

ทรายน้ำมันแหล่งน้ำมันดิบชนิดใหม่ เมื่อบ่อน้ำมันเหือดแห้งไปจากโลกนี้

ผศ. ดร. จ่านง สรพิพัฒน์

ประธานสายพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ประมาณกันว่าถ้าอัตราการใช้น้ำมันทั่วโลกมีค่าคงที่เท่าอย่างที่เป็นอยู่ในขณะนี้ และไม่มีการค้นพบแหล่งน้ำมันดิบใหม่ๆในโลกนี้ บ่อน้ำมันดิบคงจะเหือดแห้งไปจากโลกนี้ภายในระยะเวลาไม่เกิน 60 ปี แต่ในขณะที่ความต้องการน้ำมันดิบของโลกเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ปริมาณการค้นพบแหล่งน้ำมันได้พิภพใหม่ๆก็กลับเป็นว่ามีแนวโน้มลดน้อยลงไปทุกปี ทำให้เกิดความวิตกกังวลกันทั่วโลกว่า ถ้าน้ำมันได้พิภพหมดไปจากโลกนี้แล้ว จะหาน้ำมันดิบได้จากที่ไหนมาทดแทน เศรษฐกิจคงจะปั่นป่วนกันไปทั่วโลก แต่โดยความเป็นจริงแล้วโลกของเรายังมีแหล่งพลังงานปิโตรเลียมที่สามารถทดแทนได้มาจากแหล่งอื่นที่มีปริมาณมากมายมหาศาลไม่น้อยกว่าน้ำมันดิบจากใต้พื้นพิภพที่เหลืออยู่ในปัจจุบัน แหล่งน้ำมันดิบดังกล่าวนี้คือน้ำมันปิโตรเลียมจากทรายน้ำมัน (tar sand) นั่นเองและยังมีได้จากแหล่งหินน้ำมัน (oil shale) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกันกับทรายน้ำมัน แต่กรรมวิธีการสกัดน้ำมันดิบจากหินน้ำมันทำได้ยากกว่าและมีต้นทุนสูงกว่า ในเบื้องต้นความสนใจของนักลงทุน จึงมุ่งอยู่ที่ทรายน้ำมันก่อน

