}$ trícium hatása
- Ha igen, milyen távolságra érződik ez a hatás?



Korábbi kutatások

- Dana et al. (1978):
 - Mesterséges HTO forrás
 - Kibocsátási ráta: 12,2 MBq/s
- Papadopoulos et al. (1986), Tokuyama et al. (1995); Kim et al. (1997):
 - Hosszútávú átlagok (havi, éves)
 - A csapadék tríciumtartalma korrelál az emisszióval
- Alacsony emissziójú erőmű környékén még nem vizsgálták a közvetlen tríciumkimosódást.

Esővízmintázás

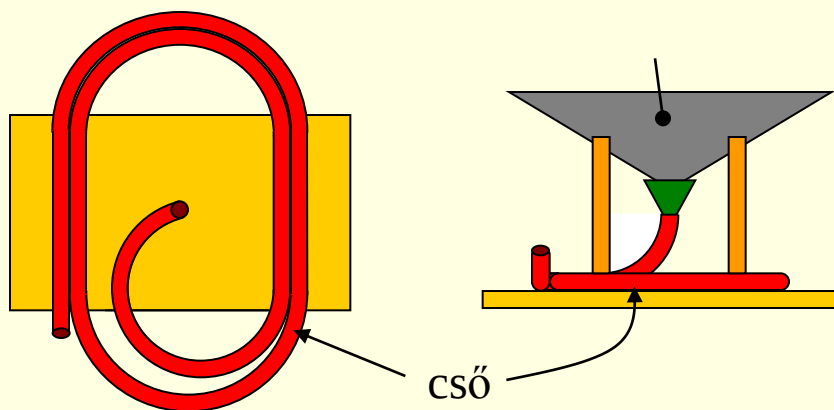


2011.06.08.

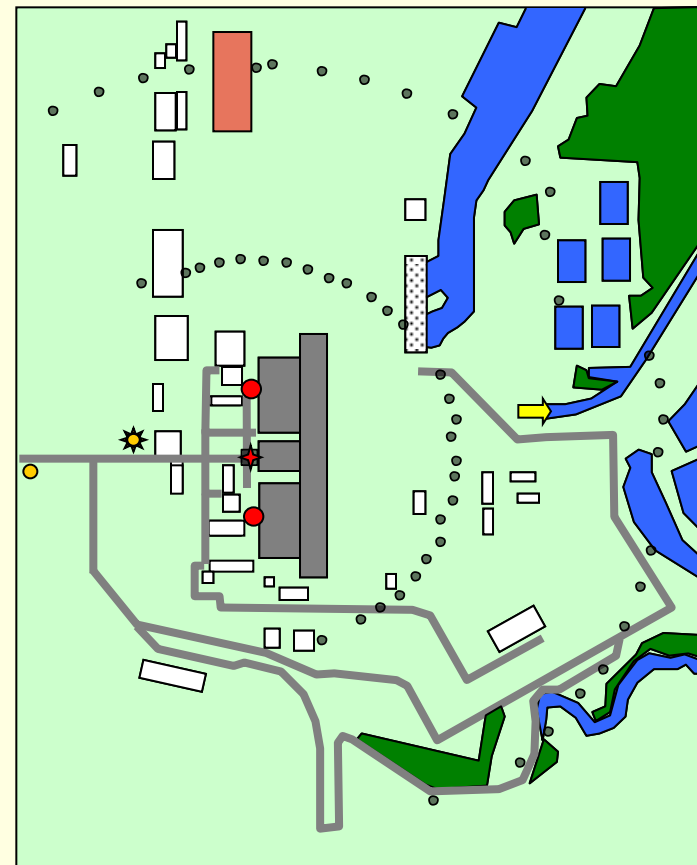
Palcsu L.: Tríciumkimos
Sugárvédelmi Tanfolyam, Hajó

Esővízmintázás

Esővízmintázók (56 darab)



Sampling locations:



Esővízmintázás



2011.06.08.

Palcsu L.: Tríciumkimosódás Pakson,
Sugárvédelmi Tanfolyam, Hajdúszoboszló 2011

Esővízmintázás



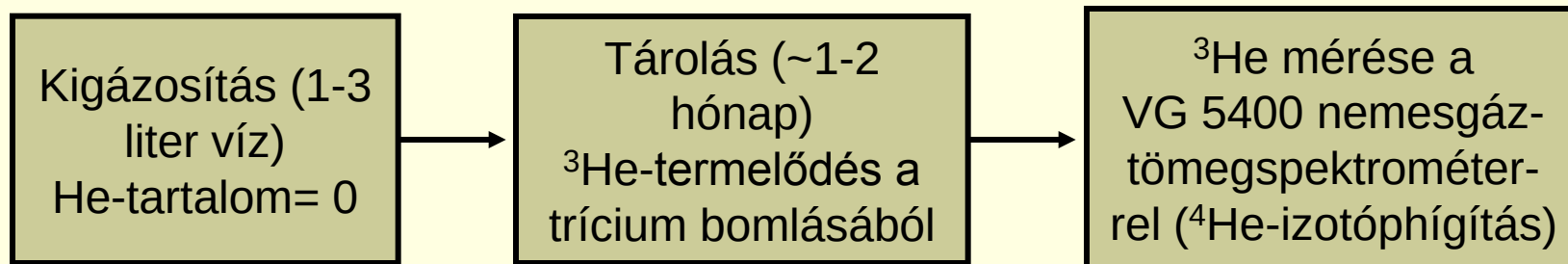
2011.06.08.

