

เอกสารแนบ 12
สำเนาหนังสือนำเสนอ และรายงานการศึกษาและตรวจสอบเสถียรภาพ
และโอกาสรั่วซึมของบ่อกักเก็บกากโลหะผสม บ่อที่ 1

ที่ AKR-PLC/729/24

18 กันยายน 2567

เรื่อง ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการประเมินเสถียรภาพและโอกาสรื้อซึมของบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 (TSF1) บริษัท อัครา รีซอร์สเซส จำกัด (มหาชน)

เรียน อธิบดีกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

อ้างถึง 1. หนังสือกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ที่ อก 0512/4801 ลงวันที่ 14 กันยายน 2560

เรื่อง ขอให้ชี้แจงและจัดทำข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับประกอบการพิจารณาต่ออายุใบอนุญาตประกอบโลหกรรม

2. หนังสือกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ที่ อก 0506/1963 ลงวันที่ 20 พฤษภาคม 2564

เรื่อง ข้อเสนอแผนงาน และรายงาน ของบริษัท อัครา รีซอร์สเซส จำกัด (มหาชน)

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. รายงานบทสรุปผู้บริหาร โครงการฯ จำนวน 1 ฉบับ

2. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการฯ จำนวน 1 ฉบับ

ตามหนังสือที่อ้างถึง 1 กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ (กพร.) ได้แจ้งให้บริษัทฯ ชี้แจงข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับในการดำเนินการตามเงื่อนไขใบอนุญาต รวม 3 ข้อ และยังสามารถขอให้บริษัทฯ ดำเนินการเพิ่มเติม เพื่อให้การพิจารณาต่ออายุใบอนุญาตประกอบโลหกรรมเป็นไปตามพระราชบัญญัติแร่ พ.ศ. 2560 ซึ่งมีผลบังคับใช้แล้ว อีก 3 ข้อ คือ 1) การจัดทำข้อมูลพื้นฐานด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน 2) การจัดทำแผนการปิดบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 และแผนการฟื้นฟูพื้นที่ของบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 รวมถึงพื้นที่ของเขตโลหกรรมในส่วนที่ไม่ใช่แล้ว และ 3) แผนงานในการตรวจสอบข้อเท็จจริงด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพโดย Third Party และต่อมา กพร. ได้มีหนังสือตามที่อ้างถึง 2 แจ้งว่า บริษัทฯ ได้นำส่งข้อเสนอแผนงานและรายงานต่างๆ ตามนัยของหนังสือที่อ้างถึง 1 ครบถ้วน รวมทั้งได้ส่งแผนงานและรายงานต่างๆ ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทราบแล้ว ความละเอียดแจ้งแล้ว นั้น

บริษัทฯ ขอเรียนว่า ภายใต้หัวข้อที่ 2 แผนการปิดบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 และแผนการฟื้นฟูพื้นที่ นั้น บริษัทฯ ได้เสนอให้มีการจัดจ้างที่ปรึกษา หรือสถาบันวิจัย ที่มีความเชี่ยวชาญในการศึกษาและตรวจสอบเสถียรภาพและโอกาสการรื้อซึมของบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 เพื่อหาข้อมูลในประเด็นที่มีข้อกล่าวหาว่า บ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 มีการรั่วไหล โดยให้ข้อมูลทางวิชาการประกอบ ซึ่งกรณีนี้ กพร. ได้เคยออกคำสั่งให้บริษัทฯ ดำเนินการแก้ไขปัญหาคูณภาพน้ำในบ่อสังเกตุการณ์ บ่อตักตะกอน ขุมเหมือง บ่อรับน้ำอุกเงินในบริเวณพื้นที่โครงการ และยังเป็นข้อพิพาทระหว่างกันอยู่ในศาลปกครอง

ในการศึกษาเรื่องดังกล่าว บริษัทฯ ได้ว่าจ้างกลุ่มวิจัยวัสดุชีวภาพอัจฉริยะและเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เข้ามาดำเนินการตามแผนงานที่ได้รับความเห็นชอบในที่ประชุมร่วมกับคณะเจ้าหน้าที่ของ กพร.

ได้รับเรื่องไว้แล้ว

18 กย 2567

บริษัท อัครา รีซอร์สเซส จำกัด (มหาชน) เลขที่ 99 ม.9 ต.เขาเจ็ดยักษ์ อ.ทับคล้อ จ.พิจิตร 66230

Akara Resources Public Company Limited No.99 Moo 9, Khao Chet Luk, Thap Khlo, Phichit 66230

Tel +66 5661 4500 www.akararesources.com

-2-

บัดนี้ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเสร็จสิ้น และได้ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์ให้บริษัทฯ แล้ว เมื่อวันที่ 13 กันยายน 2567 บริษัทฯ จึงขอส่งรายงานดังกล่าว ดังปรากฏรายละเอียดตามสิ่งที่ส่งมาด้วย 1 และ 2 ซึ่งประกอบด้วย รายงานสรุปผู้บริหาร โครงการประเมินเสถียรภาพและโอกาสรั่วซึมของบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 และ รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการฯ เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไข/ข้อสั่งการ และเพื่อใช้ประโยชน์ทางวิชาการต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถืออย่างสูง



ผู้จัดการทั่วไป ฝ่ายความยั่งยืนขององค์กร

บทสรุปผู้บริหาร

โครงการประเมินเสถียรภาพและโอกาสรั่วซึมของบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 (TSF1)

บริษัท อัครา รีซอร์สเซส จำกัด (มหาชน) และส่วนต่อขยายโครงการประเมินลักษณะ
สมบัติของไชยาไนต์ในกากแร่ของบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 (TSF1)

บริษัท อัครา รีซอร์สเซส จำกัด (มหาชน)



