African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)
Online ISSN: 2957-644X
Volume 5, Issue 3, 2026
Page No: 64-70
Website: https://aaasjournals.com/index.php/ajapas/index
ISI 2025: 1.126 SJIFactor 2024: 6.752 معامل التأثير العربي: 1.62

The Impact of Geographic Location on the Variation of Cosmic Ray Radiation Dose: An Analytical Study

Amna Mohammed Ebrahim AlSharani [1 *], Omran Moftah. Trifis [2]
[1,2] Department of Physics, Faculty of Science, AlAsmarya Islamic University, Zliten, Libya

تأثير الموقع الجغرافي على تباين الجرعة الإشعاعية الناتجة عن الأشعة الكونية – دراسة تحليلية

أمنة محمد إبراهيم الشراني[1*]، عمران مفتاح تريفيس[2]
[2،1] قسم الفيزياء، كلية العلوم، الجامعة الأسمريّة الإسلامية، زليتن، ليبيا

*Corresponding author: o.trifis@asmarya.edu.ly

Received: April 16, 2026	Accepted: June 28, 2026	Published: July 14, 2026

Abstract:
This paper investigates the relationship between geographic location and atmospheric cosmic radiation doses. The study evaluates the individual effects of latitude, longitude, and altitude above sea level on the absorbed dose rate in ambient air. To isolate these geographical variables, the influence of the solar cycle was eliminated by conducting all calculations during a period of solar minimum, specifically spanning the transition between the end of Solar Cycle 24 and the onset of the current Solar Cycle 25. The findings demonstrate a strong correlation between geographic coordinates and atmospheric cosmic ray exposure. Altitude above sea level emerged as the primary determinant governing the absorbed dose. Latitude was found to be the second most significant factor, followed closely by longitude. Furthermore, the cosmic-ray-induced effective dose was calculated for selected Libyan cities to quantify and illustrate the direct impact of geographic variation on the continuous baseline background radiation exposure to the human population.

Keywords: Cosmic rays, Absorbed dose in air, Geographic location, Latitude, Altitude.

الملخص
تتناول هذه الورقة علاقة الموقع الجغرافي بالجرعات الإشعاعية الناتجة عن الأشعّة الكونية في الغلاف الجوي للأرض. تركّز هذه الدراسة على تأثير كل من خطوط الطول والعرض والارتفاع عن مستوى سطح البحر على الجرعة الممتصّة في الهواء. تم استبعاد تأثير الدورة الشمسيّة من خلال إجراء الحسابات في منتصف احدى فترات الهدوء الشمسي وهي الفترة الواقعة بين نهاية الدورة 24 وبداية الدورة الحالية 25. تؤكّد النتائج وجود ارتباط وثيق بين الموقع الجغرافي والجرعة الاشعاعيّة الناتجة عن الاشعة الكونية في الغلاف الجوي، حيث يُعدّ الارتفاع عن مستوى سطح البحر العامل الرئيسي المؤثر على الجرعة الممتصّة من الاشعّة الكونية. يأتي تأثير دوائر العرض في المرتبة الثانية من حيث الأهميّة، ومن بعده يأتي تأثير خطوط الطول. وقد تم تقدير الجرعة الفعالة (Effective Dose) الناتجة عن الأشعة الكونية في عينة من المدن الليبية، بهدف إبراز تأثير التباين الجغرافي على مستوى الخلفية الإشعاعية التي يتعرض لها البشر بشكل دائم.

الكلمات المفتاحية: الاشعة الكونية، الجرعة الممتصة في الهواء، الموقع الجغرافي، خط الطول، الارتفاع عن سطح البحر.