Palcsu L.: Tríciumkimosódás Pakson,
Sugárvédelmi Tanfolyam, Hajdúszoboszló 2011

Tríciummérési módszerek

- Folyadékszintillációs számlálás:
 - Wallac 1220 Quantulus low level LSC
 - Kimutatási határ: 1,7 Bq/l, bizonytalanság: 0,5 Bq/l

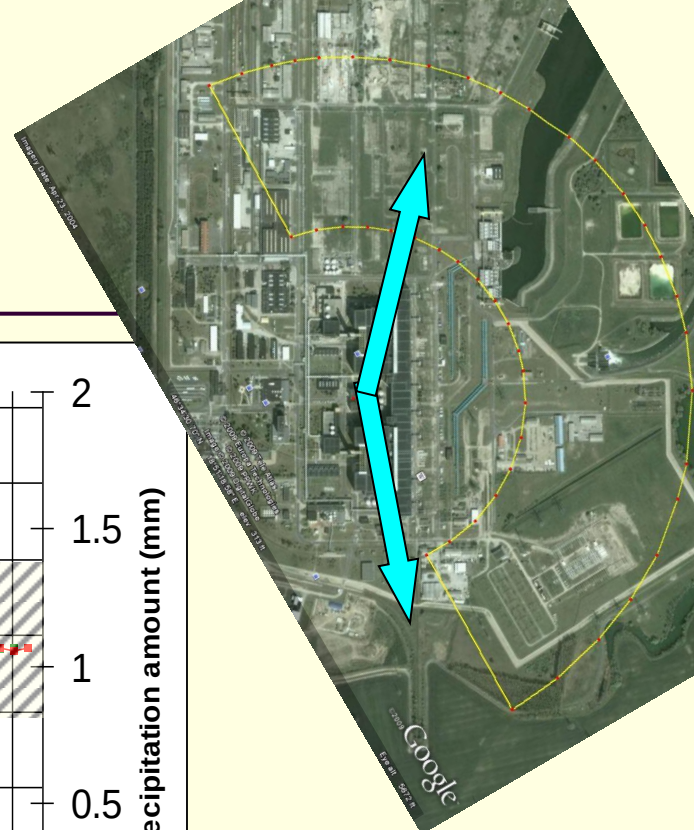
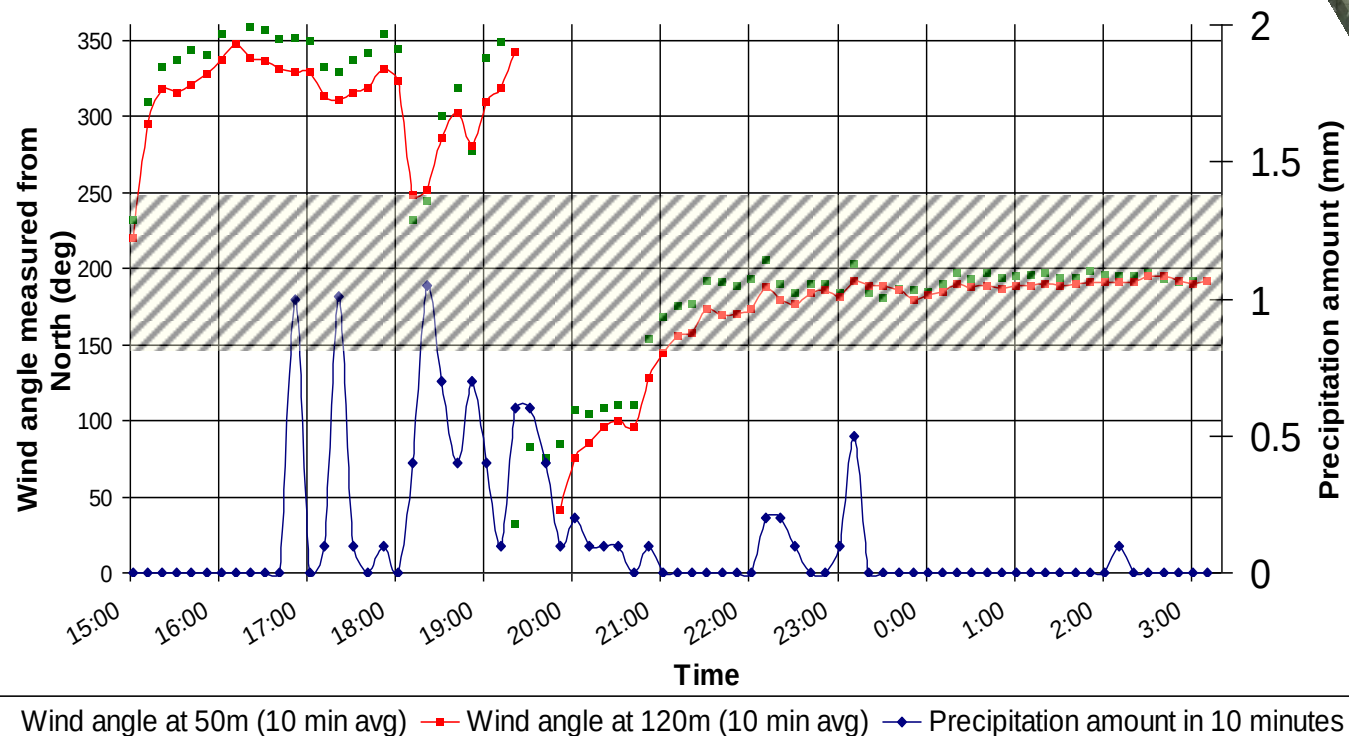
- ^3He -módszer:



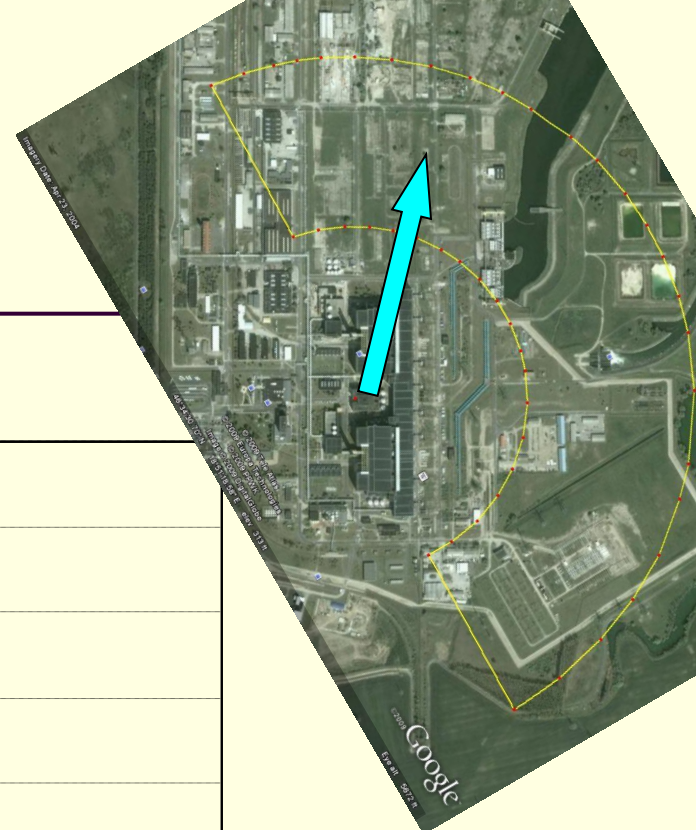
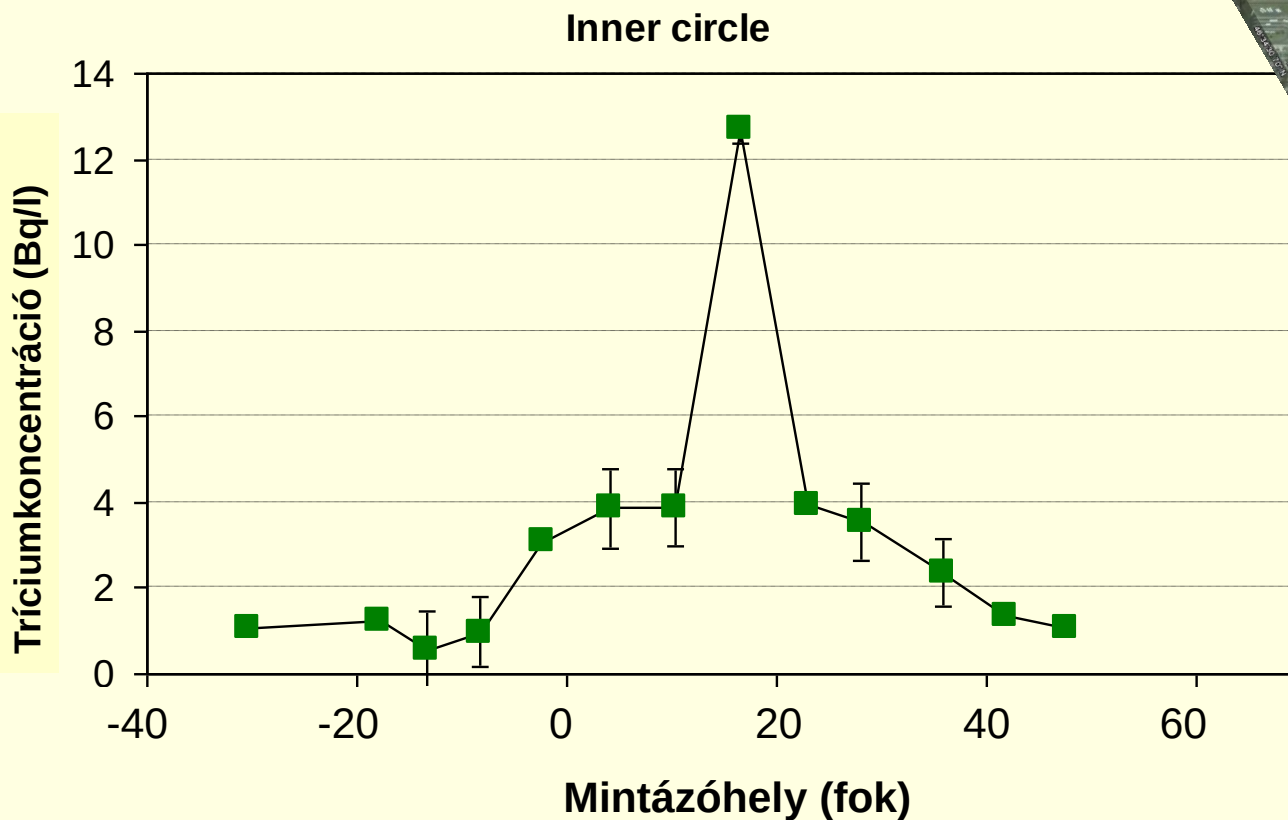
- Kimutatási határ: ~0,003 Bq/l
- Bizonytalanság: 2,4% (0,1 Bq/l felett)