กลุ่มวิจัยวัสดุชีวภาพอัจฉริยะและเทคโนโลยี

คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สิงหาคม 2567

บทสรุปผู้บริหาร

โครงการศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินเสถียรภาพของกากแร่ที่กักเก็บในบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 และการประเมินการรั่วซึมของบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 พร้อมทั้งประเมินการแปรสภาพของไซยาไนด์ที่คงค้างในกากแร่ ข้อมูลการสำรวจภาคสนามได้แก่ การเจาะสำรวจตัวอย่างกากแร่จำนวน 20 หลุมเจาะ จำนวน 3 ระดับความลึก ได้แก่ 0-5 เมตร 5-20 เมตรและ 20-24 เมตร และเจาะสำรวจตัวอย่างดินโดยรอบบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 จำนวน 6 หลุมเจาะ ตัวอย่างกากแร่และตัวอย่างดินจะถูกนำมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักได้แก่ สารหนู แคดเมียม โครเมียม โปรท แมงกานีส นิกเกิล ตะกั่ว สังกะสีและไซยาไนด์ ด้วยวิธี Soluble Threshold Limit Concentration (STLC) และวิธี Total Threshold Limit Concentration (TTLC) พร้อมกับสำรวจลักษณะสมบัติของน้ำใต้ดินจากบ่อสังเกตการณ์โดยรอบบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 บ่อน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำผิวดินที่ใช้ในการเกษตรและการบริโภคในพื้นที่ รวมทั้งการเก็บตัวอย่างพืชที่ขึ้นในบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างกากแร่นั้น ไม่พบปรอท แต่พบโลหะหนักอื่น ๆ ในปริมาณที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานความเข้มข้นของสิ่งเจือปนที่ละลาย (STLC) ยกเว้น ตะกั่วที่มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อเปรียบเทียบกับกากแร่กับตัวอย่างดินที่อยู่ในบริเวณโดยรอบบ่อกักเก็บกากแร่ พบว่าในกากแร่จะมีสารหนู ตะกั่วและไซยาไนด์ สูงกว่าดินโดยรอบบ่อกักเก็บกากแร่ ค่าความเข้มข้นของสารหนู และตะกั่วในกากแร่สูงขึ้นกว่าดินธรรมชาติเล็กน้อย สันนิษฐานว่าเป็นผลมาจากตัวสินแร่เอง และตะกั่วที่พบจะอยู่ในรูปของสารประกอบคาร์บอเนตที่ละลายน้ำได้น้อย และไซยาไนด์ที่เพิ่มสูงขึ้นจากดินธรรมชาติ มาจากการใช้สารเคมีในกระบวนการประกอบโลหกรรม ส่วนค่าแคดเมียม โครเมียม นิกเกิล และสังกะสีในตัวอย่างกากแร่และดินในบริเวณโดยรอบ มีความเข้มข้นใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจจะเป็นองค์ประกอบของแร่ในพื้นที่ แต่แมงกานีสในกากแร่และดินรอบ ๆ บ่อกักเก็บกากแร่ มีความแปรปรวน ไม่สามารถอธิบายได้ ซึ่งอาจจะเป็นแร่ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติของการผุพังของหินอัคนีที่เป็นแหล่งแร่ทองคำ ทั้งนี้โลหะหนัก และไซยาไนด์ในน้ำชะ สามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่อยู่กับแร่ต้นกำเนิด (แมกนีไทต์ อิลเมไนต์ การ์เน็ต เซอร์คอน และพลาคิตินัม) ได้แก่ สารหนู แคดเมียม โครเมียม และนิกเกิล และกลุ่มที่อยู่ในสารเคมีที่เติมลงในกระบวนการประกอบโลหกรรมเช่น ไซยาไนด์

เพื่อเป็นการยืนยันปริมาณของโลหะหนักและไซยาไนด์ ที่คงค้างในกากแร่และดินในหลุมเจาะบริเวณรอบบ่อกักเก็บกากแร่ ตัวอย่างกากแร่และดินที่มีค่าความเข้มข้นของสิ่งเจือปนที่ละลาย (STLC) จะถูกนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นทั้งหมดของสิ่งเจือปน (TTLC) ของกากแร่ที่มีค่า STLC เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดของความเข้มข้นของสิ่งเจือปน เนื่องด้วยกากแร่ที่กักเก็บในบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 นั้น มีการกักเก็บมาเป็นระยะเวลาหนึ่งและทวนสอบผลของความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในกากแร่ จึงได้เก็บตัวอย่างที่ปล่อยสู่บ่อกักเก็บกากแร่ที่ 2 ซึ่งเป็นกากแร่ที่ปล่อยมาจากโรงประกอบโลหกรรมพบว่า กากแร่ที่ปล่อยลงสู่บ่อกักเก็บกากแร่ที่ 2 มีสภาพไม่แตกต่างจากกากแร่

ในบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 กล่าวคือ ไม่ปนเปื้อนด้วยแคดเมียม ตะกั่วปรอทและไซยาไนด์ที่แตกตัวในสภาพที่เป็นกรดอ่อน สำหรับโลหะหนักอื่น ๆ ได้แก่ สารหนู โครเมียม แมงกานีส นิกเกิลและสังกะสี มีค่าใกล้เคียงกันระหว่างกากแร่จากบ่อกักเก็บกากแร่ทั้งสองแห่ง ในทางตรงข้าม ตัวอย่างดินที่เก็บมาจากพื้นที่เกษตรกรรม โดยรอบบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 มีความเข้มข้นของโลหะหนักสูงกว่ากากแร่ ซึ่งบ่งชี้ได้ว่า เหมืองแร่ทองคำชาติรมีชั้นดินที่มีแร่ธาตุเป็นองค์ประกอบอย่างเข้มข้นหรือเป็นแหล่งแร่ โดยเฉพาะโครเมียม แมงกานีสและนิกเกิล โดยหากพิจารณาไซยาไนด์ ที่เป็นสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการประกอบโลหกรรม จะพบว่า กากแร่ในบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 มีไซยาไนด์หลงเหลืออยู่ในความเข้มข้นที่ต่ำมากจนไม่มีนัยสำคัญ ด้วยข้อมูลดังกล่าว จึงพิสูจน์ได้ว่า กระบวนการกำจัดไซยาไนด์มีประสิทธิภาพเพียงพอ ส่วนสารหนูที่เป็นเพื่อนแร่ของทองคำนั้น ในการประกอบโลหกรรมอาจมีสารหนูตกค้างในกากแร่เท่า ๆ กับดินธรรมชาติ กากแร่มีการสลายตัวโดยการชะละลายโลหะหนักของซัลเฟตไม่แตกต่างจากกระบวนการผุพังของหินแร่ตามธรรมชาติ สำหรับดินตัวอย่างในพื้นที่รอบเหมืองแร่ทองคำชาติรมพบว่า มีแมงกานีสและสารหนู สูงกว่ากากแร่ที่ปล่อยลงสู่บ่อกักเก็บกากแร่ที่ 2 สันนิษฐานว่าแมงกานีส น่าจะปะปนกับแร่ต้นกำเนิดและแมงกานีสที่พบในดินที่ปลูกลำไยป่าหลังที่สูงมากนั้น เนื่องจากแมงกานีสจะเป็นธาตุที่ช่วยในการทำงานของเอนไซม์ มีส่วนประกอบของคาร์บอนไดออกไซด์และการย่อยไนโตรเจน ซึ่งสำคัญต่อการเจริญเติบโตของลำไยป่าหลัง ส่วนสารหนูที่สูงขึ้นอาจมาจากสารปรอทที่ปนเปื้อน ในขณะที่ไม่เบิกนา (Pioneer Plant) ที่ขึ้นอยู่บนชั้นกากแร่ในบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 เป็นวัชพืชที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จึงเป็นตัวแทนของพืชที่ไม่มีการใช้สารเคมี สารปรอทที่ปนเปื้อนและปุ๋ยเคมี ที่สามารถสะท้อนโลหะหนักที่ดูดซึมโดยพืช (Uptake) โดยอาจจะพบนิกเกิลและสังกะสีที่สูงกว่ากากแร่ ซึ่งธาตุทั้งสองจัดเป็นจุลธาตุ (Micro Nutrients) ที่พืชต้องการในการสร้างเอนไซม์ โดยนิกเกิล (Ni) เป็นธาตุอาหารที่สำคัญต่อเอนไซม์ ทำหน้าที่ปลดปล่อยไนโตรเจนให้อยู่ในรูปที่จะนำไปใช้ได้และยังช่วยในกระบวนการออกของเมล็ดอีกด้วย ส่วนสังกะสี (Zn) ช่วยสังเคราะห์ฮอร์โมนออกซิน คลอโรฟิลล์และแบ่งซึ่งควบคุมการย่อยน้ำตาลของพืช เป็นส่วนหนึ่งในการทำงานของเอนไซม์ที่มีส่วนในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและจำเป็นต่อการเปลี่ยนสภาพของคาร์โบไฮเดรต หากพิจารณาไม้เบิกนาที่ขึ้นบนบ่อกักเก็บกากแร่นั้น พืชจะเติบโตในสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้ง ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีสภาพเป็นกรด (พีเอชสูงกว่า 5.5) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะสมบัติของชั้นกากแร่ที่มีทรายแป้ง (Silt) เป็นองค์ประกอบหลัก ที่มีสารอินทรีย์ และธาตุอาหารต่ำระบายน้ำได้ดี ไม่อุ้มน้ำ ไม้เบิกนา อาทิ กระถินและไมยราบ จึงสามารถเจริญเติบโตได้

การเจาะสำรวจในบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 นั้นใช้การเจาะสำรวจด้วยวิธี Standard Penetration Test (SPT) ที่ไม่มีการเติมน้ำลงไป โดยไม่พบน้ำในช่องว่างของกากแร่ (Pore Water) ซึ่งสามารถอธิบายพฤติกรรมการไหลของน้ำในชั้นกากแร่ที่อยู่ในบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 ด้วยการไหลในชั้นดินไม่อิ่มน้ำ (Unsaturated Zone) ที่น้ำสามารถซึมสู่ท่อรวบรวมน้ำ (Underdrainage) ด้วยการไหลลงในแนวดิ่ง (Vertical Flow) ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกและมีการสูบกลับไปใช้ในโรงประกอบโลหกรรม หากมีการรั่วซึม น้ำใต้ดินจากภายนอกย่อมไหลซึมเข้ามาและทำให้ระดับน้ำ

ในบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 มีระดับเท่ากับเส้นระดับน้ำใต้ดินภายนอก (Groundwater Table) ผลการสำรวจจึงเป็นการยืนยันได้ว่า ไม่มีการรั่วซึมของชั้นดิน (Liner) ในบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 นอกจากนี้ผลการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ที่นำมาประยุกต์ใช้ประกอบด้วย วิธีการสำรวจด้วยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะในแนวดิ่ง (Vertically Electrical Sounding: VES) โดยใช้วิธีการวางขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจอร์ (Schlumberger Array) และวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้าในรูปแบบภาพตัดขวาง 2 มิติ (2-Dimensional Resistivity Survey) โดยใช้วิธีการวางขั้วไฟฟ้าแบบผสมระหว่างวิธีเวนเนอร์และชลัมเบอร์เจอร์ (Wenner-Schlumberger) ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจทั้งหมดสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาความหนาของชั้นดิน/ชั้นหิน ความลึกของชั้นดิน/ชั้นหินและวิเคราะห์หารอยแตก แนวแตก หรือโพรงในชั้นหิน เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองทางธรณีวิทยาสำหรับวิเคราะห์การรั่วซึมของบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 ซึ่งยืนยันได้ว่า ไม่มีการรั่วซึมของน้ำในบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 ออกสู่ภายนอก

