

เรดอนในอากาศ น้ำพุร้อน และน้ำแร่บรรจุขวดบริเวณ ชารน้ำพุร้อน อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี

พจิรารัฐ โสลา¹ * ขนิษฐา ศรีสุขสวัสดิ์¹ อนันท์ โอมนิ¹ พิบูล อิสสระพันธุ์² และลัดดา ธรรมการณชัย²

¹ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) 9/9 หมู่ 7 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120

โทร 037 392901-6 โทรสาร 037 392913 E-mail: kanitha@tint.or.th

² สำนักโรคจากการประกอบอาชีพ และสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค 88/21 ถ. ติวานนท์ ตำบลตลาดขวัญ

อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000 โทร 02-5903000 E-mail: pibool@gmail.com

บทคัดย่อ

เป็นที่ทราบกันดีถึงการเจือปนด้วยเรดอนปริมาณสูงในน้ำพุร้อน ผลตรวจวัดปริมาณแก๊สเรดอนในอากาศ น้ำพุร้อน และน้ำแร่บรรจุขวด บริเวณชารน้ำพุร้อน อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี พบว่า ปริมาณแก๊สเรดอน ในอากาศภายในและภายนอกอาคาร มีค่าตั้งแต่ 10 ± 1 ถึง 17 ± 7 และ ตั้งแต่ 11 ± 4 ถึง 147 ± 17 Bq/m³ ตามลำดับ ปริมาณแก๊สเรดอนในชารน้ำร้อนที่ต้นกำเนิดมีค่าตั้งแต่ 95 ± 1.2 ถึง 154 ± 1.9 ในบ่อแช่น้ำแร่มีค่า 2 ± 0.4 ถึง 9 ± 0.3 ในน้ำแร่บรรจุขวดหลังบรรจุ 7 วัน มีค่า 17 ± 0.9 และหลังบรรจุขวด 90 วัน มีค่า 0.2 ± 0.036 Bq/l ตามลำดับ รายงานได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานอ้างอิงขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับแก๊สเรดอนในอากาศ 148 Bq/m³ เกณฑ์ปลอดภัยสำหรับน้ำอุปโภค 150 และน้ำบริโภค 11 Bq/l ตามลำดับ รายงานยังได้ประเมินรังสีขนาดเสี่ยงสำหรับนักท่องเที่ยว ชาวบ้านที่อยู่อาศัยบริเวณน้ำพุร้อน และพนักงานในรีสอร์ท

คำสำคัญ : เรดอนในอากาศ เรดอนในน้ำ สวนผึ้ง ชารน้ำพุร้อน

Radon Concentration in Air, Hot Springs, and Bottled Mineral Water in Hot Spring, Suan Phueng District, Ratchaburi Province

Phachirarat Sola¹, * Kanitha Srisuksawad¹, Anan O-Manee¹, Pibool Issarapan² and Ludda Thummagarun²

¹ Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization), Ongkharak, Nakhon Nayok 26120

Phone: 037 392901-6; Fax: 037 392913 E-mail: kanitha@tint.or.th

² Bureau of Occupational and Environmental Diseases, Department of Disease Control

88/21 Tiwanon road, Talat Khwan, Amphoe Mueang Nonthaburi, Nonthaburi 11000

Phone: 02-5903000 E-mail: pibool@gmail.com

Abstract

High concentration of radon gas in hot spring water is well known. Result of radon gas measurement in air, hot spring water and bottled mineral water in the area of a hot spring, Suan Phueng district, Ratchaburi province revealed the radon concentration in air inside and outside the building ranged from 10 ± 1 to 17 ± 7 and

11 ± 4 to 147 ± 17 becquerel/ m^3 , respectively. Radon in hot spring water at origin ranged from 95 ± 1.2 to 154 ± 1.9 , in spa pool ranged from 2 ± 0.4 to 9 ± 0.3 , and in bottled mineral water 7 days and 90 days after production were 17 ± 0.9 and 0.2 ± 0.036 becquerel/L, respectively. The radon concentration levels were within the reference level of the US Environmental Protection Agency for radon in air that is 148 becquerel/ m^3 , AMCL (alternative maximum concentration limit) for raw water that is 150, and MCL (maximum concentration limit) for drinking water that is 11 becquerel/L. Committed effective doses for tourists, local people and resort workers were assessed.