مقدمة

تشّكل الأشعّة الكونية جزء مهم من إشعاع الخلفية الطبيعية الذي يتعرض له الإنسان وجميع الكائنات الحيّة على سطح الأرض، وذلك على الرغم من اختلاف شدّتها باختلاف الموقع الجغرافي. وتعرف الأشعّة الكونية التي تخترق الغلاف الجوي وصولاً إلى سطح الأرض بالأشعّة الكونية الثانوية، وتنتج من تفاعل ما يصل إليه من الأشعّة الكونيّة الابتدائية مع مكوناته. تتكون الأشعة الكونية من جسيمات عالية الطاقة تشمل البروتونات والنوى الذرية الثقيلة، وتمتد طاقاتها عبر مدى واسع، كما تتبع طيفًا طاقيًا يتناقص وفق قانون أسي [1]. يتأثر تدفق الأشعة الكونية بالمجال المغناطيسي الشمسي، حيث تعمل الرياح

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الشمسية على تشتيت جزء من الجسيمات منخفضة الطاقة وتقليل شدتها قبل وصولها إلى الغلاف الجوي للأرض[2]. كما يلعب المجال المغناطيسي للأرض دورًا مهمًا في تحديد شدة الأشعة الكونية، إذ يعمل كحاجز أمام الجسيمات المشحونة، مما يؤدي إلى اختلاف شدتها باختلاف خطوط العرض الجغرافية [1].

يتأثر الإشعاع الكوني أيضًا بسمك طبقات الغلاف الجوي التي يخترقها، حيث تؤدي زيادة سمك الغلاف الجوي إلى زيادة التفاعلات وفقدان الطاقة، مما يؤثر على كمية الإشعاع الواصل إلى سطح الأرض، ومن هنا تبرز أهمية الارتفاع كعامل رئيسي في تحديد الجرعة الإشعاعية. وقد بينت دراسة Zorko et al. (2021) أن الجرعة الإشعاعية الناتجة عن الأشعة الكونية تزداد مع الارتفاع عن مستوى سطح البحر، مما يبرز أهمية الموقع الجغرافي كعامل مؤثر في التعرض للإشعاع الكوني [3].

تعبّر الجرعة الممتصّة، وهي الكميّة الفيزيائيّة القابلة للقياس، عن كميّة الطاقة الممتصّة عند مرور الإشعاع خلال الوسط، ومنها يمكن معرفة باقي التأثيرات المحتملة للإشعاع. وانطلاقاً من هذا، تكتسب دراسة التوزيع الجغرافي للجرعة الإشعاعيّة الممتصّة في الغلاف الجوي للأرض أهميتها. ويدعم ذلك وجود العديد من الدراسات التي تناولت موضوع تأثير اختلاف الموقع الجغرافي على الأشعة الكونية الثانوية. وعلى سبيل المثال أظهرت دراسة Al-Khawlany et al., (2018) [4] أن الجرعة الإشعاعية تعتمد بشكل كبير على عوامل مثل الارتفاع والتركيب الجيولوجي، وأنها تختلف بشكل واضح من منطقة إلى أخرى[4]. ومن ناحية أخرى، أظهر Oloketuyi & Omole, (2024) وجود علاقة بين الأشعة الكونية وبعض المتغيرات الجوية في المناطق الاستوائية [5]. كما بينت دراسة Shahbazi-Gahrouei et al. (2013) أن التباين في الجرعة الإشعاعية الناتجة عن الأشعة الكونية يرتبط بالموقع الجغرافي، إذ يزداد الإشعاع الكوني بالاتجاه من خط الاستواء نحو القطبين ومع زيادة الارتفاع عن مستوى سطح البحر [6]. تُظهر هذه الدراسات مجتمعة أن تأثير الأشعة الكونية يختلف باختلاف الموقع الجغرافي.

أهداف البحث

تهدف هذه الورقة البحثية إلى تقديم تحليلاً شاملاً لتأثير كل متغيّر من متغيرات الموقع الجغرافي، خطوط الطول والعرض وكذلك الارتفاع عن سطح البحر، على الجرعة الإشعاعيّة الممتصّة في الهواء وذلك من خلال استخدام برنامج حاسوب يُعرف باسم Expacs لحساب الجرعة الإشعاعية الممتصّة في الهواء استناداً إلى بيانات الموقع الجغرافي.