เมื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักและไซยาไนด์ในบ่อสังเกตการณ์ และแหล่งน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินโดยรอบบริเวณบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 เพื่ออธิบายการรั่วซึมของบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 ด้วยสมมติฐานที่ว่า หากมีการรั่วซึมของบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 มลสารทั้งโลหะหนักและไซยาไนด์ย่อมแปรสภาพ จะสามารถระบุได้ด้วยการประเมินความสัมพันธ์กับการแปรสภาพของกากแร่ในบ่อกักเก็บกากแร่และภายนอก ผลการวิเคราะห์สามารถตีความได้ดังนี้

(1) หากในแหล่งแร่มีปรอท ปรอทที่พบจะอยู่ในรูปของ Hg^0 ที่สามารถละลายน้ำได้ แต่ในทางตรงข้ามผลวิเคราะห์นั้นไม่พบปรอทในกากแร่และน้ำตัวอย่าง ทำให้เชื่อมั่นว่าในแร่ต้นกำเนิดนั้นปราศจากปรอท

(2) แคดเมียม โครเมียม และตะกั่ว ซึ่งเป็นเพื่อนแร่ (Coexisting Minerals) ของทองคำที่พบในกากแร่ ไม่ได้รั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม หากแคดเมียม โครเมียม และตะกั่ว ในกากแร่สามารถละลาย หรือถูกชะออกมาได้ อาจจะพบแคดเมียมในรูปของไอออนอิสระ (Cd^{2+}) บางแห่ง แต่ผลการวิเคราะห์ไม่พบแคดเมียมในแหล่งน้ำ จึงเป็นที่แน่ชัดว่า แคดเมียมในกากแร่นั้นไม่ได้รั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม ด้วยการชะของน้ำฝนหรือการพัดพาด้วยน้ำท่า และในทำนองเดียวกัน หากโครเมียมในกากแร่ถูกชะออกมาได้ ก็ควรจะพบโครเมียมที่ละลายน้ำได้ ผลการประเมินสภาพแวดล้อมจะพบโครเมียมในรูป $Cr(OH)^{2+}$ และ $Cr(OH)_2^+$ ซึ่งเป็นโครเมียมไตรวาเลนต์ ($Cr(III)$) ที่อยู่ในรูปของสารประกอบไฮดรอกไซด์ ที่อาจละลายน้ำได้บ้างและยังพบ $Cr(OH)$ ที่เป็น $Cr(I)$ แต่ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำนั้นขัดกับสมมติฐาน ทำให้เชื่อมั่นได้ว่าไม่มีการรั่วซึมของน้ำชะสู่สิ่งแวดล้อม ส่วนตะกั่วนั้นจะเป็นตะกั่วคาร์บอเนต ที่ละลายน้ำได้น้อย

(3) ไซยาไนด์ที่อยู่ในกากแร่ ไม่ได้รั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อมเช่นเดียวกัน ด้วยเหตุผลเดียวกันกับโครเมียมและแคดเมียมที่แสดงให้เห็นว่า น้ำชะนั้นไม่ได้รั่วซึมออกจากบ่อกักเก็บกากแร่ได้เลย จึงทำให้ไม่พบการปนเปื้อนของไซยาไนด์ในแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน

(4) แมงกานีส (Mn) ในน้ำบาดาลบ่อลึก บ่อตื้นและแหล่งน้ำผิวดิน เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินตามเกณฑ์อนุโลมสูงสุดจำนวน 9, 12 และ 6 แหล่ง ตามลำดับ หากพิจารณาของแมงกานีสที่อาจพบในแหล่งน้ำ พบว่าแมงกานีสส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปไอออนอิสระของ Mn^{2+} , $MnCO_3$ และ Mn_3O_4 ทั้งนี้แมงกานีสในรูป $MnCO_3$ และ Mn_3O_4 มักจะอยู่ในรูปของผลึกและถูกนำมาใช้ทำเป็นขั้วแอโนดของแบตเตอรี่ลิเทียม ในขณะที่ Mn^{2+} อาจเกิดปฏิกิริยากับตะกั่ว ในสภาวะแวดล้อมดังกล่าว ซึ่งอาจพบตะกั่วในรูปของ $PbCO_3$ ที่เป็นองค์ประกอบของ Hydrated Cerrusite และ Hydrocerrussite, $Pb(CO_3)_2(OH)_2$ สารประกอบตะกั่วคาร์บอเนตทั้งสองรูปแบบละลายน้ำ จึงสนับสนุนข้อมูลว่าการตรวจวัดค่าตะกั่วในน้ำมีค่าต่ำกว่าจะวัดค่าได้ หรืออาจจะแสดงให้เห็นว่าตะกั่วในพื้นที่นี้มีความเสถียร

(5) สารหนู (As) ที่ตรวจพบในแหล่งน้ำจะอยู่ในรูปสารประกอบ $HAsO_4^{2-}$, $H_2AsO_4^-$ และ H_3AsO_3 ใน 2 รูปแรกจะเป็น As(V) และในรูปสุดท้ายจะเป็น As(III) สารประกอบในรูปของสารหนูที่มีวาเลนซ์ +5 นั้นมีพิษต่ำกว่าสารหนูที่มีวาเลนซ์ +3 น้ำตัวอย่างส่วนใหญ่จะมีลักษณะสมบัติคล้ายน้ำบาดาลทั่วไปที่มักพบ $HAsO_4^{2-}$ มีเพียงบางตัวอย่างที่คล้ายกับน้ำผิวดินที่มักพบ $H_2AsO_4^-$ แต่ยังมีน้ำตัวอย่างจากจุดเก็บตัวอย่าง GWDL (GWST15) และ TSF5339 อาจพบสารหนูในรูป H_3AsO_3 ที่มี As(III) ซึ่งเป็นพิษ เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของสารหนูในน้ำพบว่า GWDL (GWST15) เป็นบ่อน้ำบาดาลนอกพื้นที่เหมืองแร่ทองคำชาติและเป็นแหล่งน้ำบาดาลสำหรับการผลิตน้ำประปา ส่วนบ่อสังเกตการณ์ TSF5339 ที่อยู่ทางด้านทิศใต้ของบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 พบการปนเปื้อนของสารหนู ซึ่งไม่เกินค่าเกณฑ์อนุโลมสูงสุดของแหล่งน้ำใต้ดิน (0.05 มก./ล.)

