

Możliwości zastosowania dozymetrii promieniowania mieszanego $n+\gamma$

mgr inż. Iwona Pacyniak

Dr Maria Kowalska, Dr inż. Krzysztof W. Fornalski

i.pacyniak@clor.waw.pl

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej

Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki



Skorzęcin, 19.06.2015 r.

Wprowadzenie

- Czym jest promieniowanie mieszane?
- Dozymetria biologiczna
- Metody wyznaczenia dawki
 - Metoda iteracyjna
 - Statystyka bayesowska
- Wyniki
- Podsumowanie
- Bibliografia



Wprowadzenie



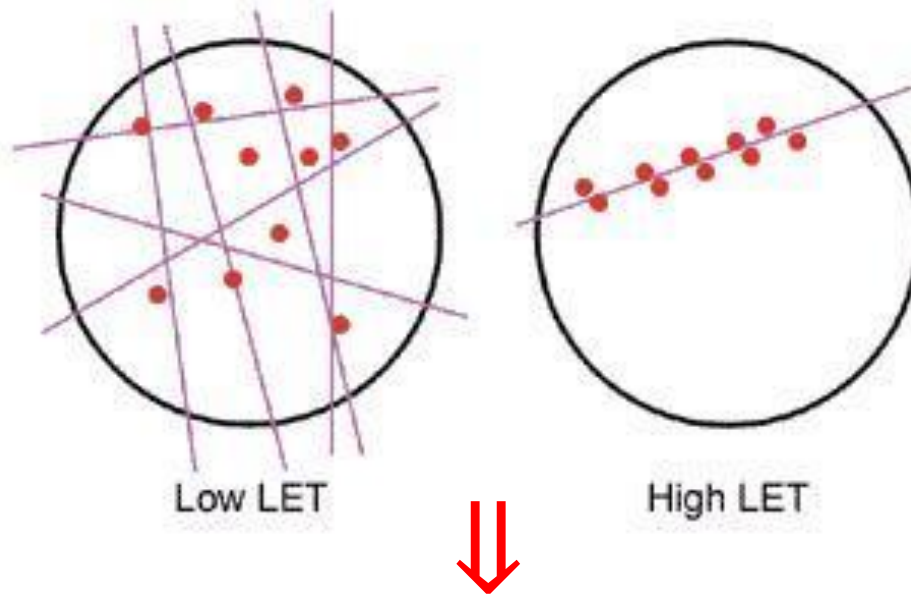
Promieniowanie mieszane

Promieniowanie składające się z co najmniej dwóch rodzajów cząstek o różnej efektywności biologicznej:

np. neutrony + promieniowanie γ



Promieniowanie mieszane



Potrzeba wyznaczenia nie tylko całkowitej dawki pochłoniętej, ale także dawki od neutronów i dawki od promieniowania gamma.



Dozymetria promieniowania mieszanego

- Pomiar fizyczny (komory rekombinacyjne)
- Niezamierzone napromieniowanie, wypadek...brak dawkomierzy ⇒ **dozymetria biologiczna**



Dozymetria biologiczna

- Metoda określania dawki pochłoniętej w organizmie człowieka na podstawie skutków, jakie wywołuje promieniowanie jonizujące.

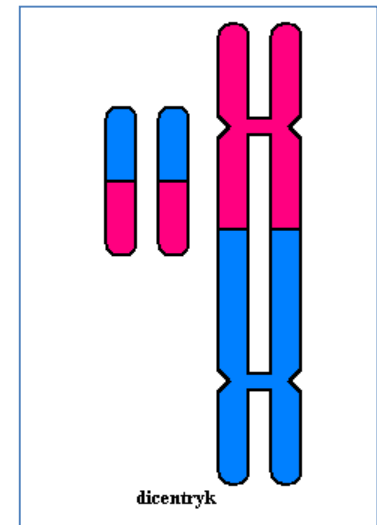
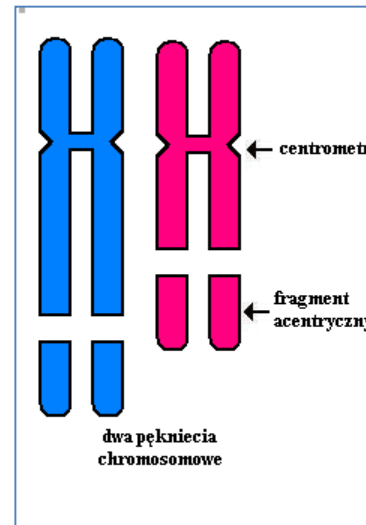