الإطار النظري

إن الجرعة الإشعاعيّة الممتصّة في الهواء والناتجة عن الأشعّة الكونيّة ما هي إلا محصّلة لسلسلة من التفاعلات الفيزيائيّة المعقّدة تبدأ من دخول الجسيمات إلى المجال المغناطيسي للشمس، والذي يمتدّ إلى مسافات بعيدة في الفضاء [7] وتنتهي عند المستوى الذي يتم فيه القياس. تتعرّض جسيمات الأشعّة الكونيّة المجرّية (GCR) إلى سلسلة من العوائق المغناطيسية والمادّية تؤثّر بشكل كبير على فيض وطاقة تلك الجسيمات. يلعب المجال المغناطيسي للشمس دور خط الدفاع الأول حيث يعمل على انحراف الجسيمات المشحونة عن مساراتها مما يؤدّي إلى فقدانها لجزء من طاقتها على صورة إشعاع السينكروترون، ويرتبط هذا التأثير بدورة النشاط الشمسي ويُسمّى بالتعديل الشمسي (Solar modulation) [7]. يعمل المجال المغناطيسي للأرض كمصفاة إضافيّة تحدّ من وصول الأشعة الكونية إلى غلافها الجوي، كما أنه يعمل على تشتيت جزء كبير من الأشعّة الكونية الثانوية الناتجة من تفاعل الأشعة الكونية الابتدائية مع مكونات الغلاف الجوي ومن هنا ينشأ تأثير الموقع الجغرافي على الجرعة الإشعاعيّة الممتصة في الهواء.

هناك عاملان أساسيّن يحكمان توزيع الأشعة الكونية في الغلاف الجوي قرب سطح الأرض هما: سمك طبقة الهواء التي يخترقها الإشعاع وصولاً إلى النقطة التي يتم عندها القياس والزاوية بين اتجاه حركة الجسيم المشحون والمجال المغناطيسي للأرض. تعتمد الطريقة التي تتفاعل بها الاشعّة الكونية الابتدائيّة مع مكونات الغلاف الجوي على نوع وطاقة الجسيم الساقط. تتفاعل البروتونات وجسيمات ألفا والأيونات الثقيلة من خلال التصادمات غير المرنة مع ذرات الهواء (النيتروجين والأكسجين) مسببة تشظي تلك الأنوية وينتج من ذلك شلال من الجسيمات الثانوية مثل الميزونات والنيوترونات السريعة. أما الإلكترونات وأشعّة جاما فإنها تفقد طاقتها من خلال التفاعل الكهرومغناطيسي، حيث تفقد الفوتونات طاقتها من خلال إنتاج الأزواج وتتفاعل الإلكترونات من خلال إشعاع الكبح (Bremsstrahlung) وتأثير تشيرنكوف وتأثير كومبتون. وكلما اقترب الجسيم من سطح الأرض زاد سمك طبقة الهواء التي يخترقها وزادت فرصة تفاعله مع ذرات الوسط أو تحلله كما في حالة الميون. من هنا نلاحظ أنه كلما زاد الارتفاع عن سطح الأرض تزداد الجرعة الاشعاعية الممتصة في الهواء. العامل الثاني: الذي يحكم توزيع الجرعة الممتصة في الغلاف الجوي هو زاوية الميل للمجال المغناطيسي للأرض والتي تكون أقل ما يمكن قرب خط الاستواء وتزداد قرب القطبين وذلك بسبب التغير في تأثير قوة لورينتز على الجسيمات المشحونة [4].

مما سبق يتّضح الارتباط الوثيق بين الموقع الجغرافي وفيض الاشعّة الكونية في الهواء. ويمكن تلخيص ذلك في نقطتين: يزداد فيض الاشعّة الكونية، وبالتالي الجرعة الممتصّة في الهواء، كلّما ارتفعنا عن مستوى سطح الأرض بسبب نقص سمك

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

طبقة الهواء التي تعمل كدرعٍ واقٍ. يكون فيض الأشعة الكونية التي تصل إلى مستوى معيّن أقلّ ما يمكن قرب خط الاستواء ويزداد كلّما اقتربنا من القطبين. ومن أجل فهم أعمق لهذا لارتباط، تتبع هذه الورقة منهجيّة تحليلية وذلك بحساب الجرعة الممتصّة في الهواء ورسم العلاقات التي تربطها بالموقع الجغرافي من حيث دوائر العرض وخطوط الطول والارتفاع عن سطح الأرض.

منهجيّة البحث

من أجل استبعاد تأثير النشاط الشمسي على فيض الأشعة، وبالتالي الجرعة الممتصّة، جرى اختيار إحدى فترات الهدوء الشمسي وهي الفترة الواقعة بين نهاية الدورة الماضية (24) وبداية الدورة الحاليّة (25). امتدّت هذه الفترة من الهدوء الشمسي بين (14 Nov. 2019 – 23 Dec. 2019) وتميّزت بعدم وجود بقع شمسيّة (Spotless Days) لفترة تجاوزت 30 يوم [8].