Kedvező csapadékesemény

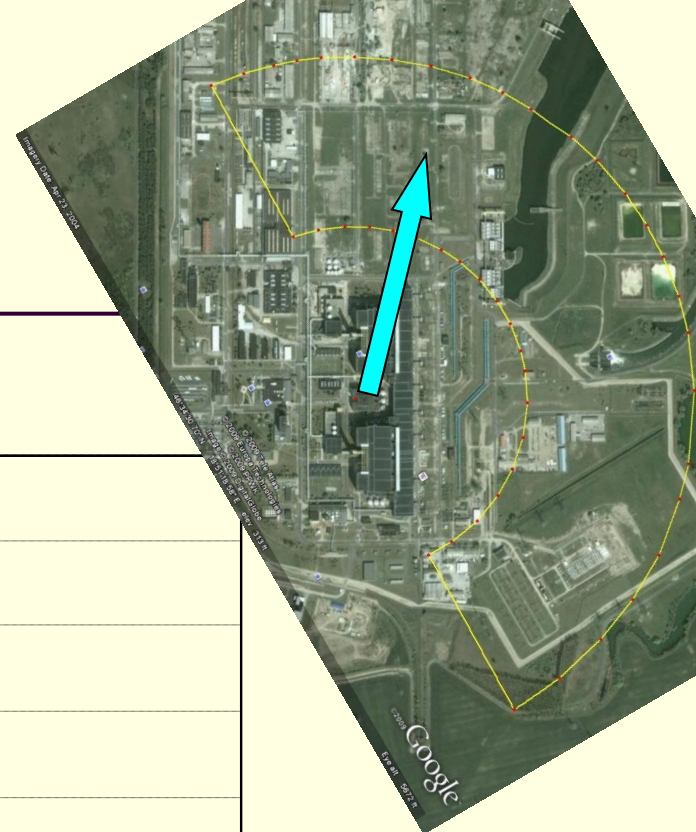
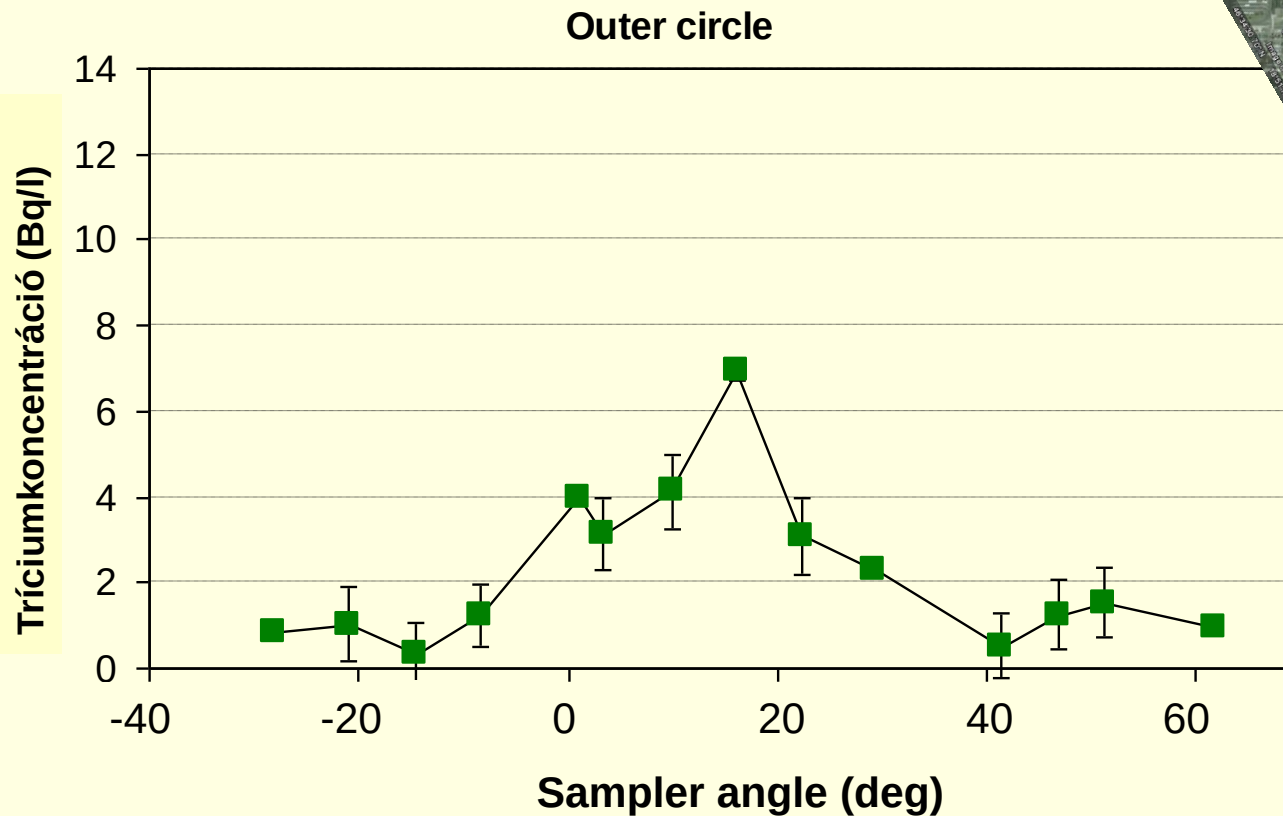
2009. június 7-8



Mérési eredmények: Belső kör



Mérési eredmények: Külső kör



Tríciumkimosódási modell

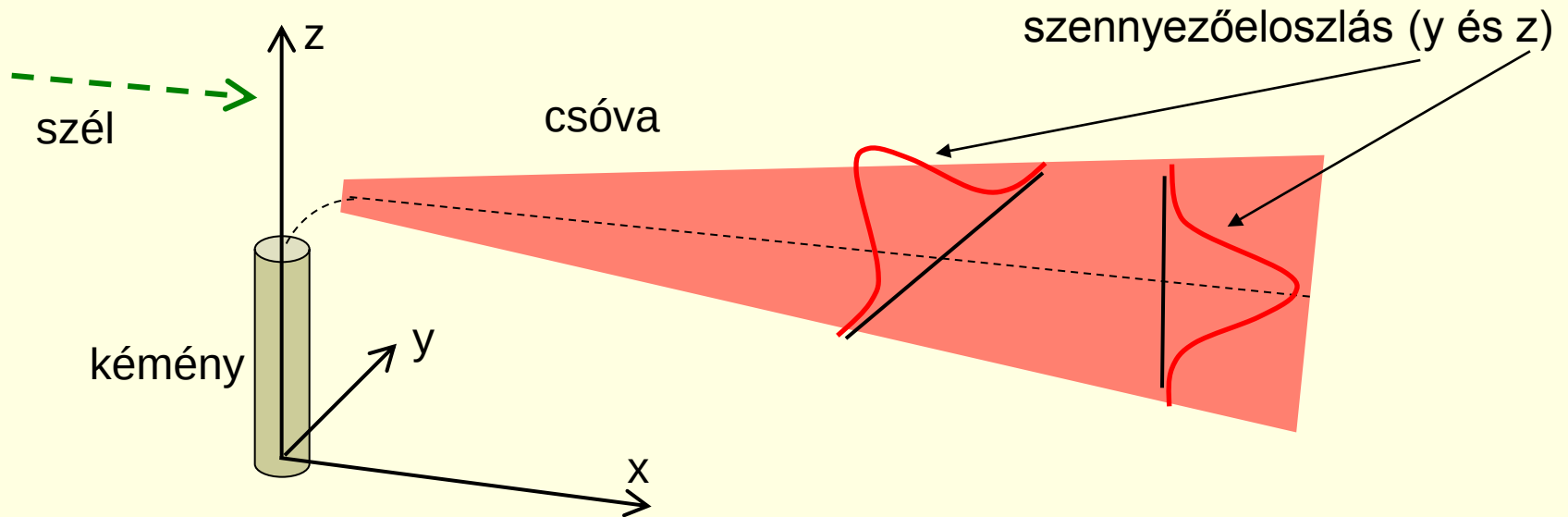
Reverzibilis kimosódási modell Hales (2002) alapján