Key words: radon, hot springs, committed effective dose

1. บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีถึงการเจ็บป่วยด้วยเรดอนปริมาณสูงในน้ำพุร้อน¹⁻⁸ อย่างไรก็ตาม การท่องเที่ยวแบบพักผ่อนควบคู่กับการเสริมสร้างสุขภาพและบำบัดรักษาโรคด้วยการทำสปา น้ำแร่ อบ น้ำพุร้อน และการดื่มน้ำแร่ ก็กำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทย ในประเทศไทยมีบันทึกจากการสำรวจของกรมทรัพยากรธรณีว่า มีน้ำพุร้อนธรรมชาติอยู่ถึง 109 แห่ง⁹ และบางแห่งได้รับการพัฒนาเป็นสถานพักผ่อนและเสริมสุขภาพ (สปา) ถึงแม้จะมีข้อสงสัยว่า แก๊สเรดอนในน้ำพุร้อนเหล่านี้จะมีผลต่อสุขภาพสำหรับ ผู้ประกอบอาชีพ (ผู้ทำงานในสถานพักผ่อน) หรือนักท่องเที่ยวหรือไม่

เรดอนในน้ำพุร้อนเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะ คือ แก๊สเรดอนละลายอยู่ในน้ำ หรือแก๊สเรดอนที่เกิดจากการสลายของเรเดียม-226 ที่ละลายอยู่ในน้ำ กล่าวคือ เมื่อฝนตก น้ำฝนก็จะไหลซึมผ่านชั้นดินและหินลงสู่ใต้ผิวโลก ระหว่างทางน้ำฝนก็จะละลายเอาแก๊สเรดอนที่เกิดจากการสลายของเรเดียม-226 ในชั้นดินและหิน บางส่วนก็จะละลายเอาเรเดียม-226 ที่เจือปนในชั้นดินและหินเอาไปด้วย เมื่อน้ำไหลผ่านชั้นดินและหินนานเข้า ก็จะสะสมเอาแก๊สเรดอนและเรเดียม-226 เข้าไว้มากขึ้น จนกระทั่งน้ำนั้นได้สัมผัสกับความร้อนจากบริเวณใจกลางโลก ก็จะถูกแรงดันแทรกตามรอยแยกของเปลือกโลกพุ่งขึ้นมาเป็นน้ำพุร้อน ดังนั้น จึงมักพบเสมอว่าน้ำพุร้อนจะมีปริมาณความเข้มข้นของแก๊สเรดอนสูงมากเป็นพิเศษ

ผลต่อสุขภาพจากการดื่มน้ำพุร้อนที่มีแก๊สเรดอนละลายอยู่ในปริมาณสูงเกิดจากรังสีแอลฟาที่เกิดจากการสลายของเรดอน เป็นสาเหตุของการก่อโรคมะเร็งของอวัยวะต่าง ๆ เช่น ปอด ตับ ไต และต่อมเพศ ผลต่อสุขภาพอีกประการหนึ่ง คือเมื่อแก๊สเรดอนระเหยจากน้ำจะให้ความเสี่ยงจากการหายใจ รังสีแอลฟาจากการสลายของเรดอนจะทำลายเนื้อเยื่อปอด อันเป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็งปอด พบว่าเรดอนเป็นสาเหตุการป่วยด้วยโรคมะเร็งปอดเป็นอันดับสองรองจากบุหรี่¹⁰ มี

รายงานผลการศึกษาว่าปริมาณเรดอนในอากาศทุก ๆ 1 Bq/m^3 ที่เพิ่มขึ้น จะเพิ่มโอกาสต่อการป่วยเป็นโรคมะเร็งปอด ถึง 1.6×10^{-4} เท่า¹¹