Dozymetria biologiczna

- Analizuje efekty wywołane promieniowaniem jonizującym w organizmie, na poziomie DNA, które są proporcjonalne do dawki.
- Wykorzystuje wiele biomarkerów do określania dawki pochłoniętej. Najczęściej wykorzystywane są chromosomy dicentryczne.
- W odróżnieniu od pomiarów fizycznych bierze pod uwagę wrażliwość osobniczą.



Dozymetria biologiczna



Dozymetria biologiczna

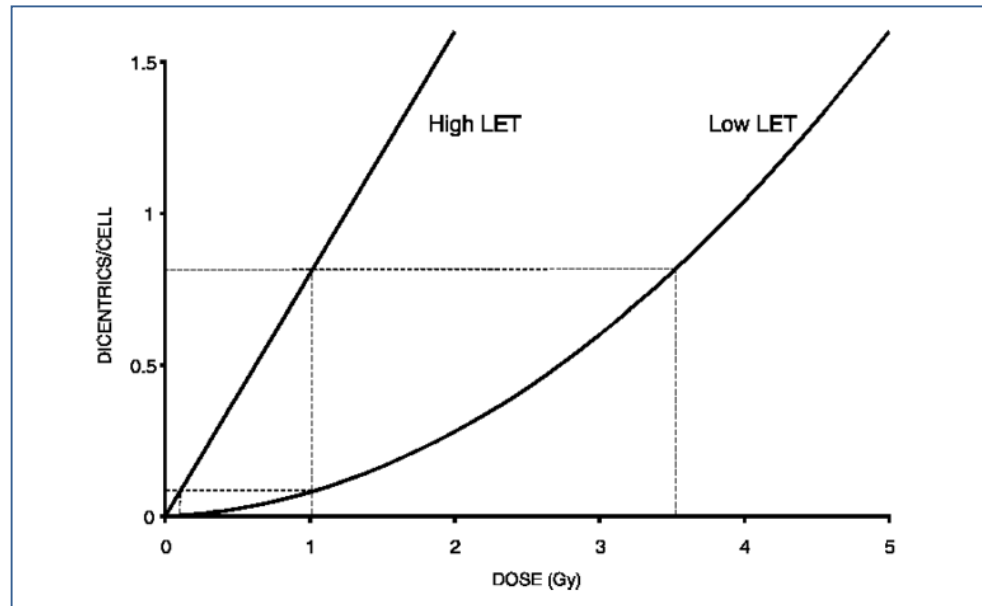
Chromosomy dicentryczne (dicentryki)

- Aberracje spowodowane działaniem promieniowania jonizującego.
- Łatwe do pobrania i hodowli.
- Łatwe do rozpoznania.
- Powtarzalność i zgodność wyników *in vivo* i *in vitro*.
- Obserwowana częstość dicentryków jest wykorzystywana do obliczenia dawki pochłoniętej, z użyciem krzywych kalibracyjnych dawka-skutek.