(6) สารหนูในน้ำตัวอย่าง มีเพียง 2 บ่อ คือ TSF5338 และ TSF6691 ที่มีค่าสูงเกินค่าอนุโลมสูงสุด แต่หากเปรียบเทียบกับน้ำชะ เมื่อพิจารณาบ่อสังเกตการณ์รอบข้าง คือ TSF6472 ที่มีระดับความลึก 60 เมตร เช่นเดียวกับบ่อ TSF5338 และ TSF6691 พบสารหนูในน้ำเพียง 0.008 มก./ล. ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินที่กำหนดเกณฑ์อนุโลมสูงสุด 0.05 มก./ล. และบ่อรอบข้างคือ TSF5339 ที่มีความลึก 30 เมตร พบสารหนูปนเปื้อนในน้ำ 0.0089 มก./ล. ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินที่กำหนดเกณฑ์อนุโลมสูงสุด ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า สารหนูที่พบใน TSF5339 ไม่มีความสัมพันธ์กับการรั่วซึมของน้ำชะที่พาสารหนูเคลื่อนที่มายังบ่อสังเกตการณ์แห่งนี้ สอดคล้องกับข้อมูลการปนเปื้อนของสารหนูในน้ำที่ตรวจวัดจากบ่อสังเกตการณ์ที่มีความลึกไม่เกิน 30 เมตรที่อยู่ในพื้นที่เหนือน้ำนั้น ไม่พบสารหนูปนเปื้อนในน้ำ หรือไม่พบพวย (Plume) ของสารหนู แต่สารหนูอาจมาจากต้นกำเนิดแหล่งแร่ทองคำ ที่มักจะพบสารหนูในรูปของ Pyrite (FeS_2), Arsenopyrite ($FeAsS$), Arsenide ($As(III)$) และ Sulfosalt (Ag_3AsS_3) ในการแปรสภาพสารหนูในกากแร่จะต้องมีคัลไครโดกซ์เป็นลบ หรืออยู่ในสภาวะออกซิเดชันที่มีออกซิเจนจำกัด หรือแอนแอโรบิก แต่ในบ่อสังเกตการณ์ TSF5339 มีคาร์ดิออกซ์เป็นค่าบวก ที่บ่งชี้ว่ามีออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำ ดังนั้นสารหนูที่พบในบ่อ TSF5339 ไม่ได้มาจากการรั่วซึมของน้ำชะจากบ่อกักเก็บกากแร่ และการสลายของแร่ต้นกำเนิดและไม่มีความสัมพันธ์กับสารหนูที่พบในบ่อ TSF5338 และ TSF6691 จึงอาจกล่าวได้ว่า สารหนูที่พบในตัวอย่างแหล่งน้ำทั้ง TSF5338 และ TSF6691 ไม่มีความสัมพันธ์กับการปนเปื้อนจาก

การรั่วไหลของน้ำชะและจากแร่ต้นกำเนิดที่อยู่ในชั้นดินด้านบน ด้วยข้อมูลในอดีตพบว่า ตัวอย่างน้ำในบ่อทั้งสอง แห่งมีค่าสารหนูสูงมาโดยตลอดและเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินที่กำหนดเกณฑ์อนุโลมสูงสุด จึงสันนิษฐานได้ว่า สารหนูที่พบในบ่อสังเกตการณ์ TSF5338 และ TSF6691 อาจมาจากแหล่งแร่ที่เป็น Arsenopyrite (FeAsS)

ดังนั้นหากการตรวจพิสูจน์โลหะที่คงค้างในกากแร่จะใช้ตะกั่ว แมงกานีส หรือนิกเกิล ก็ย่อมทำได้ แต่หากโลหะ เหล่านี้อาจจะเกิดขึ้นตามธรรมชาติของแหล่งแร่ สำหรับนิกเกิลนั้นมีการหน่วง (retardation) ต่ำที่สุดในโลหะ ดังกล่าว ด้วยกฎหมายว่าด้วยการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากร (RCRA) ของเสียจากการทำเหมืองหรือการแปรรูป แร่ที่เกี่ยวข้องกับการสกัดแร่ หรือกระบวนการแปรรูปแร่โดยเฉพาะจะอยู่ในข้อยกเว้น ของเสียดังกล่าวมักจะมี ลักษณะสมบัติคล้ายดินในธรรมชาติ (earthen in nature) แต่ของเสียที่ได้มาจากกระบวนการแปรรูปที่อาจจะมี การเติมสารเคมีอื่นๆ ไม่ได้อยู่ในธรรมชาติ จะต้องถูกกำจัด โดยไม่ได้รับข้อยกเว้นตาม Bevill หากพิจารณาสารเคมี ที่ใช้ในกระบวนการผลิตยาไนต์ที่เป็นกระบวนการเสริม อาจจะมีเพียงคอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) ที่อาจจะใช้บังคับ การปนเปื้อน ทั้งนี้ ทองแดง (Cu) จะมีค่าการกระจาย (distribution coefficient, K_d) ในช่วง 1.4-333 ซึ่งอนุมาน ได้ว่าจะหน่วงได้มากกว่า นิกเกิล แต่อย่างไรก็ตาม คอปเปอร์ซัลเฟตนั้นใช้ในปริมาณที่ต่ำมาก จึงอาจจะยากในการ ตรวจวัดค่า หากใช้ สารหนู และแคดเมียม ที่เป็นสารอันตราย ในการบังคับการปนเปื้อน อาจจะมีการรบกวนผลการ วิเคราะห์ เนื่องจากสารหนู และแคดเมียมอาจจะพบในสารปราบศัตรูพืช ดังนั้นการตรวจติดตามการรั่วซึมของบ่อ กักเก็บกากแร่ที่ 1 ควรจะตรวจวัดยาไนต์โดยตรง และตรวจวัดนิกเกิลร่วมด้วยเพื่อการแจ้งเตือน

ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของมลสารที่เจือปนในกากแร่ที่ปล่อยมาจากโรงประกอบโลหกรรม กากแร่ที่กักเก็บใน บ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 และวัชพืชที่เป็นไม้เบิกนำที่ขึ้นอยู่ในบ่อกักเก็บกากแร่ที่ 1 พบว่า มลสารที่เจือปนในกากแร่ จะเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้จากการสัมผัสจากมือสู่ปาก เช่นเดียวกับมลพิษในดิน การประเมินจึงประเมินความเสี่ยง ของเด็กและผู้ใหญ่ หากพื้นที่นี้มีการใช้ประโยชน์เป็นสถานที่เล่นนันทนาการ อาจมีกิจกรรมบางกิจกรรมที่ครอบคลุม สามารถใช้ประโยชน์พื้นที่หลังจากการปิดบ่อกักเก็บกากแร่ในกรณีที่พนักงานท้องถิ่นจะกำหนดให้มีการใช้เวลาใน พื้นที่ 7 วันต่อปี ในกรณีที่พนักงานท้องถิ่นเข้ามาทำงานในพื้นที่จะแบ่งเป็น 3 กรณี คือ (1) บุคคลในพื้นที่ (การสัมผัส มลพิษอาจจะมีเวลาเท่ากับอายุขัย คือ 70 ปี) (2) บุคคลที่ย้ายถิ่นฐานเข้ามาทำงานในพื้นที่จนเกษียณอายุ (การ สัมผัสมลพิษในพื้นที่เท่ากับ 30 ปี) และ (3) บุคคลที่ย้ายเข้ามาทำงานในพื้นที่ช่วงระยะเวลาหนึ่ง (การสัมผัสมลพิษ ในพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 9 ปี) สำหรับวัชพืชที่ขึ้นในบริเวณบ่อกักเก็บกากแร่จะบ่งชี้ความเสี่ยงในการรับมลสารที่ ปนเปื้อนในชั้นกากแร่ชั้นบน) ค่าความเสี่ยงอันตราย (HQ) คืออัตราส่วนของการสัมผัสสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งที่ อาจเกิดขึ้นและระดับที่ไม่มีผลกระทบเชิงลบ ผลการประเมินความเสี่ยงในทุกฉากทัศน์ (Scenario พบว่าทั้งเด็กใน พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพที่มาจากมลสารที่ไม่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง (HQ) ต่ำกว่า 1.0 ซึ่งเป็นค่าความเสี่ยงต่ำ ที่ ยอมรับได้ แต่เด็กอาจจะมีความเสี่ยงต่อสุขภาพที่มาจากมลสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งคือ สารหนูสูงเกินกว่า 0.000001

(1 คนในประชากรล้านคน) ซึ่งเป็นค่าที่สูง พื้นที่เสี่ยงคือ นาข้าว ที่อาจมีการใช้สารปราบศัตรูพืชที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ และผู้ใหญ่ที่อาศัยในพื้นที่ตลอดอายุขัย หรือคนในพื้นที่ จะมีความเสี่ยงต่อสุขภาพอันเนื่องมาจากมลสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งและสารก่อมะเร็ง หากสัมผัสกับกากแร่ ดินโรมันสำปะหลัง และดินในนาข้าว แต่ผู้ใหญ่ที่ย้ายมาทำงานจนเกษียณและผู้ใหญ่ที่ย้ายมาทำงานจะมีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสมลสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง โดยเฉพาะสารหนู แต่หากสถานที่บ่อกักเก็บกากแร่ถูกใช้ประโยชน์เพื่อการท่องเที่ยวหรือสันทนาการ ทั้งเด็กและผู้ใหญ่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพที่จะได้รับมลสารที่ไม่ก่อมะเร็งและก่อมะเร็งในระดับต่ำที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ วัชพืชที่ขึ้นในบ่อกักเก็บกากแร่ ไม่พบปรอท และวัชพืชไม่มีการสะสมของไซยาไนด์ และแคดเมียม แต่อาจพบสารหนู โครเมียม แมงกานีส ตะกั่ว นิกเกิลและสังกะสี สะสมในรากและลำต้นพืช แต่ก็มีค่าความเข้มข้นต่ำ วัชพืชเหล่านี้มีความปลอดภัย จึงอาจกล่าวได้ว่า พื้นที่บ่อกักเก็บกากแร่อาจใช้ประโยชน์ได้ และสามารถปลูกพืชที่ไม่ใช่เพื่อการบริโภค

Executive Summary

This study aimed to assess the stability of Tailing Storage Facilities 1 (TSF1) and determine the leakage of TSF1, as well as evaluate the transformation of residual cyanide in tailings. Field survey data were undertaken. There were 20 boreholes, the tailings samples were collected at 3 depths: 0-5 m, 5-20 m and 20-24 m. There were 6 boreholes, the soil around TSF1 were sampled. Tailings and soil samples were analyzed for heavy metals, including arsenic, cadmium, chromium, mercury, manganese, nickel, lead, zinc and cyanide, in terms of Soluble Threshold Limit Concentration (STLC) and Total Threshold Limit Concentration (TTLC). Furthermore, groundwater at monitoring wells around TSF1 and adjacent areas, and surface water sources used for agriculture and consumption as well as weeds at TSF1 were sampled to define the possible boundary of contaminant transportation and probability of health risk.

