

חישובי מיגון קרינה בהקמת ציקלוטרון רפואי

מחקר לשם מילוי חלקי של הדרישות לקבלת תואר "מגיסטר" בהנדסה

מאת

קורן

מאיה

הוגש למחלקה לניהול והנדסת בטיחות באוניברסיטת בן גוריון בנגב

אוגוסט 2009

אב תשס"ט

באר שבע

ג	תקציר.....
1	1. מבוא.....
2	2. ציקלוטרון.....
2	2.1 הקדמה.....
3	2.2 מבנה הציקלוטרון.....
4	2.3 עיקרון פעולת הציקלוטרון.....
5	2.4 ציקלוטרון רפואי.....
6	2.5 תכנון אופייני של אתר לייצור רדיואיזוטופים.....
7	3. הגנה מפני קרינה.....
7	3.1 הקדמה.....
7	3.2 תאור הסיכון בתהליך הייצור.....
7	3.2.1 שדות קרינה מיידים, Prompt Radiation.....
10	3.2.2 אקטיבציה, Induced Activity.....
11	3.3 מיגון.....
11	3.4 בקרת חשיפה.....
12	3.4.1 רמת ייחוס.....
13	4. שיטות לחישובי מיגון.....
13	4.1 קיר בטון בעובי מ' 2.....

13	4.2 מודל הנחתת הנויטרונים
16	4.3 סימולציית מונטה קרלו
16	4.3.1 קוד FLUKA
21	5. תוצאות
21	5.1 חישובים אנליטיים
24	5.2 סימולציות
26	6. מסקנות
28	7. סיכום
29	ביבליוגרפיה
31	Abstract

תקציר

מזה זמן רב ציקלוטרונים רפואיים הם בשימוש נרחב לייצור רדיואיזוטופים למטרות טיפול ודימות. בתהליך ייצור הרדיואיזוטופים, מטרות קטנות המובנות על גבי הציקלוטרון מופצצות על ידי קרן פרוטונים או דאוטרונים באנרגיה גבוהה. החלקיקים המואצים פוגעים בחומר המטרה, מתרחשת ריאקציה גרעינית שבסופה נוצר חומר חדש - הרדיואיזוטופ הרצוי. רדיואיזוטופ ידוע ונפוץ הוא ה F-18 שמסונתז ל FDG - חומר המשמש בתהליך הדימות.

בתהליך ההקרנה נוצרים שדות חזקים מאוד של קרינה מייננת. הסיכון הטמון בחשיפה לקרינה יוצר צורך הכרחי לתכנון אפקטיבי ויעיל של דרכי מיגון אפשריים. על אף השימוש הנרחב במאיצים לצורך רפואי זה, לא קיימת נוסחה מיידיית ופשטה לחישובים הנחוצים ואף לא מדריך הולם לעניין.

לצורך תכנון המיגון בהקמת מתקן ציקלוטרון חדש באחד מבית החולים הגדולים בארץ, בחרנו להשתמש בשתי השיטות הנפוצות והמקובלות כיום בעולם: א. המודל להנחתת נויטרונים – נוסחה אנליטית המפשטת את התהליך הפיסיקאלי לכדי משוואה בודדת התלויה במספר מועט של פרמטרים. ב. סימולציית מונטה קרלו – שיטה סטטיסטית לסימולציה מתקדמת המדמה באמצעות קודי תוכנה את התהליכים הפיסיקאליים. לבסוף, ערכנו השוואה בלתי נמנעת בין התוצאות שהתקבלו בכל אחת משיטות החישוב.

עבודה זו מציגה תוצאות לחישובי מיגון אלה בשתי התצורות, תוך שימוש בכלים מתקדמים. התוצאות מוצגות ביחס לתקינה העולמית והארצית להגנה מפני קרינה מייננת.

Shielding Calculation for Medical Cyclotron

**Thesis submitted in partial fulfillment
of the requirements for the degree of
"M.Sc"**

By

Maya Koren

Submitted to the unit of Management and Safety Engineering

Ben-Gurion University of the Negev

August 2009

Beer-Sheva

Abstract

Medical cyclotrons are widely used these days for the routine production of PET imaging radioisotopes. Most known radioisotope used in this medical examination is F-18 synthesized to Fluoro-deoxy-glucose (FDG).

During routine isotope production, a well focused proton beam is guided into the target. In this bombardment process of the accelerated particles at the target, a nuclear reaction occurs and new materials (radioisotopes) are produced.

Ionizing radiation is a byproduct of accelerator operation. Accelerators are capable of generating radiation levels that are harmful or even lethal to humans. Shielding is the preferred measure to control radiation levels. The design of a practical shielding arrangement for medical cyclotrons is generally a rather complex task for which no simple hand-book formula is adequate. At best the calculation for the shielding involves many simplifying assumptions to make the problem tractable.

Effective radiation shielding is imperative to safe operation of modern Medical Cyclotrons. Simple formulae as the "neutron attenuation formula" and "rules-of-thumb" are applicable as well as Monte Carlo codes, such as Fluka that simulate the complex three-dimensional cases, with complicated beam loss patterns.

This paper describes these methods and calculations performed in the radiological shielding design of a new cyclotron facility being built in one of the main hospitals in Israel.

Inevitable comparison between the two methods results is presented.

In my opinion, simple modifications such as more user-friendly input and output capabilities as well as some built-in guidance on the reliability of the results, to the Monte Carlo simulation codes will make it the preferred method for the accelerator facilities shielding designers.