ทรายน้ำมันคืออะไร? ทรายน้ำมันคือทรายที่รวมตัวกับดินเหนียวหรือน้ำและน้ำมันดิบที่มีความหนืดมากเป็นพิเศษ เรียกว่า “น้ำมันดิน (bitumen)” น้ำมันดิบที่รวมอยู่กับทรายน้ำมันนี้เป็นน้ำมันปิโตรเลียมแบบเดียวกับน้ำมันดิบใต้พื้นพิภพที่สูบขึ้นมาจากบ่อน้ำมันที่ทำกันอยู่ตามปกติในปัจจุบัน แต่น้ำมันดิบชนิดนี้จะมีหนืดเหนียวและหนักกว่าแบบธรรมดาตามาก เนื่องจากน้ำมันดิบชนิดใสที่เบากว่าได้ระเหยหมดสิ้นไปเมื่อหลายล้านปีก่อน คงเหลือแต่ส่วนที่เป็นน้ำมันดิบที่เหนียวข้นและระเหยยากมากที่สุดที่จับตัวปนอยู่กับทราย (ส่วนหินน้ำมันก็มีลักษณะคล้ายคลึงกับทรายน้ำมัน เพียงแต่น้ำมันดิบที่เกิดขึ้นแทรกตัวอยู่ในช่องของชั้นหินแทนที่จะเป็นทรายเท่านั้น) ดังนั้นกระบวนการสกัดน้ำมันดิบจากทรายน้ำมัน จึงเป็นกระบวนการพิเศษที่ต้องใช้ทั้งความร้อน น้ำ หรือสารช่วยทำละลาย เพื่อทำให้น้ำมันดิบที่แทรกตัวอยู่กับทรายชนิดนี้มีความหนืดลดลง จึงจะสามารถสกัดเอาน้ำมันดิบดังกล่าว เพื่อนำเข้าสู่กระบวนการกลั่นในโรงกลั่นน้ำมันต่อไป ส่วนโรงกลั่นสำหรับกลั่นน้ำมันดิบชนิดนี้ก็ต้องออกแบบมาเป็นพิเศษด้วยเช่นกัน จึงจะสามารถกลั่นน้ำมันบริสุทธิ์จากน้ำมันดิบที่สกัดจากทรายน้ำมันได้ ดังนั้น การผลิตน้ำมันสำเร็จรูปจากน้ำมันดิบชนิดนี้ทุกขั้นตอน ตั้งแต่การทำเหมืองไปจนถึงกระบวนการกลั่นให้ได้น้ำมันสำเร็จบริสุทธิ์เพื่อนำมาใช้งานสำหรับเครื่องยนต์ได้ จึงต้องใช้พลังงานมากมาย ทำให้ในอดีตการผลิตน้ำมันสำเร็จจากทรายน้ำมันจึงไม่คุ้มทุน แต่ในยุคปัจจุบันที่น้ำมันมีราคาสูงขึ้นเกินกว่าร้อยละร้อยต่อบาร์เรล จากเดิมที่มีราคาเพียงไม่กี่สิบบาทต่อบาร์เรล จึงทำให้การผลิตน้ำมันสำเร็จรูปจากทรายน้ำมันมีการขยายตัวออกไปอย่างรวดเร็ว นับแต่ปี พ.ศ.2546 เป็นต้นมา การผลิตน้ำมันจากแหล่งทรายน้ำมันทำกำไรมหาศาลให้กับบริษัทน้ำมันต่างๆ ตัวอย่างเช่น เมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2549 บริษัท เชลล์แคนาดาซึ่งผลิตน้ำมันดิบจากแหล่งทรายน้ำมันในแหล่งแร่ทรายน้ำมันที่เขต Athabasca-Wabiskaw รัฐ Alberta ได้ประกาศว่ามีกำไรหลังหักภาษีถึง 21.75 เหรียญต่อบาร์เรลผลกำไร ซึ่งคิดเป็นกำไรเกือบสองเท่าของกำไรเฉลี่ยของกำไรจากที่อื่นๆทั่วโลกของบริษัท ซึ่งมีกำไรเพียง 12.41 เหรียญต่อบาร์เรล ด้วยแรงจูงใจของผลกำไรมหาศาลดังกล่าว ปัจจุบันมีบริษัทน้ำมันต่างๆพากันแห่มาลงทุนเพื่อผลิตน้ำมันดิบจากทรายน้ำมันในเขตดังกล่าวของแคนาดาเป็นจำนวนร่วมร้อยกว่าบริษัท คิดเป็นเงินลงทุนรวมกันกว่าแสนล้านเหรียญ



ปัจจุบันปริมาณน้ำมันดิบสำรองที่คาดว่าจะสามารถสกัดได้จากแหล่งทรายน้ำมันทั่วโลกที่ค้นพบแล้ว คาดว่ามีมากถึงสองในสามของแหล่งน้ำมันปิโตรเลียมทั่วโลก โดยแหล่งทรายน้ำมันที่ใหญ่ที่สุดในโลกพบที่ประเทศแคนาดา รองลงมาคือที่ประเทศเวเนซุเอลา สองประเทศนี้มีน้ำมันดิบจากแหล่งทรายน้ำมันคิดเป็นจำนวนถึง 3.6 ล้านล้านบาร์เรล เฉพาะปริมาณน้ำมันดิบจากแหล่งทรายน้ำมันในเขต Athabasca-Wabiskaw ของแคนาดาเพียงเขตเดียวก็มีมากถึง 1.7 ล้านล้านบาร์เรล เทียบได้กับแหล่งน้ำมันดิบสำรองในตะวันออกกลางทั้งหมดที่ปัจจุบันมีเพียง 1.75 ล้านล้านบาร์เรล อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีการผลิตน้ำมันดิบจาก