لتعيين الجرعة الإشعاعيّة الممتصة في الهواء، استخدم برنامج (EXPACS ver. 4.17) وهو برنامج حاسوب تم تطويره من قِبل وكالة الطاقة الذرية اليابانيّة من أجل حساب طيف الأشعّة الكونيّة في الغلاف الجوي [10 ,9].

لدراسة العلاقة بين الجرعة الممتصّة ودائرة العرض، تم تثبيت عامل الزمن ضمن الفترة المختارة وتغيير دائرة العرض من الدائرة القطبية جنوباً إلى الدائرة القطبية شمالاً مروراً بخط الاستواء. كما تمّت دراسة تأثير خطوط الطول على متغيّر الدراسة. ومن أجل دراسة العلاقة بين الجرعة الممتصة والارتفاع عن مستوى سطح الأرض، تم تغيير الارتفاع بداية من مستوى سطح البحر إلى ارتفاع 12km بمعدّل 500m وحساب الجرعة الممتصّة وذلك عند النقطة المرجعيّة التي تمّ اختيارها عند مدينة طرابلس ليبيا الواقعة ساحل البحر المتوسط عند دائرة العرض (32.87) وخط الطول (13.19).

حيث أن الجرعة الممتصّة في الهواء هي كميّة فيزيائية لا تستخدم بشكل مباشر في التطبيقات الطبيّة والبيئيّة، فقد تم حساب الجرعة المكافئة الناتجة من الأشعّة الكونيّة وذلك في بعض المدن الليبية لتكون كنقاط مرجعيّة ولتوضيح تأثير الموقع الجغرافي على الخلفيّة الإشعاعية التي يتعرض لها الإنسان بشكل دائم.

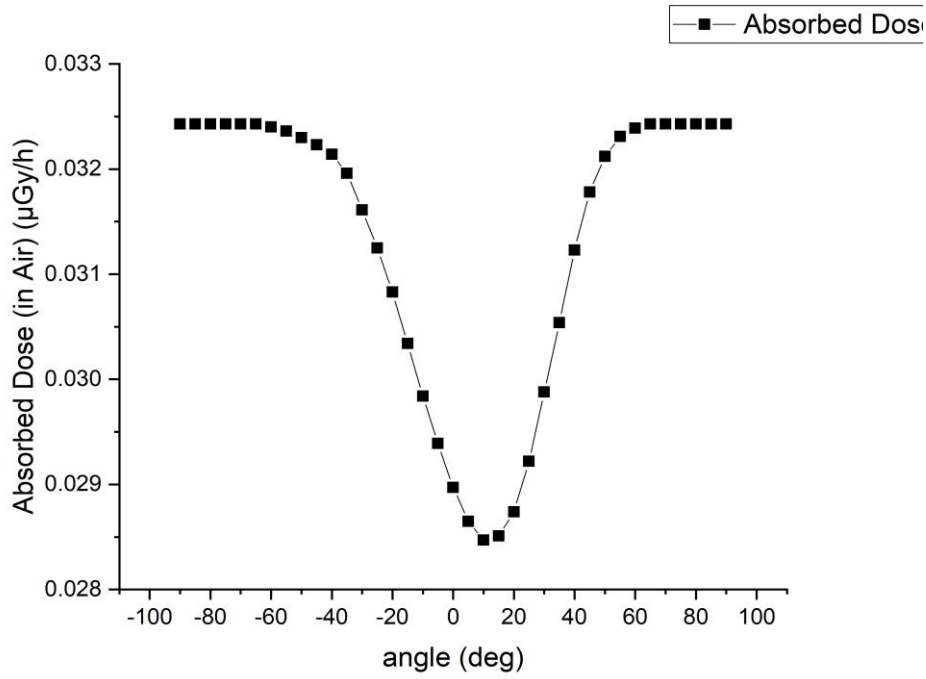
النتائج والمناقشة

نستعض فيما يلي تأثير العوامل المرتبطة بالموقع الجغرافي على التباين في الجرعة الإشعاعيّة للأشعة الكونيّة الممتصّة في الهواء، تشمل هذه العوامل تأثير كل من دوائر العرض وخطوط الطول والارتفاع عن مستوى سطح البحر.

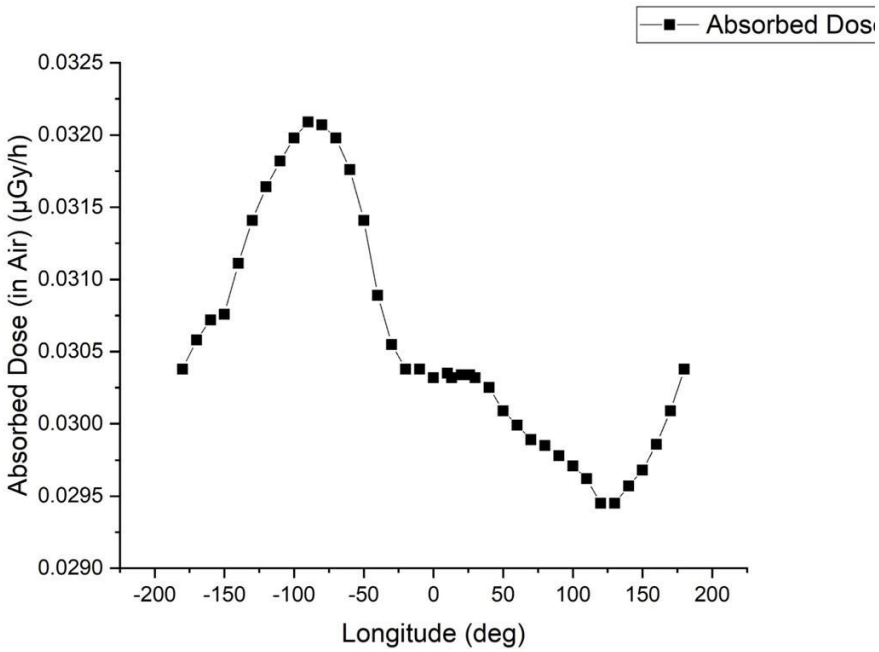
يوضّح الشكل رقم (1) العلاقة بين دوائر العرض شمال وجنوب خط الاستواء والجرعة الممتصّة في الهواء بوحدات ميكرو جراي لكل ساعة. تم حساب هذه القيم عند خطوط الطول (من-90 الى 90). يظهر من الشكل أن الجرعة الممتصّة في الهواء تبلغ النهاية العظمى عند الاقتراب من القطبين وتقلّ قرب خط الاستواء. يُعْزى ذلك إلى تأثير المجال المغناطيسي للأرض على حركة الجسيمات المشحونة والذي يرتبط بالزاوية بين اتجاه حركة الجسيم وخطوط المجال المغناطيسي، وهو ما يتفق مع ما أشار إليه Abbrescia et al. (2020) من أن تدفق الأشعة الكونية يزداد باتجاه القطبين ويقل باتجاه خط الاستواء نتيجة تأثير الحجب المغناطيسي للأرض [11]. تجدر الإشارة هنا إلى أن النهاية الصغرى للجرعة الممتصّة لا تقع تماماً عند خط الاستواء وذلك نتيجة لعدم انطباق الأقطاب المغناطيسية للأرض مع محورها الجغرافي.

بالرغم من أن خطوط الطول لا ترتبط بشكل مباشر بتوزيع المجال المغناطيسي للأرض، إلا أن انحراف المحور المغناطيسي للأرض عن محورها الجغرافي يسبب تباين طفيف في توزيع الأشعة الكونية في الغلاف الجوي وبالتالي الجرعة الممتصّة في الهواء. يُضاف إلى ذلك وجود العديد من مناطق الشذوذ المغناطيسي الناتجة عن التراكيب الجيولوجية للأرض وتُعدّ منطقة شذوذ جنوب الأطلسي المغناطيسي (South Atlantic Magnetic Anomaly – SAMA) من أبرز مناطق الشذوذ في المجال المغناطيسي الأرضي، حيث تتميز بانخفاض شدة المجال المغناطيسي، الأمر الذي يسمح بزيادة نفاذ الجسيمات عالية الطاقة والأشعة الكونية إلى الغلاف المغناطيسي للأرض [12]. كما أن هذه المنطقة تؤثر في توزيع الأشعة الكونية وتؤدي إلى زيادة التدفق الإشعاعي مقارنة بالمناطق الأخرى ذات المجال المغناطيسي الأقوى [12]. ينتج عن ذلك تباين في الجرعة الممتصّة في الهواء تبعاً للموقع الجغرافي. يمكن ملاحظة ذلك بالنظر إلى الشكل رقم (2) الذي يوضّح التغيّر في الجرعة الممتصّة في الهواء كدالّة في خط الطول عند دائرة عرض (32.87). لقد وُجِد أنّ أعلى معدلات الجرعة الممتصّة تقع ضمن النطاق القريب من (90-) درجة غرب خط غرينيتش، بينما تقع أدنى المعدّلات ضمن النطاق المقابل قرب (120) درجة شرقاً.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



الشكل رقم (1) العلاقة بين الجرعة الممتصّة في الهواء ودوائر العرض (تأثير شمال – جنوب)

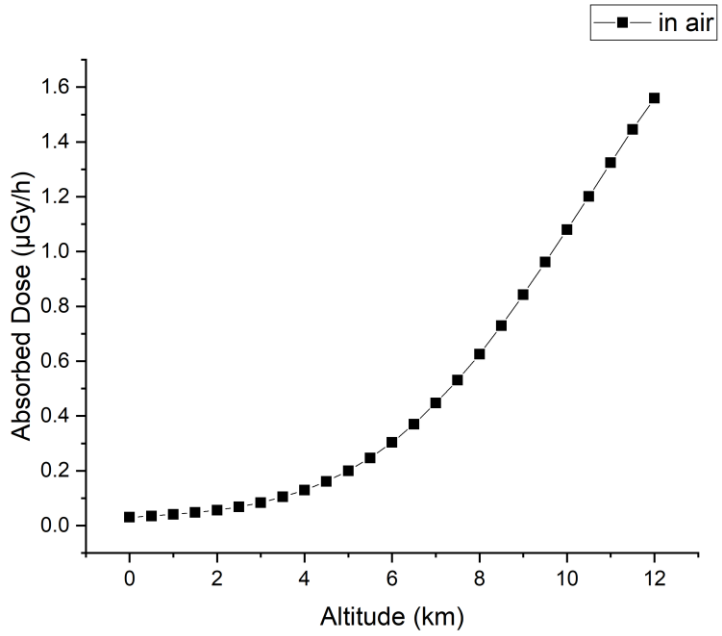


الشكل رقم (2) العلاقة بين الجرعة الممتصّة في الهواء وخطوط الطول (تأثير شرق – غرب)

العامل الثالث الذي يؤثّر على الجرعة الاشعاعية الممتصّة في الهواء هو سمك طبقة الهواء التي يخترقها الإشعاع ويتمثّل ذلك في الارتفاع عن مستوى سطح البحر. في هذا العمل تمت دراسة العلاقة بين الجرعة الممتصّة في الهواء والارتفاع عن مستوى سطح البحر. ومن أجل الحصول على نتائج دقيقة تم تثبيت جميع العوامل الأخرى المتمثّلة في خط الطول والعرض واختيار فترة هدوء شمسي لتلافي تأثير النشاط الشمسي وقد تم ذلك باعتماد النقطة المرجعيّة المذكورة. لقد

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

وُجِد أن الارتفاع عن مستوى سطح البحر له الأثر الأكبر في زيادة الجرعة الممتصّة في الهواء ويتّضح ذلك من الشكل رقم (3). من الشكل أيضاً يمكن ملاحظة الطبيعة الأسيّة للعلاقة بين الارتفاع عن سطح البحر والجرعة الممتصّة في الهواء، ففي حين كان معدّل الجرعة الممتصّة في الهواء أقلّ من $(0.1\mu Gy/h)$ عند الارتفاعات الأقل من 3 Km، يتضاعف هذا المعدّل 10 مرات عند ارتفاع 10 Km. وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه Kataoka et al. (2018)، حيث أظهرت حساباتهم أن الجرعة الإشعاعية الناتجة عن الجسيمات الشمسية النشطة تزداد بصورة ملحوظة مع الارتفاع، إذ بلغت الجرعة عند ارتفاع 20 كم نحو 25 ضعف قيمتها عند ارتفاع 12 كم. ويعزى ذلك إلى انخفاض سماكة الغلاف الجوي الواقي مع الارتفاع، مما يسمح بوصول كمية أكبر من الإشعاع الكوني إلى نقطة القياس [13].



الشكل رقم (3) العلاقة بين الجرعة الممتصّة في الهواء والارتفاع عن مستوى سطح البحر (تأثير سمك طبقة الهواء التي يخترقها الإشعاع)

بالنظر إلى الأشكال الثلاثة يتّضح أن الارتفاع عن مستوى سطح البحر هو العامل الأكثر تأثيراً على الجرعة الممتصّة في الهواء، ففي حين لم يتجاوز تأثير التغيّر في دوائر العرض $(3.46nGy/h)$ عند الانتقال من المنطقة الاستوائيّة إلى المنطقة القطبية، فإن الارتفاع لمسافة 0.5 Km عن مستوى سطح البحر يسبب زيادة بمقدار $(4.83nGy/h)$. كذلك فإن أقصى تأثير للتغيّر الناتج عن خطوط الطول ي لا يزيد عن $(2.64nGy/h)$.

سبقت الإشارة إلى أن الجرعة الإشعاعيّة الممتصّة في الهواء، والتي هي كميّة فيزيائية، ليست شائعة الاستخدام في التطبيقات الطبيّة والبيئيّة، لهذا فقد تم حساب الجرعة الفعّالة (Effective Dose) الناتجة من الأشعّة الكونيّة وذلك في بعض المدن الليبية لتوضيح تأثير الموقع الجغرافي على الخلفيّة الإشعاعية التي يتعرض لها الإنسان بشكل دائم ولتكون نقاط مرجعيّة يمكن الاستفادة منها في الدراسات المتعلّقة بالخلفيّة الإشعاعيّة الطبيعية في ليبيا.

بالنظر إلى الجدول رقم (1) يتّضح تأثير الارتفاع عن مستوى سطح البحر على الجرعة التي يتعرّض لها الإنسان كخلفيّة إشعاعيّة طبيعية ناتجة عن الأشعّة لكونية. تُظهر المقارنة بين الجرعة الفعّالة في مدينتي طرابلس وغريان زيادة ملحوظة بسبب الفرق في الارتفاع عن مستوى سطح البحر. نفس التأثير يمكن ملاحظته عند المقارنة بين الجرعة الفعّالة في مدينتي بنغازي والبيضاء الواقعتان شرق البلاد. كما أن المقارنة بين الجرعة الإشعاعيّة في مدينتي مصراته وسبها تُظهر أن تأثير الارتفاع عن مستوى سطح البحر يطغى على تأثير دوائر العرض، فبالرغم من أن مدينة سبها أقرب إلى خط الاستواء تكون الخلفيّة الإشعاعية الناتجة عن الاشعة الكونية أكبر منها في مصراته بسبب الفرق في الارتفاع عن مستوى سطح البحر. أما فيما يتعلّق بتأثير خطوط الطول فإن المقارنة بين الجرعة الفعّالة في مدينتي طرابلس وبنغازي تبقى متقاربة رغم الفرق في خط الطول لكل منهما وهذا يؤكّد أن تأثير خطوط الطول يمكن إهماله مقارنة بتأثير الارتفاع عن سطح البحر.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الجدول (1) يوضّح تأثير الموقع الجغرافي على الجرعة الفعّالة في بعض المدن الليبية.

المدينة	الموقع الجغرافي			الجرعة الفعّالة (nSv/h)
	دائرة العرض	خط الطول	الارتفاع	
طرابلس	32.87	13.19	17 م	32.51
غريان	32.17	13.018	708م	42.59
بنغازي	32.11	20.06	9 م	32.24
البيضاء	32.76	21.75	618 م	41.32
مصراته	32.32	15.10	15 م	32.38
سبها	27.03	14.43	429 م	36.55

الخاتمة

من خلال المناقشة السابقة يمكن أن نخلص إلى أن للموقع الجغرافي أثر كبير على الخلفيّة الإشعاعيّة الطبيعية الناتجة عن الأشعّة الكونيّة. إذا استبعدنا تأثير التغيرات في النشاط الشمسي على تدفق الأشعة الكونيّة الابتدائية فإننا لا يمكن أن نستبعد تأثير المجال المغناطيسي للأرض على توزيع الأشعّة الكونية في الغلاف الجوي. لقد وُجِد أن الجرعة الإشعاعيّة الممتصّة في الهواء تكون أقل ما يمكن في المناطق الاستوائية وتزداد كلما اتجهنا نحو القطبين نتيجة لاختلاف الزاوية بين اتجاه حركة الجسيمات المشحونة وخطوط المجال المغناطيسي للأرض. ونظراً لعدم انتظام المجال المغناطيسي للأرض ووجود بعض الشذوذات فيه، فإن لخطوط الطول تأثير على الجرعات الممتصّة في الهواء. يبقى سمك طبقة الهواء التي يخترقها الإشعاع هو العامل الأكثر تأثيراً على الجرعة الإشعاعية الناتجة عن الأشعّة الكونيّة. ومن هنا فإن المناطق الأكثر ارتفاعاً عن مستوى سطح البحر تتعرّض إلى جرعات أعلى من الخلفيّة الإشعاعية نتيجة الاشعّة الكونيّة.

Compliance with ethical standards

Disclosure of conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

1. Matthews, J. High-energy cosmic rays. in Bulletin of the Astronomical Society, Vol. 30, No. 2, p. 909. 1998.
2. Abbrescia, M., Avanzini, C., Baldini, L., Baldini Ferroli, R., Batignani, G., Battaglieri, M., ... & Zuyeuski, R. (2026). Measurement of the cosmic-ray rate over the period 2019–2025 at very high latitude (78.9° N). The European Physical Journal C, 86(3), 289..
3. Zorko, B., Korun, M., Črnič, B., Vodenik, B., & Gobec, S. (2021). Influence of solar activity on ambient dose equivalent H*(10) measured with thermoluminescent dosimeters in Slovenia. Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju, 72(1), 23–28
4. (Al-Khawlany, A. H., Khan, A. R., & Pathan, J. M. (2018). Review on studies in natural background radiation. Radiation Protection and Environment, 41(4), 215-222.
5. Oloketuyi, J., & Omole, O. (2024). Investigating the influence of cosmic ray and solar activities on atmospheric weather dynamics within the equatorial electrojet region (Nigeria). Discover Atmosphere, 2(1), 5.
6. Shahbazi-Gahrouei, D., M. Gholami, and S. Setayandeh, A review on natural background radiation. Advanced biomedical research, 2013. 2(1): p. 65..
7. Nilsson, A., Nguyen, L., Panovska, S., Herbst, K., Zheng, M., Suttie, N., & Muscheler, R. (2024). Holocene solar activity inferred from global and hemispherical cosmic-ray proxy records. Nature Geoscience, 17, 654–659
8 Clette, F., & Lefèvre, L. (2015). SILSO Sunspot Number V2.0. WDC SILSO, Royal Observatory of Belgium. https://doi.org/10.24414/qnza-ac80.
9. T. Sato, Analytical Model for Estimating the Zenith Angle Dependence of Terrestrial Cosmic Ray Fluxes, PLOS ONE, 11(8): e0160390 (2016).
10. T. Sato, Analytical model for estimating terrestrial cosmic ray fluxes nearly anytime and anywhere in the world: Extension of PARMA/EXPACS, PLOS ONE, 10(12): e0144679. (2015)
11 Abbrescia, M., Avanzini, C., Arlando, M., Balbi, G., Baldini, L., Baldini Ferroli, R., et al. (2020). New high precision measurements of the cosmic charged particle rate beyond the Arctic Circle with the PolarquEEEst experiment. European Physical Journal C, 80(7), 665.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

12. Hartmann, G.A. and I.G. Pacca, Time evolution of the South Atlantic magnetic anomaly. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 2009. 81: p. 243-255.
13. Kataoka, R., Sato, T., Miyake, S., Shiota, D., & Kubo, Y. (2018). Radiation dose nowcast for the ground level enhancement on 10–11 September 2017. Space Weather, 16(7), 917–923.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **AJAPAS** and/or the editor(s). **AJAPAS** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.

 Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).