Feltételezések:

- Gauss-féle csóva
- Homogén, függőleges csapadékhullás
- Reverzibilis kimosódás
- Konstans emisszió
- Elhanyagolható csóvahígulás (Renne et al. 1975)
- Sík terep (pl. nincs épület)

Tríciumkimosódási modell

■ Szennyezőkoncentráció a levegőben (Gauss-csóva):



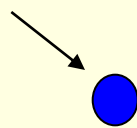
$$y_{Ab} = \frac{QF}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left\{ \exp\left[-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} + y_{Ab|bkg} \quad (1)$$

Tríciumkimosódási modell

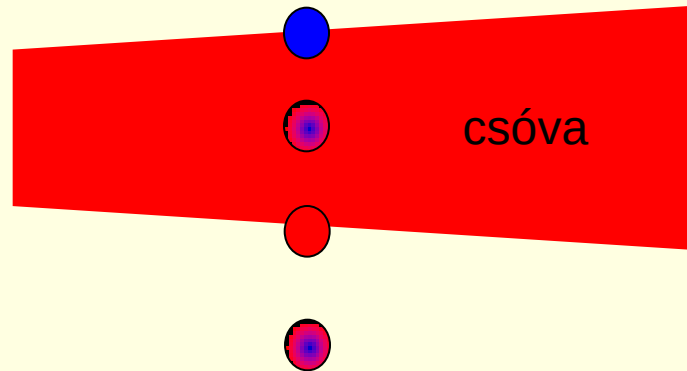
■ Koncentrációváltozás az esőcseppben:

$$\frac{dc}{dz} = K \cdot [y_{Ab} - H'c] \quad (2)$$

esőcsepp

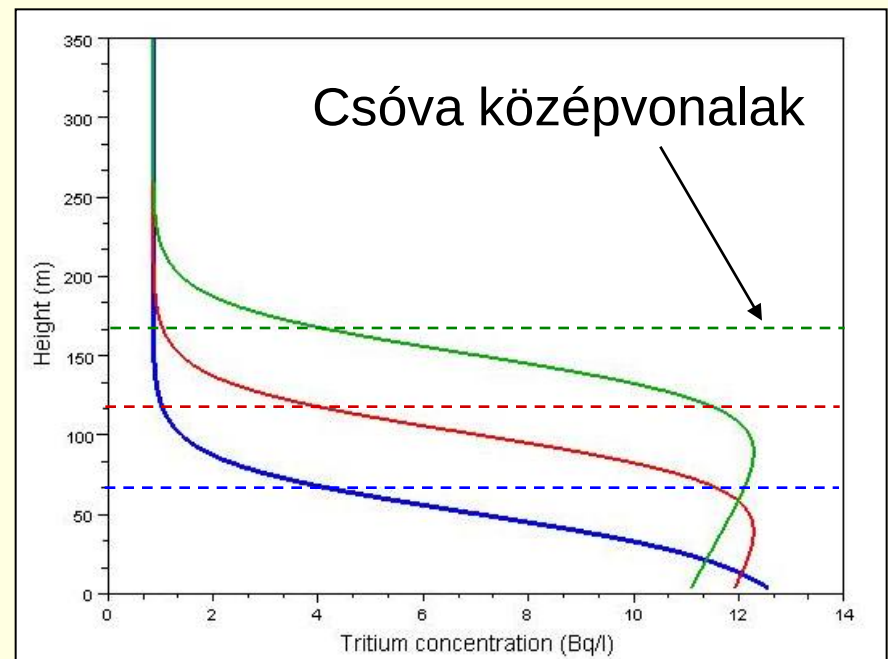


tömeg
transzfer-
koefficiens

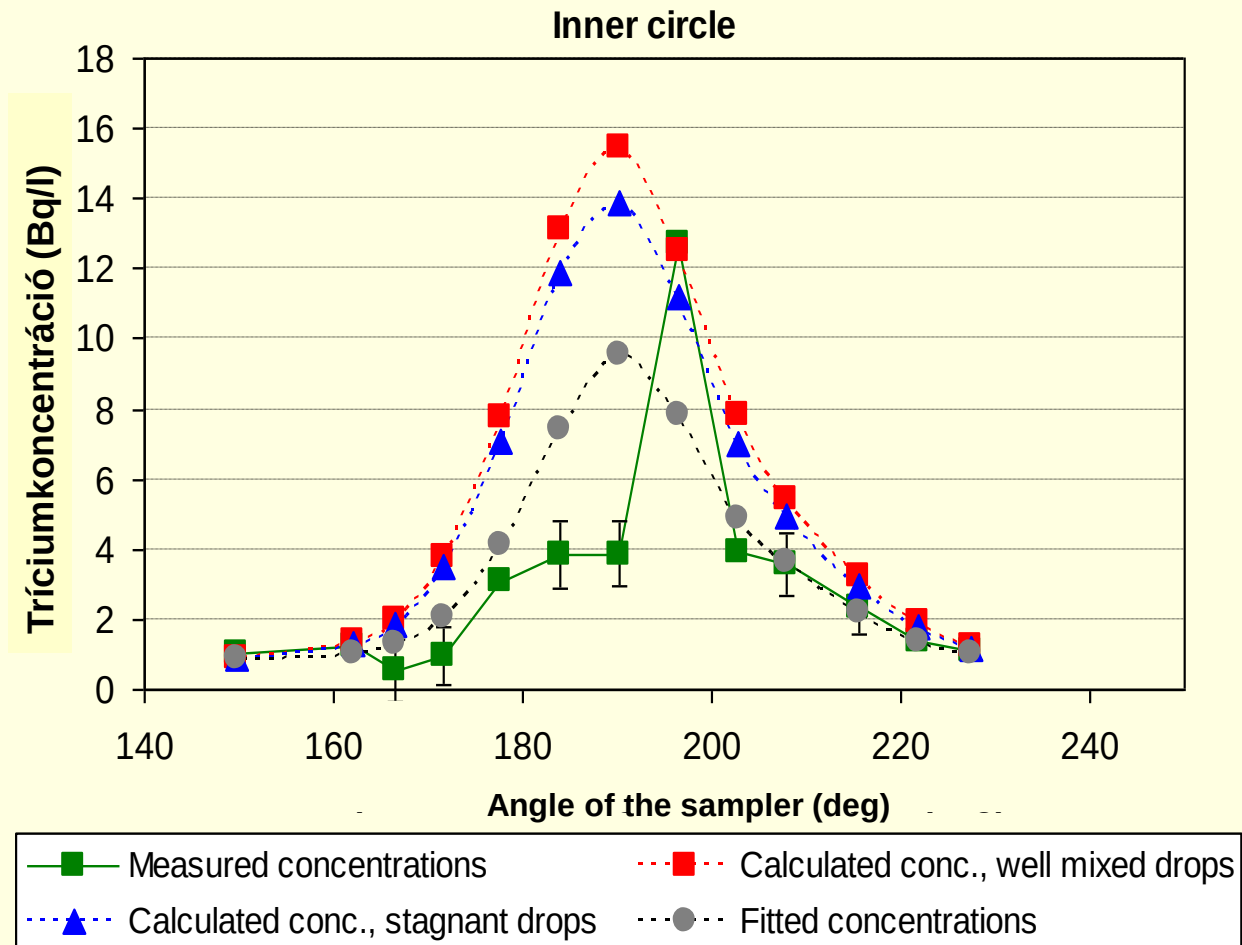


csóva

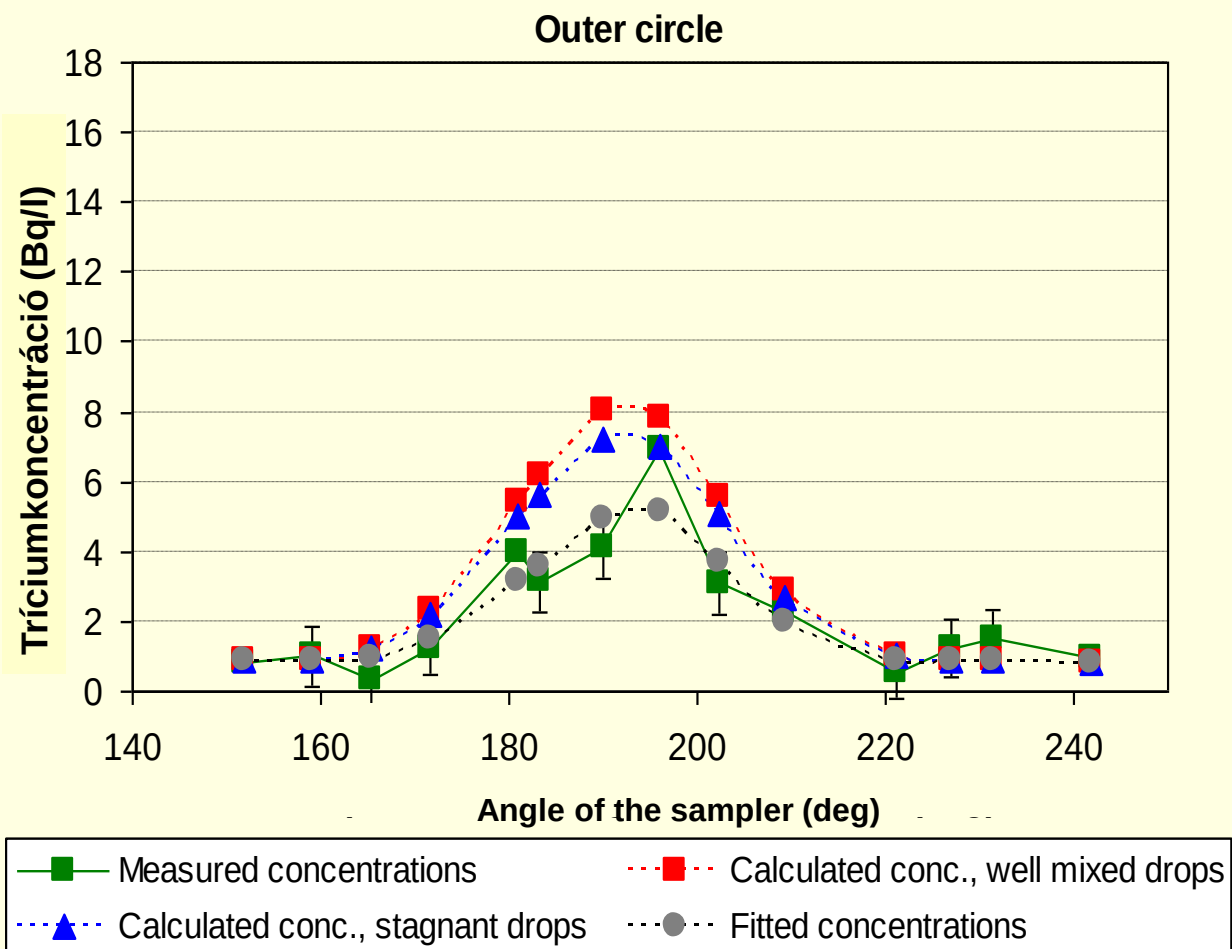
(2)-t és (1)-et megoldva
→ Koncentráció vs.
magasság