Dozymetria biologiczna

Krzywe dawka-skutek



Typical linear and linear quadratic dose response curves,



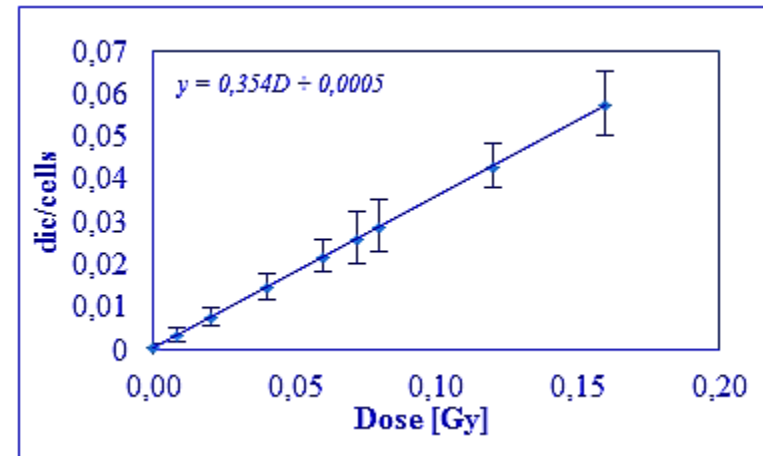
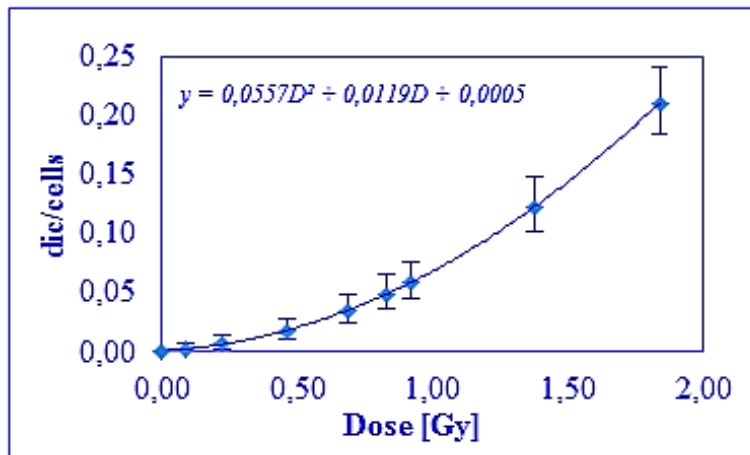
Cytogenetyczna metoda wyznaczania dawki pochłoniętej

prom. γ

$$Y = C + \alpha D + \beta D^2$$

neutrony

$$Y = C + \alpha D$$



Y is the yield of dicentrics,

D is the dose,

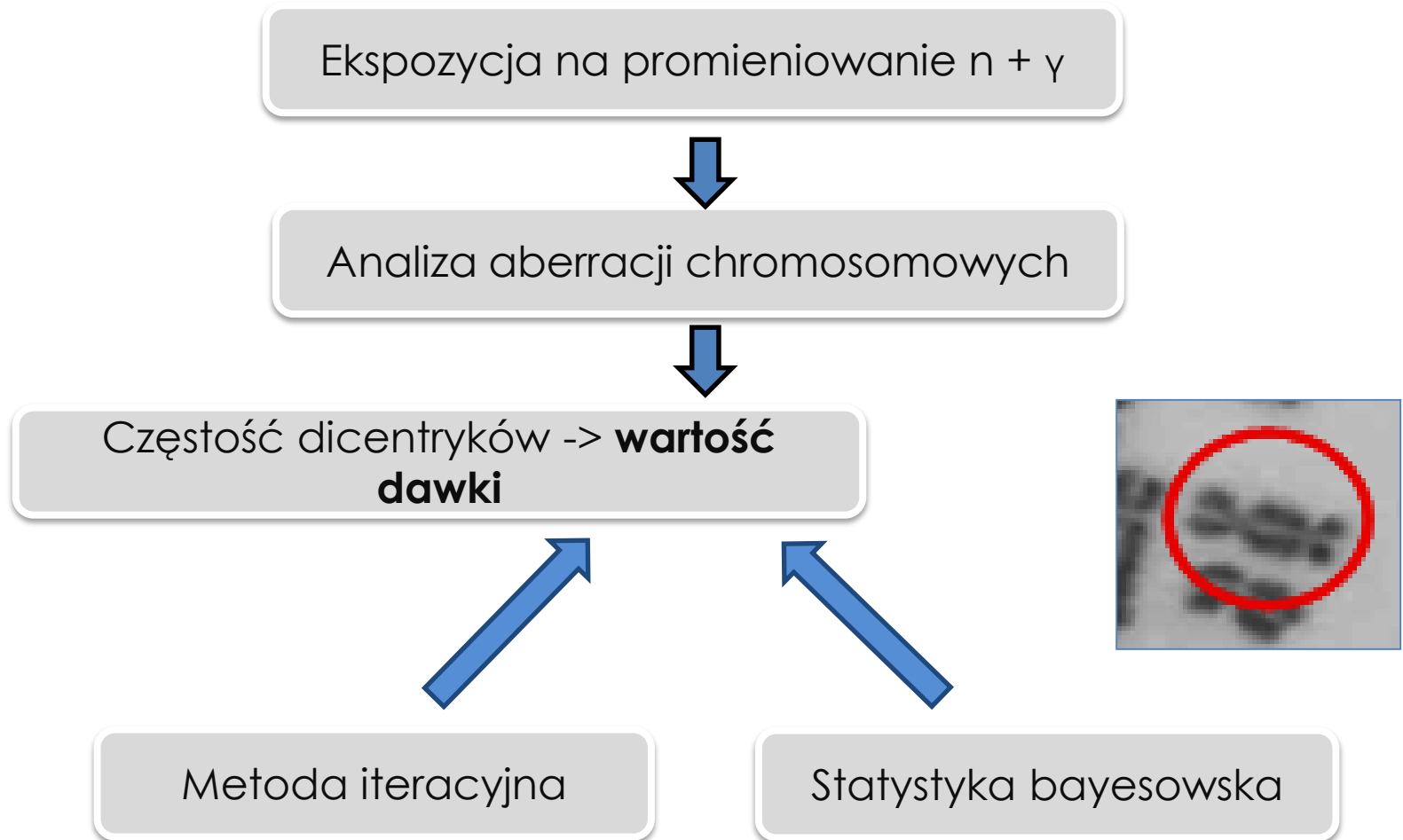
C is the control parameter (background frequency),