ไพฑูรย์ และ สมชัย¹² ได้ศึกษาปริมาณแก๊สเรดอนในน้ำพุร้อนธรรมชาติในประเทศไทยจำนวน 22 จังหวัด 75 ตัวอย่าง พบว่า ตัวอย่างน้ำจากจังหวัดเชียงใหม่มีค่าต่ำสุด คือ 0.8 Bq/L และตัวอย่างน้ำจากจังหวัดสุราษฎร์ธานีมีปริมาณเรดอนละลายสูงสุด คือ $7,219.7 \text{ Bq/L}$ รองลงมาคือ จังหวัดชุมพร $4,514.4 \text{ Bq/L}$ ตัวอย่างน้ำที่มีปริมาณเรดอนละลายปานกลางค่อนข้างสูง คือ จังหวัดลพบุรี ($14.5\text{-}130.8 \text{ Bq/L}$) จังหวัดระนอง ($16.3\text{-}176.0 \text{ Bq/L}$) และจังหวัดราชบุรี ($23.6\text{-}171.1 \text{ Bq/L}$) โดยวัดได้สูงสุดที่อำเภอสวนผึ้ง (171.1 Bq/L)

ธารน้ำร้อน อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี เป็นธารน้ำร้อนขนาดเล็ก มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาตะนาวศรี มีความร้อนเฉลี่ย $50\text{-}57$ องศาเซลเซียส ปัจจุบันเป็นแหล่งพักผ่อนที่กำลังเป็นนิยม และแพร่หลายในหมู่นักท่องเที่ยวมากขึ้นเรื่อย ๆ อย่างไรก็ตามยังไม่มีมีการประเมินระดับรังสีที่ผู้ประกอบการ ประชาชนในท้องถิ่น และนักท่องเที่ยว จะได้รับเนื่องจากการใช้เวลาในสถานที่ดังกล่าว กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข จึงได้ร่วมกับสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (สทน.) ดำรวจปริมาณเรดอนในอากาศและปริมาณเรดอนละลายในน้ำดื่ม และน้ำใช้ ของบริเวณดังกล่าว รายงานยังได้ประเมินรังสีขนาดเสี่ยงของนักท่องเที่ยว ชาวบ้าน และพนักงานของรีสอร์ท จะได้รับ ในการใช้เวลา ณ บริเวณน้ำพุร้อนแห่งนี้

2. วิธีการ

ทำการวัดระดับแก๊สเรดอนในอากาศ 11 จุด บริเวณน้ำพุร้อนและบริเวณใกล้เคียง ตามแผนผังดังแนบ (Fig. 1) ด้วยเครื่องวัดชนิด Ionization chamber Atmos 12 dpx (ATMOS)¹³ สำหรับตัวอย่างน้ำใช้ขวดแก้วขนาด 1 L หย่อนลงได้น้ำปล่อยให้น้ำเข้าเต็มขวด ปิดฝาให้สนิทแล้วดึงขึ้นจากน้ำ นำมาวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการวัดแก๊สเรดอนของ สทน. ภายใน 1-2 วัน เพื่อไม่ให้แก๊สเรดอนในน้ำสูญเสียไปมาก โดยผลที่ตรวจวัดจะถูกคำนวณย้อนกลับไปที่เวลาเก็บตัวอย่างเสมอ วิธีการตรวจวัดใช้วิธีของ Belloni และคณะ¹⁴