Tríciumkimosódási modell

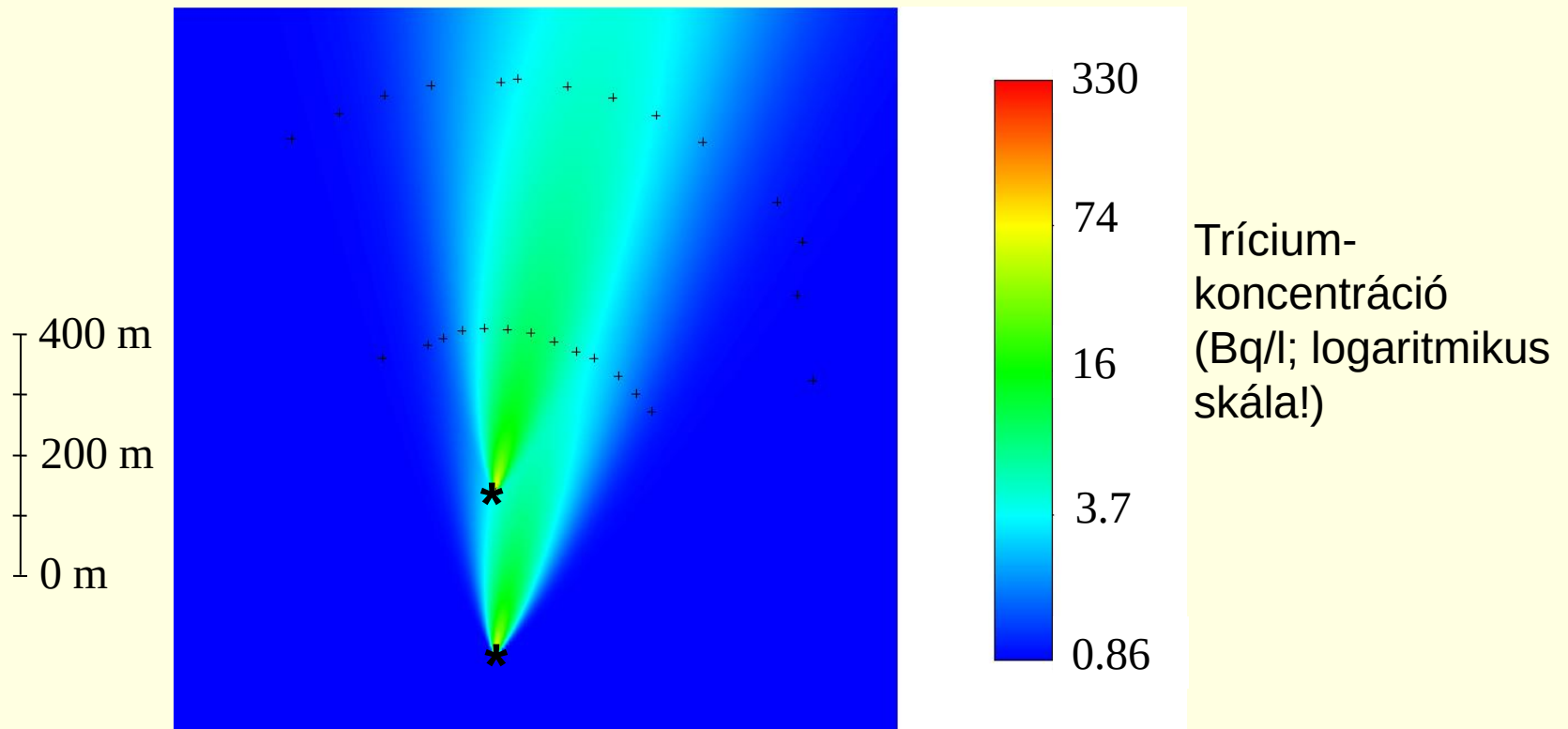


Tríciumkimosódási modell



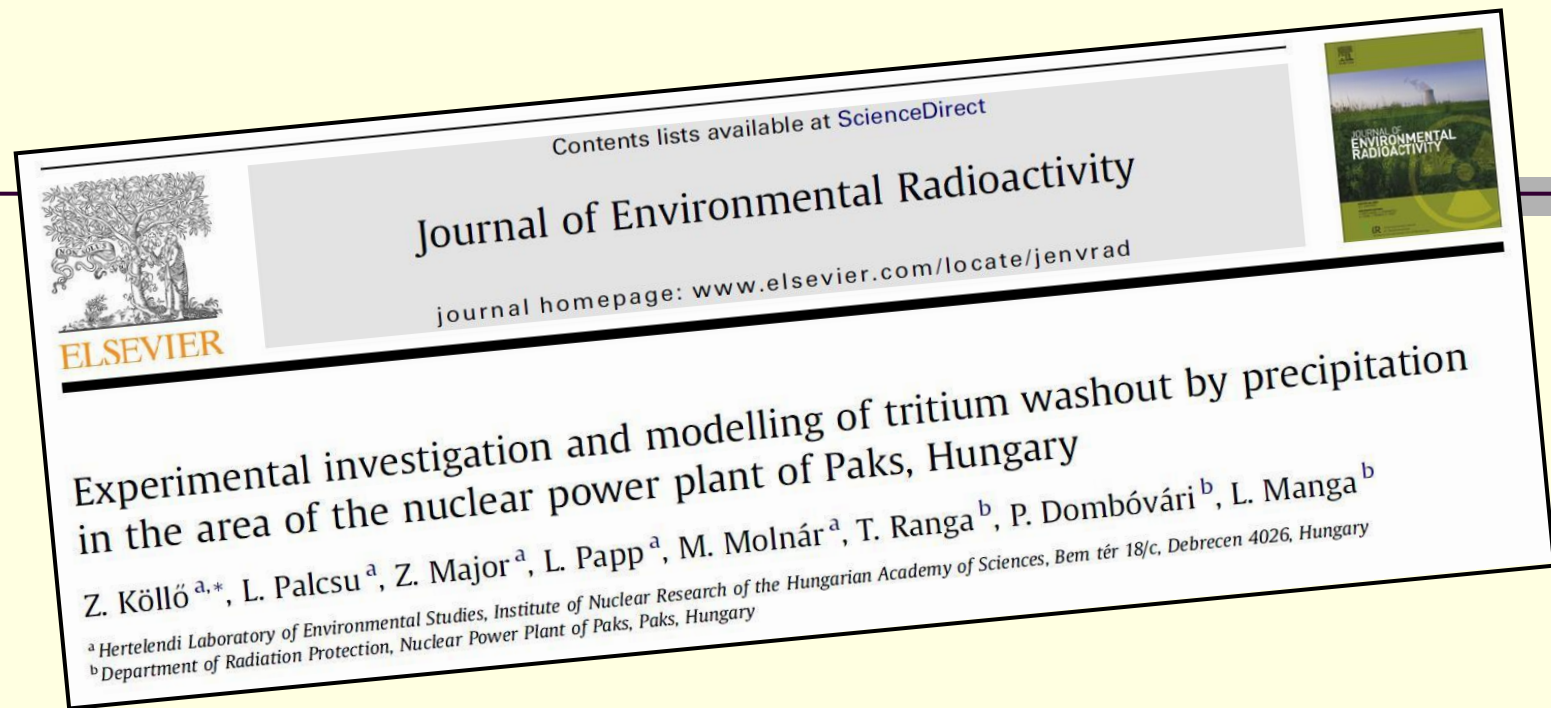
Tríciumkimosódási modell

Koncentrációtérkép az erőmű körül



Konklúzió

- A tríciumcsóva tisztán látszik az erőmű közelében hullott (400-800 m) esővízben.
- Az esővíz tríciumtartalma a természetes szintet (0,86 Bq/l) ~20-szorosán (400 m), illetve ~10-szeresen haladja meg.
- A reverzibilis kimosódási modell elfogadhatóan visszaadja a mért koncentrációkat.
- Az esővíz tríciumkoncentrációja 5 km-en belül eléri a természetes szintet (0,86 Bq/l).



Köszönöm a figyelmet!

References

- M. T. Dana et al. (1978): *Rain scavenging of tritiated water (HTO): a field experiment and theoretical considerations*
in: Atmospheric Environment Vol. 12, pp. 1523-1529.
- J. M. Hales (2002): *Wet removal of pollutants from Gaussian plumes: Basic linear equations and computational approaches*
in: Journal of applied meteorology Vol. 41, pp. 905-918
- Kim et al. (1998): *Environmental tritium in the areas adjacent to Wolsong nuclear power plant*
in: J. Environ. Radioactivity, Vol. 41, No. 2, pp. 217–231
- Papadopoulos et al. (1986): *Contamination of precipitation due to tritium release into the atmosphere*
Radiation Protection Dosimetry, Vol. 16, No. 1–2, pp. 95–100

Tritium washout model

Equations:

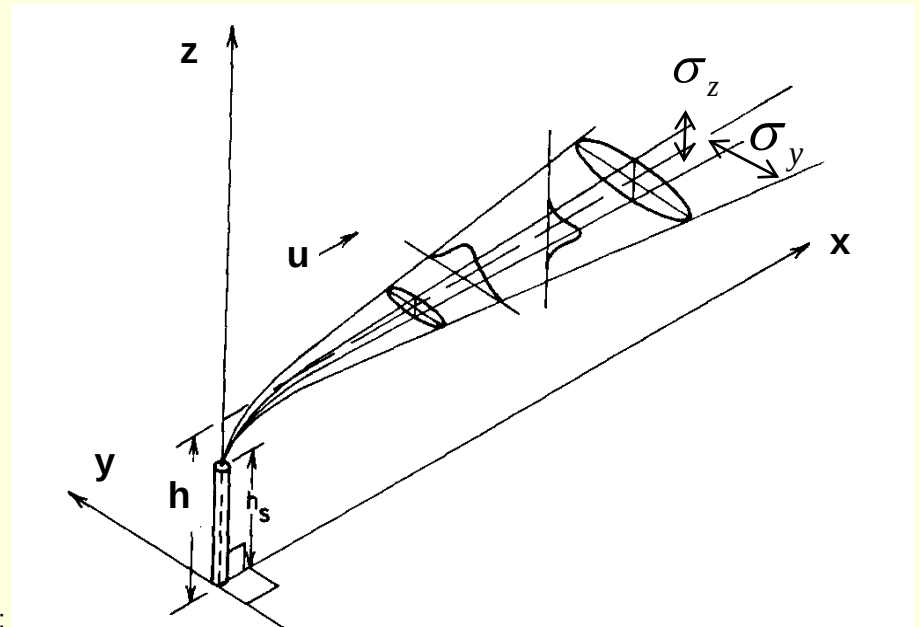
■ Pollutant concentration in air (Gaussian plume):

$$y_{Ab} = \frac{QF}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left\{ \exp\left[-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} + y_{Ab|bkg} \quad (1)$$

Q : source strength (cm³/s of pollutant gas at ambient temperature and pressure)

F : depletion factor (=1 in our model)

$\sigma_{y,z}$: plume spread (half-height width of the Gaussian curve)



Tritium washout model

■ Concentration change in a raindrop:

$$\frac{dc(a, z)}{dz} = \frac{3K_y(a)}{v_z(a)a} [y_{Ab} - H'c(a, z)] \quad (2)$$

K_y : mass transfer coefficient

v_z : raindrop fall velocity

a : raindrop radius

H' : solubility parameter

Solving (2) with (1) →
concentration vs. height