α is the linear coefficient,

β is the dose squared coefficient.

$$Y_{n+\gamma} = Y_n + Y_\gamma$$

Cytogenetyczna metoda wyznaczania dawki pochłoniętej



Metody wyznaczenia dawki

- Metoda klasyczna - iteracyjna
- Metoda bayesowska



Metody wyznaczenia dawki

- **Metoda iteracyjna**

- znany stosunek dawek
- znane parametry krzywych dawka–skutek

$$\rho = Dn/D\gamma$$

$$Y\gamma = c + \alpha D + \beta D^2$$

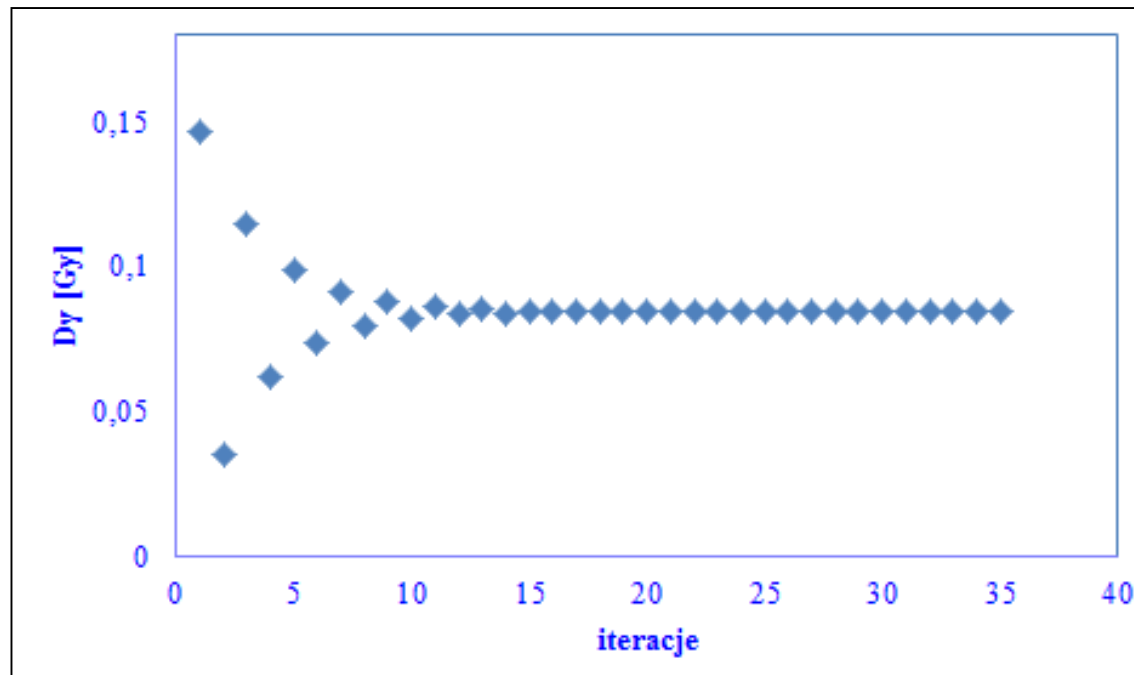
$$Yn = c + \alpha D$$

$$Yn+\gamma = Yn + Y\gamma$$



Metody wyznaczenia dawki

- **Metoda iteracyjna** – istota metody



Metody wyznaczenia dawki

- **Metoda bayesowska**

Thomas Bayes (1702 - 1761)