The tailings samples were free from mercury, but other heavy metals were found in amounts lower than the standard value of STLC, excluding of lead. By comparison, tailings had higher concentrations of arsenic, lead and cyanide, than the soil. The concentrations of arsenic and lead in tailings were slightly higher than those in natural soil. Arsenic and lead may be originated from parent ore, which were arsenopyrite and lead carbonate. Lead carbonate was less soluble in water. Cyanide may be a residual chemical in the metallurgical process. The concentrations of cadmium, chromium, nickel, and zinc in tailings samples and natural soil were similar, which may be minerals in the parent ore. However, manganese in tailings and soil samples were varied. This may be dealing with the natural declining of igneous rocks at gold mine. The contaminants can be divided into two groups: those that are present in the parent minerals (magnetite, ilmenite, garnet, zircon and platinum), including arsenic, cadmium, chromium and nickel; and those that are present in chemicals added during the metallurgical process, such as cyanide.

To confirm the level of heavy metals and cyanide remaining in the tailings and soil in the borehole around the TSF1, the tailings and soil samples with the dissolved contaminant concentration (STLC) were characterized. If STLC values exceeded the standard levels, then the total contaminant concentration (TTLC) was cross checked. The tailings were stored in TSF1 for

long period, these sampled may be changing in properties. The drainage of Tailings Storage Facility 2 (TSF2) was sampled to define the fate of contaminants. None was different in tailings at TSF1 and TSF2, particularly arsenic, chromium, manganese, nickel, and zinc. Others were cadmium, lead, mercury, and cyanide, they were decomposing under a weak acidic environment. Inversely, the soil samples at agricultural areas around the TSF1 was higher concentration of heavy metals than the tailing, indicating that this area enriched in minerals, especially chromium, manganese and nickel. Cyanide contamination may refer to a contaminant generated from the metallurgical process, tailing at TSF1 was remaining at a very low concentration. This finding was proven that the cyanide removal process is highly effective. Arsenic was co-existing mineral, the tailing had lower concentration than the natural soil. The major form of heavy metals in tailing were sulfate compounds, they could be released by leaching. There were no different from the natural weathering process. The soil samples in the surrounding area, were higher levels of manganese and arsenic than the drainage at TSF2. Perhaps, manganese was in soil parent. High manganese concentration in soil is required for cassava growth, as manganese is an element that stimulate the enzymes in carbon dioxide and nitrogen decomposition process. The high level of arsenic in agriculture soil may be due to pesticides. While the pioneer plants growing on the TSF1 were indigenous weeds, free from chemicals, pesticides, and chemical fertilizers, they can reflect the up taking and bio-accumulating of heavy metals. Nickel and zinc may be found higher than others, which are both micronutrients and enzymes. Nickel (Ni) is an enzyme in nitrogen transformation and seed germination processes. Zinc (Zn) is supplied for synthesis of auxin hormones, chlorophyll, and conversion of glucose to starch in photosynthesis. This is a controlling function in the transformation of carbohydrates. The pioneer plants could survive even in a low moisture content, low fertility, and acidic conditions (pH higher than 5.5). The plants especially *Leucaena* and *Mimosa* at TSF1 were only shrub weeds, which can stay on semi-arid of silt layer, under low organic matters and nutrients.

The Standard Penetration Test (SPT)- drying method (without adding water) was conducted. None of pore water was found, referring to no redistribution of groundwater in the unsaturated layer of (unsaturated zone) tailing at TSF1. The infiltration always flows downwards under gravitational force, the leachate was collected via the percolation pipe (Underdrainage) and it

was recirculated into metallurgy process. If there was a leakage, groundwater can seep and fill into pore to maintain the groundwater level. The groundwater table in TSF1 must equal to the natural groundwater table. The finding confirms that there is no leakage of the liner layer underneath TSF1. Furthermore, Vertically Electrical Sounding (VES) using Schlumberger electrode method (Schlumberger Array) and 2-Dimensional Resistivity Survey using a hybrid Wenner and Schlumberger methods were examined to determine the thickness of soil/rock layers, the depth of soil/rock layers, and to identify the cracks, fractures, or cavities in rock. These data were input to a geological model for evaluating the leakage of TSF1. The model confirmed that there is no leakage at TSF1.

The amounts of heavy metals and cyanide was associated with the leakage of TSF1 to groundwater and surface water resources. If there is a leakage of TSF1, both heavy metals and cyanide in tailing will be leached and carried to groundwater and surface water bodies. The fate of contaminants in residues and leachates can be influenced by the environment. The analysis results can be interpreted as follows:

(1) If the ore contains mercury, the form of soluble mercury is Hg^0 . In contrast, there was no presence of mercury in tailings and water samples. The ore is originally free of mercury.

(2) Cadmium, chromium and lead, which are coexisting minerals of gold, did not leak into the environment. If cadmium was released from tailing, they were in the soluble forms of free ions (Cd^{2+}). None of cadmium in water samples, surely that there was no leaking. Similarly, if there was existing of chromium, they will be in the form of either $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$ or $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$, which are trivalent chromium ($\text{Cr}(\text{III})$). These forms are hydroxide compounds that may be partially soluble in water, and $\text{Cr}(\text{OH})$ may be presented as $\text{Cr}(\text{I})$. There was no chromium contamination, there is no leaking. The lead will be in a form of lead carbonate, which is slightly soluble in water. It is impossible to migrate to environment via leaching.

(3) Cyanide in the tailings did not leak into the environment too. As same as chromium and cadmium, no cyanide contamination was found in both surface and groundwater sources.

4) Manganese (Mn) in groundwater at deep wells and at shallow wells and surface water exceeded the groundwater and surface water quality standards, there were 9, 12 and 6 sources, respectively. The form of manganese may be varying due to environmental conditions, the

predominant was in the form of free ions of Mn^{2+} , MnCO_3 and Mn_3O_4 . Crystal manganese in the forms of MnCO_3 and Mn_3O_4 are the anodes of lithium batteries. Free ion of Mn^{2+} may react with lead especially PbCO_3 . This reaction can generate the lead-carbonate compounds, which are the component of a hydrated Cerrusite, Hydrocerussite, $\text{Pb}(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$. The lead carbonate compounds are insoluble in water. Coincidentally, the soluble lead was too low, inferring in stability of lead in tailing.

(5) Arsenic (As) may be in the form of compounds HAsO_4^{2-} , H_2AsO_4^- and H_3AsO_3 . The first two forms will be As(V) and the last form will be As(III). The compounds in the form of arsenic with valency +5 are less toxic than arsenic with valency +3. Most of the groundwater samples were HAsO_4^{2-} , and surface water samples were H_2AsO_4^- . Only samples from GWDL (GWST15) and TSF5339 were H_3AsO_3 , which is toxic. A well namely GWDL (GWST15) is source of the community water supply, and it is located outside Chatree gold mine. A well namely TSF5339 located at the south of TSF1, where arsenic contamination was found in lower than the Maximum Permissible Concentration Level (MPCL) of groundwater (0.05 mg/l).

(6) Arsenic was exceeded the MPCL at 2 monitoring wells, namely TSF5338 and TSF6691. The monitoring wells, namely TSF6472, which is 60 meters deep, it was adjacent to TSF5338 and TSF6691, the concentration of arsenic only 0.008 mg/l. The other monitoring well, namely TSF5339, which is 30 meters deep, the arsenic was 0.0089 mg/l. Both samples are much lower than the MPCL. It can be confirmed that there was no plume of arsenic contamination. The arsenic found in TSF5339 may be originated from the gold ore, which is often found in the form of Pyrite (FeS_2), Arsenopyrite (FeAsS), Arsenide (As(III)) and Sulfosalt (Ag_3AsS_3). The transformation of arsenic in both of TSF1 and aquifer may be under a negative redox potential or an oxygen-limited oxidation state or anaerobic. Conversely, TSF5339 was under the positive redox potential and plenty of dissolved oxygen in the water. The arsenic found in pond TSF5339 did not obey this condition. There was no supporting evident that the arsenic in can move downwards to the deeper groundwater wells, namely TSF5338 and TSF6691. Arsenic at both wells, TSF5338 and TSF6691 were continuously examined, they were always exceeded MPCL. The arsenic found in observation wells TSF5338 and TSF6691 may be a source of Arsenopyrite (FeAsS).

The monitoring of leaking and contaminating at site may be indicated by the presence of lead, manganese or nickel in monitoring well. Nickel has the lowest retardation in the site. These metals were naturally embedded in the ore. Under the RCRA, mining wastes include waste generated during the extraction, beneficiation, and processing of minerals. Bevill exclusion does not extend to downstream chemical manufacturing, fabrication or other activities that use a saleable commodity as a primary raw material, even if these activities occur at the same facility. The tailing is byproduct, it must be disposed. Considering the chemicals used in the cyanide removing process, only copper sulfate (CuSO_4) may be able to indicate contamination. Copper (Cu) has a distribution coefficient (K_d) in the range of 1.4-333, inferring higher retardation than nickel. However, copper sulfate is used with much lower concentration, so it may be under detection limit. If arsenic and cadmium were used as indicator, arsenic and cadmium are also components of pesticides, they might be interfered. Therefore, cyanide indicated the leaking and nickel monitored for warning.

The tailings were wasted from metallurgical process, they were disposed in TSF1. The contaminants in tailings were soil pollution and can be uptaken by pioneer weeds. The health risk may be possibly consequence in consuming of contaminated plants or dirt from hand to mouth. For the sake of post land use, the health risk was accessed. The populations were classified by age, there were children and adults. If the area is served as a recreational area, there may be some activities for families and tourists, assuming they had stayed 7 days per year. In the case of residences and workers, the scenario were included 3 different cases: (1) local people (exposure to pollutants may be equal to a lifespan of 70 years), (2) migrant workforce who stayed in the area until retirement (exposure to pollutants in the area is equal to 30 years), and (3) local workforce who partially worked in the area for a period of time (average exposure to pollutants in the area is equal to 9 years). The weeds were the bio-indicator the exposure of contaminants in the soil surface. A hazard quotient (HQ) is the ratio of the potential exposure to a non-carcinogenic substance and the level at which no adverse effects, for children in all scenarios were lower than 1.0, which is a low and acceptable. However, children may risk from a carcinogenic pollutant, arsenic, higher than 0.000001 (1 person per million population), which is a high value. The risk areas were the rice fields, which pesticides containing arsenic were

applied for pest controlling. Perhaps, local people may risk from carcinogenic pollutants and carcinogens if they contact with contaminated water, plantation soil in cassava and rice fields. However, workforces who stayed until retirement and partial stayed in some period, they may risk from exposure to carcinogenic pollutants, especially arsenic. For tourism or recreation, both children and adults have a low risk from exposure to non-carcinogenic and carcinogenic pollutants and they were acceptable. It was also found that weeds were free of mercury and did not accumulate cyanide and cadmium. However, arsenic, chromium, manganese, lead, nickel and zinc may be accumulated in plant roots and stems, but their concentrations were low. These weeds are safe, so it can be articulated that the closed TSF1 may be post used with non-restricted condition and can be grown for non-edible plants.