แหล่งทรายน้ำมันก็ยังมีข้อจำกัดอยู่มากเนื่องจากต้องใช้พลังงานความร้อนและน้ำจำนวนมากมาย คาดว่าปริมาณน้ำมันดิบที่สามารถสกัดออกมาได้อย่างคุ้มค่างานลงทุนมีเพียงแค่ 10% ของศักยภาพที่มีอยู่เท่านั้น บริษัทน้ำมันต่างๆคงต้องใช้เวลาพอสมควร ในการค้นคว้าวิจัยเพื่อหาวิธีการลดต้นทุนการผลิตให้ถูกกว่าในปัจจุบัน เพื่อให้สามารถสกัดเอาน้ำมันดิบจากแหล่งทรายน้ำมันให้ได้มากขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบันโดยที่ยังมีความคุ้มค่าในการลงทุน

กรรมวิธีการสกัดน้ำมันดิบจากแหล่งทรายน้ำมัน หลักๆแล้วแบ่งได้เป็นสองวิธี ทั้งนี้ความเหมาะสมของแต่ละวิธีการนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะตามธรรมชาติของแหล่งแร่ทรายน้ำมันเป็นหลัก กรณีที่แหล่งทรายน้ำมันฝังอยู่ตื้นๆไม่ลึกจากผิวดินมากนัก มักนิยมใช้การทำเหมืองแบบเปิด ซึ่งเริ่มต้นด้วยการเปิดผิวดินที่อยู่ด้านบนเสียก่อน จากนั้นจึงใช้เครื่องจักรกลหนักตัดทรายน้ำมันใส่รถบรรทุก เครื่องจักรเหล่านี้ออกแบบมาเป็นพิเศษและมีขนาดใหญ่โตมโหฬารมาก เช่นรถตักทรายตัดได้ครั้งละ 100 ตัน ส่วนรถบรรทุกขนาดใหญ่สามารถขนทรายได้ครั้งละ 400 ตัน ทั้งนี้เพื่อให้ต้นทุนต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ จากนั้นทรายน้ำมันจะถูกนำไปผสมกับน้ำร้อนและโซดาไฟ เพื่อละลายน้ำมันดิบ (bitumen) ที่อยู่ในทรายให้อ่อนตัวลงเป็นของเหลวและๆ (slurry) พอที่จะส่งต่อไปทางท่อได้ เพื่อส่งต่อไปยังแยกน้ำมันดิน (bitumen) ออกจากทราย วิธีการแยกน้ำมันดินทำโดยการกวนทรายน้ำมันด้วยน้ำร้อนเพื่อให้เกิดฟองอากาศ ซึ่งจะช่วยให้ฟองให้น้ำมันดินลอยตัวขึ้นไปอยู่ด้านบน และแยกตัวออกจากทรายที่หนักกว่าได้ จากนั้นน้ำมันดินจะถูกส่งต่อไปยังถังแยก เพื่อแยกน้ำมันดินออกจากน้ำและของแข็งขนาดเล็กที่เหลือปะปนอยู่ เพื่อให้ให้น้ำมันดินบริสุทธิ์มากยิ่งขึ้น เนื่องจากน้ำมันดินปกติจะมีความหนืดมากกว่าน้ำมันดิบทั่วไปที่สูบจากบ่อน้ำมันธรรมดา จึงต้องใช้ความร้อนหรือก๊าซเข้าไปผสมกับน้ำมันดิน เพื่อให้ให้น้ำมันดินใสขึ้น เพื่อให้สามารถส่งน้ำมันดินดังกล่าวไปโดยทางท่อไปยังโรงกลั่น นอกจากนี้ยังต้องใช้กระบวนการทางเคมีเพื่อปรับปรุงให้น้ำมันดินมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดิบทั่วไป เพื่อให้สามารถใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อกลั่นเป็นน้ำมันสำเร็จรูปในขั้นสุดท้ายเช่นเดียวกับน้ำมันดิบทั่วไป ทรายน้ำมันหนัก 2 ตันจะสามารถผลิตน้ำมันดิบโดยวิธีดังกล่าว 1 บาร์เรล (หนัก 1/8 ตัน)