- nieznaną stosunek dawek
- (nie)znane parametry krzywych dawka - skutek

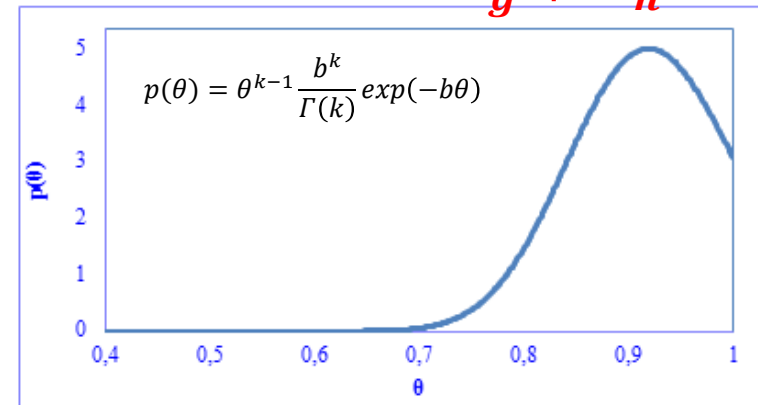
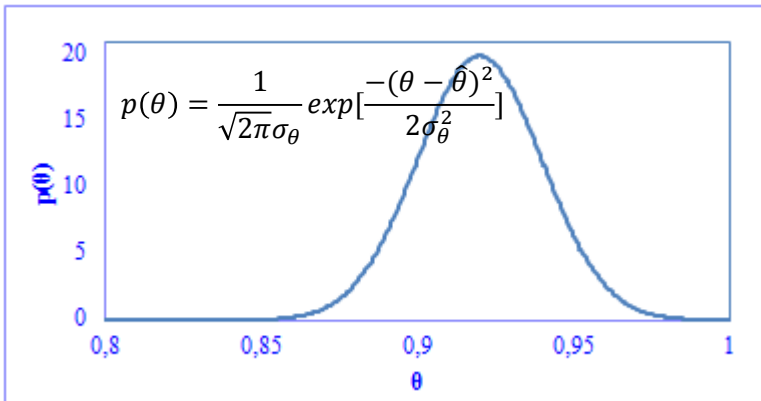
P-stwo a posteriori = F.cja wiarygodności x P-stwo a priori



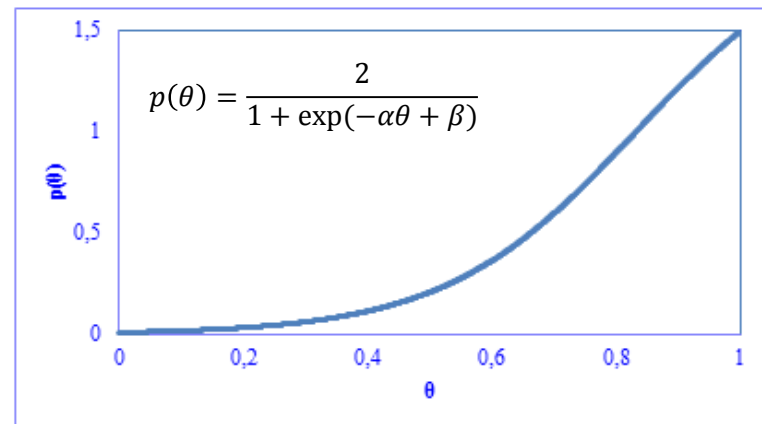
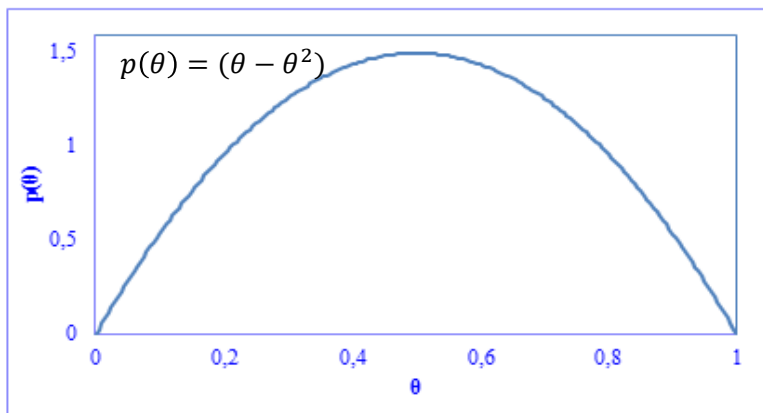
Metody wyznaczenia dawki

- Prior informatywny $p(\theta)$:

$$\theta = \frac{D_g}{D_g + D_n}$$



- Prior nieinformatywny $p(\theta)$:



Metody wyznaczenia dawki

- **Metoda bayesowska**

Mając funkcję wiarygodności i prior $p(\theta)$ można znaleźć rozkład prawdopodobieństwa szukanej dawki jako:

$$P(D_x) = \int_0^1 L(D_x|\theta)p(\theta)d\theta$$

gdzie $x=\{g,n\}$.

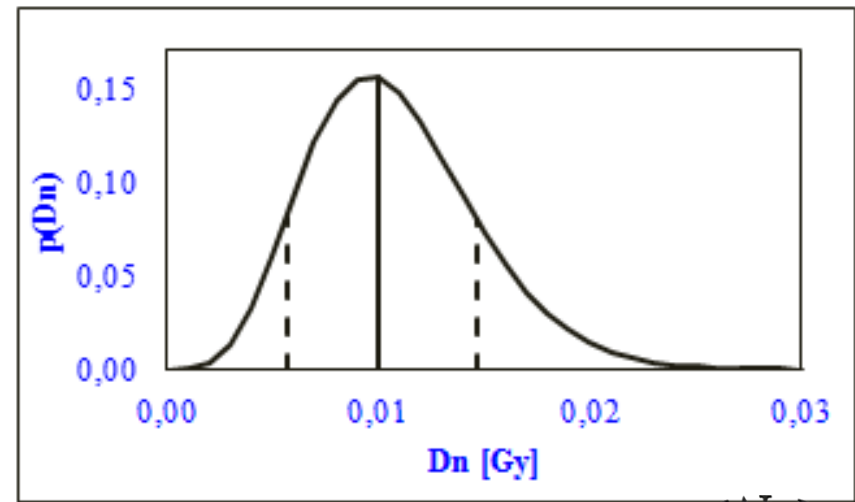
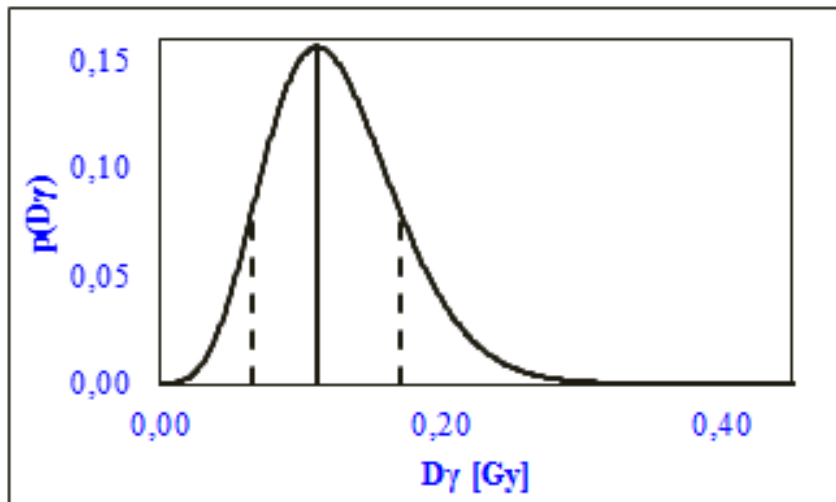


$$\frac{dP(D_x)}{dD_x} = 0$$



Wyniki

- **Metoda bayesowska**



Posterior distribution for the gamma and neutron dose



Wyniki

- Próbka: 1000 komórek, 33 dicentryki

Metoda		Y _γ	Y _n	D _γ ±U [Gy]	BW [%]	D _n ±U [Gy]	BW [%]
Iteracyjna Bayesowska		0,018	0,015	0,466±0,133	-	0,041±0,016	-
P R I O R	Gauss 0,92	0,018	0,015	0,471±0,144	1	0,041±0,016	0
	Beta 0,92	0,017	0,018	0,453±0,243	3	0,054±0,032	32
	Gamma 0,92	0,017	0,022	0,448±0,324	4	0,057±0,032	39
	Gauss 0,80	0,008	0,025	0,280±0,102	40	0,070±0,024	71
	$6(\theta - \theta^2)$	0,002	0,031	0,091±0,183	80	0,086±0,034	110
	$\theta > 50$	0,018	0,027	0,472±0,806	1	0,076±0,038	85

dawka fizyczna: D_n = 0.04 Gy, D_g = 0.46 Gy, D_c = 0.5 Gy

Podsumowanie

- Dozymetria promieniowania mieszanego daje możliwość określenia osobno dawek dla dwóch rodzajów promieniowania.
- Metoda bayesowska daje porównywalne wyniki z klasyczną jeśli użyty prior jest dobrany logicznie na podstawie przesłanek.
- Metoda bayesowska jest alternatywą dla metody klasycznej, gdy nieznan jest stosunek składowych dawki całkowitej.



Bibliografia

- 1) Brame R.S., Groer P.G. 2003. *Bayesian methods for chromosome dosimetry following a criticality accident*. Radiation Protection Dosimetry 104(1), pp. 61-63.
- 2) Fornalski K.W., Dobrzyński L. 2009. *Ionizing radiation and the health of nuclear industry workers*. International Journal of Low Radiation, vol. 6, no. 1, pp. 57-78.
- 3) IAEA (International Atomic Energy Agency). 2001. *Cytogenetic Analysis for Radiation Dose Assessment. A Manual*. Technical Reports Series No. 405. Vienna.
- 4) Szłuińska M., Edwards A.A., Lloyd D.C. 2005. *Statistical methods for biological dosimetry*. Health Protection Agency / Public Health England report no. HPA-RPD-011.



Bibliografia

- 1) Brame R.S., Groer P.G. 2003. *Bayesian methods for chromosome dosimetry following a criticality accident*. Radiation Protection Dosimetry 104(1), pp. 61-63.
- 2) Fornalski K.W., Dobrzyński L. 2009. *Ionizing radiation and the health of nuclear industry workers*. International Journal of Low Radiation, vol. 6, no. 1, pp. 57-78.
- 3) IAEA (International Atomic Energy Agency). 2001. *Cytogenetic Analysis for Radiation Dose Assessment. A Manual*. Technical Reports Series No. 405. Vienna.
- 4) Szłuińska M., Edwards A.A., Lloyd D.C. 2005. *Statistical methods for biological dosimetry*. Health Protection Agency / Public Health England report no. HPA-RPD-011.

Dziękuję za uwagę!



Metody wyznaczenia dawki

- **Metoda bayesowska**

- Bayesowska funkcja wiarygodności:

$$L(D_g|\theta) = \frac{[m(c + \alpha \frac{1-\theta}{\theta} D_g + \beta D_g + \gamma D_g^2)]^n}{n!} \cdot e^{-m(c + \alpha \frac{1-\theta}{\theta} D_g + \beta D_g + \gamma D_g^2)}$$

$$L(D_n|\theta) = \frac{[m(c + \alpha D_n + \beta \frac{\theta}{1-\theta} D_n + \gamma (\frac{\theta}{1-\theta} D_n)^2)]^n}{n!} \cdot e^{-m(c + \alpha D_n + \beta \frac{\theta}{1-\theta} D_n + \gamma (\frac{\theta}{1-\theta} D_n)^2)}$$



Metody wyznaczenia dawki

- **Metoda bayesowska**

Funkcja wiarygodności- znajdowana z wykorzystaniem podstaw biofizycznych. W ogólności m komórek doświadczają n wystąpień pewnego zdarzenia – aberracji chromosomowych:

$$y_f = n/m$$

Oczekiwana liczba zdarzeń wynosi $m \cdot y_f$, i ma rozkład Poissona:

$$L = \frac{(m y_f)^n e^{-m y_f}}{n!}$$

