

SISTEMA DOSSKIN PARA LA EVALUACION RADIOLOGICA DE LAS CONTAMINACIONES RADIACTIVAS DE LA PIEL.

Néstor Cornejo Díaz.

Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones. Cuba.

Resumen:

El trabajo muestra el procedimiento y la solución computacional del sistema Dosskin, diseñado para el cálculo de la dosis equivalente en la piel y el riesgo radiológico asociado a las contaminaciones de la misma con sustancias radiactivas.

Durante la realización de las evaluaciones se consideran los radionucleidos de la cadena de desintegración radiactiva del nucleido contaminante. Se tiene en cuenta además la posible retrodispersión de las partículas beta en el vestuario u otro cubrimiento de la piel. El programa facilita la estimación del tiempo máximo que debe demorar la descontaminación de la zona afectada a partir de una dosis equivalente esperada.

La comparación de los resultados obtenidos por el sistema Dosskin y por los métodos de diferentes autores, no han arrojado diferencias superiores al 30% de estos últimos.

Introducción:

El creciente empleo de fuentes radiactivas abiertas con fines médicos, investigativos e industriales hace que aumente la potencialidad de ocurrencia de contaminaciones superficiales con estas sustancias.

Si la persona contaminada desconoce el riesgo radiológico asociado, es muy probable que adopte una conducta incorrecta ante el suceso: con frecuencia el implicado subestima las consecuencias y no toma las medidas necesarias en el tiempo adecuado; pero en no pocos casos la persona afectada reacciona con un exceso de miedo que empeora la situación. Es menester que los resultados de las evaluaciones radiológicas de los posibles sucesos accidentales sean del conocimiento del personal ocupacionalmente expuesto.

Con el interés de facilitar una herramienta de evaluación de las dosis en la piel a quienes por las características de su trabajo tienen un determinado riesgo de contaminaciones superficiales con sustancias radiactivas, fue confeccionado el programa "Dosskin".

Métodos de cálculo:

Tras una contaminación superficial con un radionucleido i , la dosis equivalente en la piel debido a este nucleido (H_i), puede estimarse mediante la expresión:

$$H_i = \int_{t_0}^{t_0+t_c} A_{si} \cdot FCD_i \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t) dt$$

Donde:

A_{si} : es la actividad superficial del radionucleido i en la piel [$Bq \cdot cm^{-2}$].
(Se asume una contaminación uniforme)

FCD_i : es el factor de conversión de dosis para el radionucleido i [$Sv \cdot s^{-1} \cdot cm^2 \cdot Bq^{-1}$].

λ_i : es la constante de desintegración radiactiva del radionucleido i [s^{-1}].

t_0 : es el momento en que ocurre la contaminación.

t_c : es el tiempo que dura la contaminación [s].

Los factores de conversión de dosis (FCD_i) empleados en el sistema, fueron obtenidos por R.E.Faw, [1] mediante una combinación de métodos analíticos y numéricos para la resolución del transporte de los electrones en la piel. El autor consideró tanto la posible retrodispersión de las partículas beta en el vestuario como la ausencia de retrodispersión. Ambas opciones fueron incluidas en el sistema Dosskin. En el programa son empleados FCD_i para tres profundidades diferentes: $3-5 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$, $5-10 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$, $30-40 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$, los que se seleccionan según la zona de la piel afectada.

En las evaluaciones de las dosis se considera la contribución de los radionucleidos descendientes del nucleido contaminante. Por ejemplo, si el radionucleido contaminante se desintegra produciendo sólo un nucleido radiactivo hijo, la dosis equivalente en la piel se obtiene con la expresión:

$$H_i = A_{si} \int_{t_0}^{t_0+t_c} \left(FCD_i \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t) + \frac{FCD_i' \cdot \lambda_i'}{\lambda_i' - \lambda_i} \cdot (\exp(-\lambda_i \cdot t) - \exp(-\lambda_i' \cdot t)) \right) dt$$

Donde:

FCD_i' : es el factor de conversión de dosis para el radionucleido hijo i' [$Sv \cdot s^{-1} \cdot cm^2 \cdot Bq^{-1}$].

λ_i' : es la constante de desintegración radiactiva del radionucleido hijo i' [s^{-1}].

Si la contaminación es producida por una mezcla de radionucleidos, entonces la dosis equivalente en la piel se obtiene mediante la suma de las dosis producidas por cada uno de los contaminantes.

El sistema Dosskin brinda una estimación del riesgo de aparición de cáncer fatal para dosis equivalentes en la piel inferiores a 1 Sv. El valor del riesgo obtenido por el sistema es conservador, pues los coeficientes de riesgo utilizados fueron estimados sobre la base de una contaminación del 100% de la piel [2].

Solución computacional:

La opción: "INTRODUCIR DATOS" del menú principal (figura 1) inicia la adquisición de los datos necesarios : zona contaminada(según el menú de la figura 2), estado de la superficie contaminada, selección de los radionucleidos contaminantes, valores de actividad superficial y tiempo de contaminación.

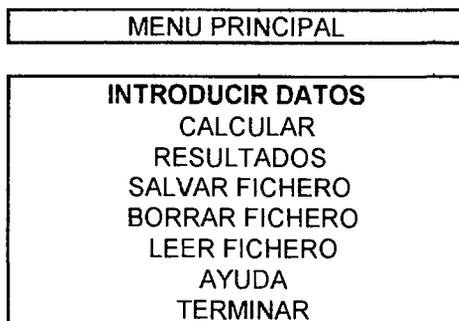


figura 1: Menú principal del programa Dosskin.

Tras la selección de la zona cuya superficie ha sido contaminada (figura 2), la opción "Estado de la superficie contaminada" brinda la posibilidad de tomar en consideración el incremento de la retrodispersión de las partículas beta debido al cubrimiento de la región afectada con algún vestuario, guante, etc.

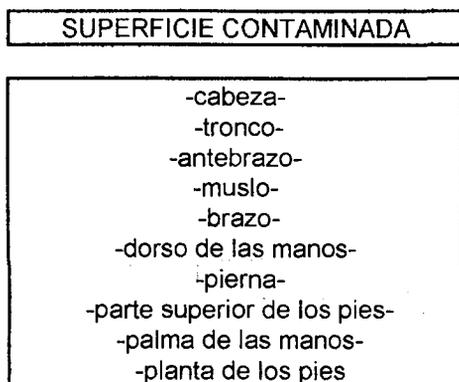


figura 2: Pantalla para la selección de la superficie contaminada.

A continuación se muestran los 52 radionúclidos incluidos en las bibliotecas de datos: "BETA.WAR" y "BETA.OAR". Estos ficheros deben ser almacenados en el mismo directorio del programa principal. Pueden ser seleccionados varios radionúclidos en una misma corrida. Seguidamente aparece la pantalla para la entrada de la actividad superficial y el tiempo de contaminación de cada radionúclido seleccionado.

Después de calcular, el programa permite salvar y leer los ficheros de resultados de cada una de las corridas (figura 1).

La pantalla de resultados muestra a través de la ventana principal (figura 3), los resultados de los cálculos de las dosis superficiales para los diferentes radionúclidos presentes en la contaminación superficial de la parte afectada.

<p style="text-align: center;">RESULTADOS</p> <p style="text-align: center;">C-14</p> <p style="text-align: center;">Parte contaminada : -antebrazo- (Superficie cubierta)</p> <p style="text-align: center;">Actividad superficial [Bq/cm-2]: 1000</p> <p style="text-align: center;">Tiempo de contaminación [min]: 10</p> <p style="text-align: center;">Dosis equivalente en la piel: 0.156 mSv</p>
--

figura 3: Ejemplo para la presentación de los resultados del programa DosSkin.

Conjuntamente con los resultados de las dosis se refleja el riesgo radiológico correspondiente a la dosis calculada para el radionúclido seleccionado.

La pantalla de resultados totales muestra el valor de la dosis equivalente total debido a la contaminación con la mezcla de radionúclidos seleccionados. Simultáneamente con las pantallas de resultados aparece una opción para el cálculo del tiempo de contaminación a partir de una dosis equivalente esperada.

Resultados obtenidos en la validación del sistema:

En la tabla I se comparan los resultados de los cálculos del programa con los obtenidos por otros autores al evaluar algunas situaciones de contaminación superficial de la piel. Los valores de dosis estimados con el sistema DosSkin y los obtenidos con otros métodos no difieren en más de un 5 % de estos últimos para profundidades de 3-5 mg.cm⁻² y en más de un 30% para profundidades de 5-10 y 30-40 mg.cm⁻².

Tabla I. Resultados de evaluaciones de dosis en la piel realizadas para una contaminación de 1 KBq/cm² y un tiempo de contaminación de 10 min. La superficie contaminada se consideró cubierta.

Radionúclido	Dosis equivalente en piel [mSv]											
	Antebrazo (3-5 mg.cm ⁻²)				Dorso de las manos (5-10 mg.cm ⁻²)				Palma de las manos (30-40 mg.cm ⁻²)			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
C-14	0.156	0.156	0.150	-	0.053	0.053	0.040	0.055	0	0	0	-
K-40	0.405	0.404	-	-	0.344	0.344	-	-	0.177	0.176	-	-
Co-60	0.308	0.308	0.304	-	0.186	0.186	0.165	0.188	0.006	0.006	0.005	-
Sr-90	0.405	0.404	0.399	-	0.299	0.298	0.285	0.304	0.067	0.067	0.065	-
Mo-99	0.437	0.437	0.437	-	0.350	0.350	0.340	0.361	0.141	0.140	0.135	-
Tc-99m	0.056	0.057	0.055	-	0.039	0.040	0.034	0.039	0	0	0	-
I-131	0.398	0.399	0.399	-	0.287	0.288	0.266	0.285	0.060	0.061	0.057	-
Cs-137	0.392	0.391	0.380	-	0.283	0.283	0.247	0.266	0.059	0.059	0.044	-

- (1)... Sistema Dosskin.
 (2)... Richard E. Faw, referencia [2].
 (3)... Kocher D.C., Eckerman K,F, referencia [3].
 (4)... ICRP Publicación 26, referencia [4].

Referencias.

- [1]...RICHAR E. FAW. Absorbed doses to skin from radionuclide sources on the body surface. Health Physics, Vol 63 No4 1992.
- [2]...COMISION INTERNACIONAL DE PROTECCION RADIOLOGICA, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 60. Flexicover March CIPR, 1991.
- [3]...KOCHER D.C. AND ECKERMAN K.F. Electron dose-rate conversion factors for external exposure of the skin from uniformly deposited activity on the body surface. Health Physics Vol 53 ,No2, 1978.
- [4]...COMISION INTERNACIONAL DE PROTECCION RADIOLOGICA, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 26. Pergamon Press, Oxford, CIPR, 1977.

ABSTRACT:

This paper shows the conceptual procedure and computational features of the DOSSKIN code. This code assess in a very interactive way, skin equivalent doses and radiological risk associated to skin radioactive contaminations.

The assessment takes into account the contributions of contaminant daughter nuclides and backscatter of beta particles in any skin cover. DOSSKIN also allows to estimate the maximum time needed for decontamination works using as input quantity the limit value of skin equivalent dose considered by users.

The comparison of results obtained by the DOSSKIN code with those reported by different authors are showed. The differences of results are smaller than 30%.