ประสิทธิภาพของกระบวนการสกัดน้ำมันดินออกจากทรายน้ำมัน สามารถแยกน้ำมันดินได้เพียงประมาณ 75% จากวัตถุดิบ ในระยะหลังได้มีการพัฒนากระบวนการแยกน้ำมันดินให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ปัจจุบัน เหมืองบางแห่งในแคนาดาสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันดินออกมาได้ถึง 90%แล้ว ทรายน้ำมันที่ใช้แล้วจะถูกนำกลับไปฝังกลบในที่เดิมและปรับปรุงให้มีสภาพเหมือนเดิม (reclaim) แต่เป็นที่น่าเสียดายว่าวิธีดังกล่าว ใช้ได้กับเหมืองที่มีแหล่งทรายน้ำมันฝังอยู่ตื้นๆ เท่านั้น ประมาณกันว่าเพียง 20% ของแหล่งแร่ทรายน้ำมันเท่านั้น ที่สามารถใช้วิธีการแบบเหมืองเปิดได้ แหล่งแร่อื่นๆที่เหลือในแคนาดา รวมทั้งในเวเนซุเอลาทั้งหมด ส่วนใหญ่แล้วล้วนแต่มีแหล่งทรายน้ำมันที่อยู่ลึกมากเกินไป จึงต้องใช้วิธีการทำเหมืองแบบเจาะไม่สามารถใช้วิธีการทำเหมืองแบบเปิดได้

การทำเหมืองแบบเจาะ กรณีที่แหล่งทรายน้ำมันฝังอยู่ใต้ดินลึกลงไปมาก จะทำโดยการเจาะหลุมเป็นบ่อลึกลงไปใต้ดินแล้วขุดเอาทรายน้ำมันขึ้นมา ซึ่งมีอยู่หลายเทคนิค แล้วแต่ความเหมาะสมของแต่ละวิธีการ ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะตามธรรมชาติของคุณสมบัติทางกายภาพของทรายน้ำมันในแต่ละแหล่งว่าเป็นเช่นไร วิธีแรกที่ยั่งยืนที่สุดคือการใช้ปั๊มพิเศษที่มีลักษณะเป็นสกรูขุดเอาทรายน้ำมันขึ้นมา เรียกว่าวิธีการสูบแบบเย็น (cold flow) วิธีนี้มีต้นทุนต่ำสุดในบรรดาวิธีการทำเหมืองแบบเจาะ แต่ใช้ได้เฉพาะเหมืองทรายน้ำมันดินชนิดที่ไม่หนืดมากเกินไป เช่นในที่ที่ทรายน้ำมันมีอุณหภูมิสูงมากตามธรรมชาติถึง 50 องศาเซลเซียส ต้นทุนการผลิตโดยวิธีนี้มีต้นทุนต่ำ แต่มีข้อเสียที่สำคัญคือ สามารถสูบเอาน้ำมันดินจากแหล่งได้เพียง 5% - 6% ซึ่งถือว่าต่ำมาก เนื่องจากแหล่งทรายน้ำมันที่มีอุณหภูมิสูงมีไม่มากนัก จึงมีการใช้ได้เฉพาะบางพื้นที่เท่านั้น

วิธีที่สองของเหมืองเจาะที่ใช้กันคือการเจาะท่อให้ลึกลงไปถึงชั้นทรายน้ำมัน แล้วฉีดไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงประมาณ 300-400 องศาเซลเซียส พ่นไอน้ำลงไปเป็นบ่อเป็นเวลานานนับเป็นวัน ๆ หรือสัปดาห์ เพื่อให้ไอน้ำมีเวลาถ่ายเทความร้อนเพื่อละลายน้ำมันดินในทรายน้ำมันให้มีความอ่อนตัวลงจนเหลวพอที่จะสูบได้ จึงเริ่มสูบทรายน้ำมัน ซึ่งอาจใช้เวลาเป็นอาทิตย์หรือเป็นเดือน สูบไปจนกระทั่งสูบไม่ขึ้น จึงเริ่มทำการฉีดไอน้ำเข้าไปในบ่อใหม่และสูบเอาทรายน้ำมันออกมาทำเช่นนี้ซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าปริมาณน้ำมันดินที่ได้ไม่คุ้มกับค่าใช้จ่าย วิธีนี้สามารถขุดเอาน้ำมันดินออกมาใช้งานได้ประมาณ 20% - 25% ของน้ำมันดินที่มีอยู่ในแหล่ง