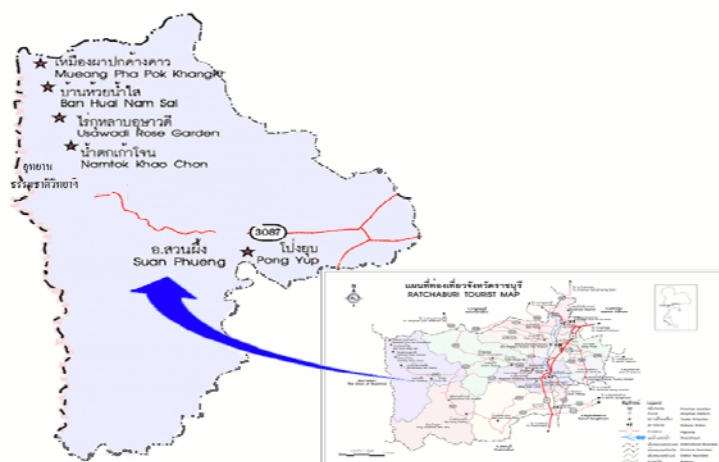


Fig. 1 แผนที่อำเภอสวนผึ้ง
จังหวัดราชบุรี

3. ผลการตรวจวัดและวิจารณ์

ตารางที่ 1 และ 2 แสดงผลการตรวจวัดแก๊สเรดอนในอากาศและน้ำ ตามลำดับ

ผลการตรวจวัดปริมาณเรดอนในอากาศในพื้นที่เปิดโล่ง เช่น โรงผลิตน้ำดื่ม และอุทยาน มีค่าต่ำ เทียบเท่าระดับรังสีพื้นฐานของประเทศไทย แต่ในพื้นที่ปิด เช่น ในรีสอร์ท มีปริมาณของแก๊สเรดอนในอากาศค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งห้องน้ำ และห้องนอน ซึ่งมักปิดสนิทเพราะผู้พักต้องการความเป็นส่วนตัวสูง ปริมาณเรดอนในอากาศในห้องนอนของรีสอร์ทมีค่าตั้งแต่ 122 ถึง 147 Bq/m³ เทียบเท่ากับค่ามาตรฐานอ้างอิงกำหนดโดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (US Environmental Protection Agency USEPA) ซึ่งกำหนดไว้ที่ 148 Bq/m³¹⁵ เปรียบเทียบกับผลสำรวจปริมาณแก๊สเรดอนในอากาศในอาคารที่อยู่อาศัยในจังหวัดขอนแก่น (4 ถึง 37 Bq/m³)¹⁶ สงขลา (5 ถึง 73 Bq/m³)¹⁷ และเชียงใหม่ (1 ถึง 109 Bq/m³)¹⁸ เฉลี่ย 19.5± 13.7 Bq/m³

ตารางที่ 1 ปริมาณแก๊สเรดอนในอากาศภายใน และภายนอกอาคาร บริเวณธารน้ำพุร้อน อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี

บริเวณ	สถานที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณแก๊สเรดอนในอากาศ (Bq/m ³)
บริเวณรีสอร์ท	ห้องพัก 1	147+17
	ห้องพัก 2	122+14
	ห้องน้ำในห้องพัก	81+12
	ห้องอาหาร	69+11
	บ่อแช่น้ำแร่	17+7
โรงผลิตน้ำดื่ม	ห้องพัก	25+8
	ห้องผลิตน้ำดื่ม	29+10

อุทยาน	ห้องนิทรรศการ	10 ± 1
	ร้านขายของฝาก	24 ± 7
	สำนักงานฯ	11 ± 4
	บ้านพักฯ	23 ± 5

ปริมาณแก๊สเรดอนในน้ำอุปโภค ทุกค่าไม่มีค่าใดเกินเกณฑ์กำหนดปลอดภัยสำหรับน้ำดื่ม (Maximum concentration limit (MCL)) ของ USEPA¹⁹ ซึ่งกำหนดไว้ที่ 11 Bq/L ยกเว้น ธารน้ำร้อน 1 และ 2 ที่มีค่าเทียบเท่าเกณฑ์กำหนดปลอดภัยสำหรับน้ำอุปโภค (Alternative maximum concentration limit (AMCL)) กำหนดโดย USEPA¹⁹ เช่นกันที่ 150 Bq/L ซึ่งแก๊สเรดอนปริมาณนี้ เมื่อระเหยสู่อากาศ จะทำให้บริเวณนี้มีระดับแก๊สเรดอนในอากาศประมาณ 9.5-15.4 Bq/m³ ซึ่งสอดคล้องกับระดับแก๊สเรดอนภายนอกอาคารที่วัดได้ในการสำรวจครั้งนี้ (ตารางที่ 1)

ปริมาณเรดอนละลายในน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำแร่บรรจุขวดมีค่า 126 Bq/L เกินค่า MCL อย่างไรก็ตามเมื่อผ่านกระบวนการผลิตและบรรจุแล้ว 7 วัน ปริมาณเรดอนละลายลดลงเหลือ 17 Bq/L และเหลือเพียง 0.2 Bq/L เมื่อผ่านกระบวนการผลิตและบรรจุแล้ว 90 วัน แสดงว่าน้ำพุร้อนไม่ละลายเรเดียม-226 จากดินและหินหรือละลายน้อยมาก ปริมาณเรดอนในน้ำลดลงเนื่องจากการสลายด้วยครึ่งชีวิต 3.82 วัน ในที่นี้เมื่อน้ำผ่านกระบวนการบรรจุแล้ว 7 วัน ยังคงมีปริมาณเรดอนละลาย 17 Bq/L อาศัยกฎการสลายของเรดอน ถ้าจะให้ น้ำแร่บรรจุขวดนี้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ผู้ผลิตควรเก็บน้ำนี้ไว้ไม่น้อยกว่า 8 วันหลังการผลิตก่อนจำหน่าย ซึ่งจะทำให้ปริมาณเรดอนละลายเหลือเท่ากับ 11 Bq/L พอดี

ตารางที่ 2 ปริมาณเรดอนละลายในน้ำพุร้อน และน้ำแร่บรรจุขวด บริเวณธารน้ำพุร้อน อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี

บริเวณ	สถานที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณเรดอนละลาย (Bq/L)
ต้นกำเนิดธารน้ำร้อน	ธารน้ำร้อนจุดที่ 1	154 ± 1.9
	ธารน้ำร้อนจุดที่ 2	95 ± 1.2
	บ่อแช่น้ำแร่สาธารณะ	9 ± 0.3
รีสอร์ท	บ่อแช่น้ำแร่	2 ± 0.4
	น้ำจากก๊อก	12 ± 0.3
โรงผลิตน้ำดื่ม	น้ำดิบ (ลึก 20 ม.)	126 ± 1.6
	น้ำแร่บรรจุขวด (หลังบรรจุ 7 วัน)	17 ± 0.9
	น้ำแร่บรรจุขวด (หลังบรรจุ 90 วัน)	0.2 ± 0.036

อุทยาน	น้ำตก	2 ± 0.6
	น้ำจากก๊อก	1 ± 0.5

การคำนวณค่ารังสีขนาดเสี่ยงเนื่องจากการหายใจเอาแก๊สเรดอนเข้าสู่ร่างกาย คำนวณได้โดยใช้สมการของ UNSCEAR (2000)²⁰ ดังนี้

$$\text{Committed effective dose} = \text{AM (Bq/m}^3) \times 0.4 \times a \text{ (h)} \times 9 \text{ nSv (Bq/m}^3/\text{h)}$$

เมื่อ AM (arithmetic means) คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณเรดอนในอากาศหน่วยเป็น Bq/m³

0.4 คือ equilibrium factor สำหรับเรดอนในบ้าน กำหนดโดย United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)

9 nSv (Bq/m³/h) คือ conversion factor โดยคิดว่าเมื่อบุคคลอาศัยอยู่ในบรรยากาศที่มีเรดอน 1 Bq/m³ ในเวลา 1 h จะก่อให้เกิดค่ารังสีขนาดเสี่ยง 9 nSv

ดังนั้นถ้าสมมติว่านักท่องเที่ยวใช้เวลา 3 วัน 2 คืน ในสถานพักผ่อนโดยพักอาศัยอยู่ในรีสอร์ททั้งหมด ค่ารังสีขนาดเสี่ยงที่จะได้รับจากการหายใจคือ $147 \text{ (Bq/m}^3) \times 0.4 \times 50 \text{ (h)} \times 9 \text{ nSv (Bq/m}^3/\text{h)}$ หรือ 0.026 mSv และสำหรับชาวบ้านที่อยู่อาศัยในบริเวณน้ำพุร้อน ค่ารังสีขนาดเสี่ยงที่จะได้รับ คือ 0.388 mSv/y และสำหรับพนักงานที่ทั้งทำงานและพักอาศัยในรีสอร์ทด้วย คือ 1.74 mSv/y ค่ารังสีขนาดเสี่ยงเฉลี่ยสำหรับบุคคลทั่วไปที่ได้รับจากการหายใจ มีค่าประมาณ 1.2 mSv/y²⁰

สำหรับการคำนวณหาปริมาณรังสีขนาดเสี่ยงจากการบริโภคเรดอน ตัวคูณหาปริมาณรังสีขนาดเสี่ยงคือ 10⁻⁸ Svซี/Bq ดังนั้น ถ้าชาวราชบุรีจะใช้น้ำพุร้อนจากธารน้ำร้อนเพื่อการบริโภคตลอดปี จะได้รับรังสีขนาดเสี่ยง 0.69 ถึง 1.12 mSv/y ค่ารังสีขนาดเสี่ยงเฉลี่ยสำหรับบุคคลทั่วไปที่ได้รับจากการกินมีค่า 0.3 mSv/y²⁰ ขณะที่เกณฑ์อนุญาตของการได้รับรังสีขนาดเสี่ยงจากการดื่มน้ำ กำหนดโดยองค์การอนามัยโลกไม่เกิน 100 μmSv/y²¹ ดังนั้น จึงไม่แนะนำให้ใช้น้ำจากน้ำพุร้อนเพื่อการบริโภค แต่สามารถใช้เป็นน้ำใช้ในชีวิตประจำวันได้

ระบบระบายอากาศที่ดีมีส่วนสำคัญในการช่วยลดปริมาณเรดอนในอากาศอย่างมาก G. Song และคณะ²² ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเรดอนในอากาศในห้องนอนของโรงแรม 2 แห่ง ใกล้กับน้ำพุร้อนในประเทศจีน พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างโรงแรมที่มีการถ่ายเทอากาศที่ดี ($172 \pm 85 \text{ Bq/L}$) กับโรงแรมที่ไม่มีการถ่ายเทอากาศที่ดี ($677 \pm 55 \text{ Bq/L}$) จากผลการตรวจวัดในตารางที่ 1 ปริมาณเรดอนในอากาศบริเวณที่เป็นสถานที่เปิดโล่งมีค่าต่ำมาก เทียบเท่าค่าระดับรังสีพื้นฐาน แต่ในรีสอร์ทซึ่งมักเป็นพื้นที่ปิด จะมีปริมาณเรดอนในอากาศค่อนข้างสูง โดยเฉพาะพื้นที่ปิด เช่น ห้องน้ำและห้องนอน เป็นต้น ดังนั้น จึงควรเปิดหน้าต่างให้มีการถ่ายเทของอากาศทุก ๆ วัน โดยอัตราการถ่ายเทอากาศจะช่วยลดปริมาณแก๊สเรดอนในอากาศได้ตามสมการ²³

$$C/C_0 = 1/V(\lambda + \lambda_v)$$

โดย	C	คือ ความเข้มข้นของปริมาณแก๊สเรดอนหลังติดตั้งระบบถ่ายเทอากาศ
	C_0	คือ ความเข้มข้นของปริมาณแก๊สเรดอนก่อนติดตั้งระบบถ่ายเทอากาศ
	V	คือ ปริมาตรของห้อง
	λ	คือ อัตราการสลายของแก๊สเรดอน 0.000126 ต่อนาที
	λ_v	คือ อัตราการถ่ายเทของอากาศในห้อง (ventilation rate) ต่อนาที

4. สรุป

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการตรวจวัดระดับเรดอนในอากาศ น้ำพุร้อน และน้ำแร่บรรจุขวด บริเวณธารน้ำพุร้อน จังหวัดราชนบุรี พบว่า ปริมาณแก๊สเรดอนในอากาศภายใน และภายนอกอาคาร มีค่า $10 \pm 1 - 147 \pm 17 \text{ Bq/m}^3$ ปริมาณแก๊สเรดอนในธารน้ำพุร้อนที่ต้นกำเนิดมีค่า ตั้งแต่ 95 ± 1.2 ถึง $154 \pm 1.9 \text{ Bq/L}$ ในบ่อแช่น้ำแร่ มีค่าตั้งแต่ $2 \pm 0.4 - 9 \pm 0.3 \text{ Bq/m}^3$ ในน้ำแร่บรรจุขวดหลังบรรจุ 7 วัน มีค่า $17 \pm 0.9 \text{ Bq/L}$ และหลังบรรจุขวด 90 วัน มีค่า $0.2 \pm 0.036 \text{ Bq/L}$ องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดค่ามาตรฐานอ้างอิงของแก๊สเรดอนในอากาศไว้ที่ 148 Bq/m^3 น้ำอุปโภค 150 Bq/L และน้ำบริโภค 11 Bq/L

พบว่า ระดับเรดอนในอากาศต่ำหรือเทียบเท่าค่ามาตรฐานอ้างอิงของ US EPA ปริมาณเรดอนในธารน้ำพุร้อนที่ต้นกำเนิดมีค่าสูงกว่าเกณฑ์อ้างอิงสำหรับน้ำบริโภคแต่เทียบเท่าเกณฑ์อ้างอิงสำหรับน้ำอุปโภค ดังนั้น ไม่แนะนำให้ใช้น้ำจากธารน้ำพุร้อนเพื่อบริโภคโดยตรง สำหรับน้ำแร่บรรจุขวดเมื่อผ่านกระบวนการผลิตแล้ว ปริมาณแก๊สเรดอนลดลงจนอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค อย่างไรก็ตามแนะนำให้ผู้ผลิตเก็บสินค้าไว้ไม่น้อยกว่า 8 วัน หลังการผลิตเพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

การคำนวณค่ารังสีขนาดเสี่ยงสำหรับนักท่องเที่ยวที่พักในรีสอร์ทเป็นเวลา 3 วัน 2 คืน ได้รับ 0.026 mSv ชาวบ้านที่อยู่อาศัยบริเวณธารน้ำพุร้อน 0.388 mSv/y และพนักงานของรีสอร์ทที่พักอาศัยในรีสอร์ทได้รับ 1.74 mSv/y เกณฑ์ปลอดภัยของการได้รับรังสีขนาดเสี่ยงสำหรับบุคคลทั่วไปกำหนดไว้ที่ 1 mSv/y

5. เอกสารอ้างอิง

1. Onishchenko A, et al. Applied Radiation and Isotopes, 68 (2010) 825
2. Vasarhelyi A, et al. Radiation Measurements, 28 (1997) 685

3. Al-Bataina B.A., et al. Radiation Measurements, 28 (1997) 591
4. Otwoma D. and Mustapha A.O., Health Physics, 74 (1998) 91
5. Tayyebe, Z.A., et al. Environmental Radioactivity, 38 (1998) 97
6. Horvath, A., et al. Environmental Radioactivity, 47 (2000) 127
7. Al-Kazwini, A.T. and Hasan, M.A., Radiological Protection, 23 (2003) 439
8. Segovia. N., et al. Radiation Measurements, 36 (2003) 379
9. อักษรานุกรม ภูมิศาสตร์ไทย เล่ม 1 ราชบัณฑิตยสถาน, ราชบัณฑิตยสถาน, 2545, หน้า 246.
10. Melloni B, et al. Rev. Mal. Respir, 17 (2000) 1060
11. <http://enhs.umn.edu/hazards/hazardssite/radon/radonriskassessment.html>
12. ไพฑูรย์ วรรณพงษ์ และ สมชัย บวรกิตติ. วารสารวิชาการสาธารณสุข, 4 (2547) 44
13. Atmos 12 DPX Radon gas monitor, Model 300368, บริษัท Gammadata Instrument AB ประเทศสวีเดน
14. Belloni P, et al. Science of the Total Environment, 173/174 (1995) 61
15. US EPA (United States Environmental Protection Agency), National emission standards for hazardous air pollutants: Emission standards for radon emissions from phosphogypsum stacks, Federal Register 57(107), Final Rule (40CFR61), US EPA, 1992.
16. จำเนียร มุลเทพ และคณะ. ธรรมชาติศาสตร์เวชสาร, 8 (2551) 455
17. สมชัย บวรกิจ และคณะ. วารสารราชบัณฑิตยสถาน, 34 (2552) 324
18. สมบัติ บุญญประภา และคณะ. วารสารวิจัยระบบสาธารณสุข, 2 (2551) 460
19. US EPA (United States Environmental Protection Agency), National Primary Drinking Water Regulation: Radionuclides (Proposed Rules). Federal Register 56, US EPA, 1991.
20. UNSCEAR (United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), Sources and effects of ionization radiation, Report to the General Assembly of the United Nation with Scientific Annexes. UNSCEAR, New York, 2000.
21. WHO (World Health Organization), Guidelines for Drinking-water Quality, Third edition incorporating the first and second addenda, WHO, Volume 1, Geneva, 2008.
22. Song, G., et al. Science of the Total Environment, 339 (2005) 63
23. QUINDOS L.S., et. Al. Radiation Protection Dosimetry, 19 (1987) 125