วิธีที่สามดำเนินการคล้ายวิธีที่สองเพียงแต่เป็นระบบที่มีการปรับปรุงให้การขุดเจาะเพื่อเพิ่มผลผลิต (yield) ของน้ำมันดินให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าเดิม วิธีที่นี้ทำการเจาะท่อลงไปจำนวนสองท่อ ท่อแรกเจาะจากผิวดินไปจนถึงก้นของชั้นทรายน้ำมันที่อยู่ชั้นล่างสุดแล้วบังคับให้ท่อหักเลี้ยวทอดตัวไปในแนวราบขนานไปกับท้องชั้นล่างของชั้นทราย ท่อที่สองเจาะลงไปลักษณะเดียวกันกับท่อแรก แต่ส่วนหักเลี้ยวของท่อที่ทอดตัวไปในแนวราบจะอยู่สูงกว่าท่อแรกประมาณ 5 เมตร ไอน้ำร้อนจะถูกฉีดอัดเข้าไปในท่อที่สอง ซึ่งจะมีการเจาะท่อเป็นช่วง ๆ เพื่อเปิดให้ไอน้ำสามารถซึมผ่านและแทรกตัวเข้าไปในชั้นของทรายน้ำมันที่อยู่ด้านล่าง น้ำมันดินที่แทรกอยู่ในทรายจะค่อย ๆ ไหลตกลงมาข้างล่าง น้ำมันดินจะถูกสูบผ่านท่อแรกที่อยู่ตรงก้นล่างสุดของชั้นทรายน้ำมัน วิธีการนี้เรียกว่าการทำเหมืองแบบ steam assisted gravity drainage หรือเรียกอย่างย่อ ๆ ว่า SAGD วิธีการนี้พัฒนาขึ้นโดยหน่วยงานวิจัยของรัฐบาลแคนาดา ทำให้สามารถเพิ่มอัตราผลผลิตหรือ yield สูงขึ้นเป็น 60% ทั้งมีต้นทุนการผลิตถูกลงมาก จนมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจพอที่จะลงทำการผลิตน้ำมันดิบในเชิงพาณิชย์ได้ นับว่าเป็นความสำเร็จอย่างมากของการวิจัยของประเทศแคนาดา ส่งผลให้ปัจจุบันแคนาดามีแหล่งสำรองน้ำมันปิโตรเลียมใหญ่เป็นอันดับสองของโลก (ถ้ารวมเอาแหล่งสำรองน้ำมันดิบจากแหล่งทรายน้ำมันเข้าไปด้วย) รองจากประเทศซาอุดีอาระเบีย ปัจจุบันได้มีการวิจัยอย่างต่อเนื่องเพื่อให้วิธีนี้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มีการพัฒนาต่อยอดวิธีการ SAGD เป็นวิธีใหม่อีกวิธีหนึ่ง เรียกว่าวิธี Vapor Extraction Process (VAPEX) วิธีนี้เหมือนกับวิธี SAGD ต่างกันเพียงแต่วิธีใหม่นี้จะใช้สารเคมีตัวทำละลายประเภทสารไฮโดรคาร์บอนแทนไอน้ำ เพื่อทำละลายน้ำมันดินที่อยู่ในทรายน้ำมัน ซึ่งทำให้สามารถลดการใช้พลังงานในการผลิตลงได้มาก ทั้งสารเคมีดังกล่าวยังช่วยให้น้ำมันดิบที่ผลิตได้มีคุณสมบัติดีขึ้นด้วย

วิธีสุดท้ายที่อยู่ในระหว่างการวิจัยคือวิธีการอัดอากาศเข้าไปในบ่อที่เจาะลึกเข้าไปในชั้นทรายน้ำมัน แล้วจุดไฟให้เกิดการเผาไหม้ของน้ำมันดินในชั้นทรายน้ำมันเอง ความร้อนที่เกิดขึ้นในแอ่งจะทำให้ น้ำมันดินละลาย ส่วนหนึ่งของน้ำมันดินที่ละลายจะถูกถ่ายให้เข้าสู่ท่อสูบน้ำมันเพื่อสูบขึ้นมาบนดิน เพื่อนำไปแปรรูปต่อไป วิธีนี้ยังมีปัญหาทางเทคนิคในการควบคุมเปลวไฟและการลุกไหม้ภายในบ่อให้ได้ผลตามที่ต้องการ

ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

ปัญหาอย่างหนึ่งของการผลิตน้ำมันดิบจากทรายน้ำมันก็คือผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกับการผลิตน้ำมันจากบ่อน้ำมันใต้พิภพแบบปกติ ปัญหาประการแรกคือผลกระทบต่อหน้าดินชั้นบนที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชและสิ่งมีชีวิต เช่นเดียวกับการทำเหมืองแร่ทั่วไป ดินดาน ตะกอนหิน ทรายต่างๆ ที่อยู่ลึกลงไปใต้ดินถูกขุดขึ้นมาทับถมผิวดินเดิม ดินพวกนี้ไม่มีแร่ธาตุที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงหน้าดินให้มีสภาพเหมือนเดิมหลังจากทรายน้ำมันถูกขุดขึ้นมาใช้หมดไปแล้ว แม้แต่ในแคนาดาซึ่งเป็นประเทศมีกฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมที่เข้มงวด แต่ประมาณว่า ปัจจุบัน มีพื้นที่เพียง 15% ของพื้นที่เหมืองทรายน้ำมันที่ได้รับการปรับปรุงสภาพหน้าดินไปแล้ว คาดว่าในอีก 10 ปีข้างหน้า จึงจะมีการขยายพื้นที่เพื่อปรับปรุงสภาพหน้าดิน เมื่อเหมืองหลายแห่งเริ่มหมดอายุลง

ปัญหาประการที่สองคือผลกระทบด้านแหล่งน้ำ การผลิตน้ำมันดิบจากทรายน้ำมันต้องใช้น้ำเป็นจำนวนมาก ประมาณว่าทุกหนึ่งบาร์เรลของน้ำมันดิบที่ผลิตได้ต้องใช้น้ำเป็นจำนวน 2 ถึง 4.5 บาร์เรล หรืออยู่ในเกณฑ์อัตราน้ำต่อน้ำมันดิบ 2 ถึง 4.5 ต่อ 1 เทาโดยปริมาตร ปัจจุบัน มีการพัฒนาเทคนิคการผลิตน้ำมันดิบให้มีการใช้น้ำน้อยลงโดยการใช้ระบบน้ำหมุนเวียน โดยนำน้ำเดิมกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ 90% - 95% ทำให้สามารถลดการใช้น้ำลงได้เป็นอันมาก

ประการที่สามคือการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากกระบวนการผลิตน้ำมันดิบจากทรายน้ำมัน ต้องมีการใช้ความร้อนเป็นจำนวนมาก ความร้อนเหล่านี้ส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นหลัก เช่น จากก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน หรือแม้แต่เผาตัวทรายน้ำมันเอง ทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นจำนวนมาก มีการประมาณว่าเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำมันดิบที่มีพลังงาน 6 กิกะจูลจะต้องเผาเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ก๊าซธรรมชาติ 1 กิกะจูล ซึ่งท้ายที่สุดก็จะก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นในอัตรา 6 ต่อ 1 แต่ถ้าใช้ทรายน้ำมันเผาให้ความร้อนเพื่อผลิตน้ำมันดิบ จะต้องเผาผลาญทรายน้ำมันไปประมาณ 30% ถึง 35% ของวัตถุดิบ เพื่อให้ได้น้ำมันดิบทุกหนึ่งบาร์เรล

สรุปได้ว่า แม้ว่าบ่อน้ำมันดิบจะเหือดแห้งหมดไปจากโลกนี้ในอนาคต มนุษย์ก็จะมีน้ำมันดิบใช้อยู่ โดยเฉพาะจากแหล่งทรายน้ำมัน แต่ที่แน่ๆ ก็คือมนุษย์ต้องจ่ายด้วยราคาที่แพงขึ้น ทั้งในรูปของเม็ดเงินและสิ่งแวดล้อมของโลกที่เสื่อมทรามลงไป ทางที่ดีที่สุดสำหรับมนุษย์เราทุกคนก็คือการใช้น้ำมันและพลังงานที่มีอยู่ในปัจจุบันนี้อย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพจะเป็นการดีที่สุด

หมายเหตุ

บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ได้รับการสนับสนุนจากโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน บทความนี้เป็นความเห็นของผู้เขียน ซึ่งไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับความเห็นของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง