

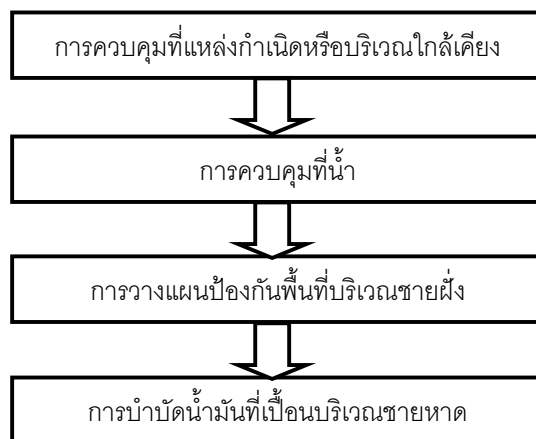
แนวทางการบำบัดน้ำมันปนเปื้อนพื้นที่ชายฝั่ง (Shoreline Treatment)

รองศาสตราจารย์ ดร.พิสุทธิ์ เพ็ชรมนกุล (pisut.p@chula.ac.th)

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยทั่วไป การบำบัดน้ำมันปนเปื้อนพื้นที่ชายฝั่ง (Shoreline Treatment) มักจะเป็นขั้นตอนที่ใช้ระยะเวลายาวนานที่สุด รวมไปถึงมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการดำเนินการอื่นๆ ดังนั้น จากเหตุการณ์ที่น้ำมันรั่วไหลเคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณอ่าวพร้าว เกาะเสม็ด กินพื้นที่ยาว 400-500 เมตร กว้าง 30-40 เมตรนั้น ผู้เขียน และคณะนิสิตระดับปริญญาโท – เอก ซึ่งทำวิจัยเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางกายภาพ และเคมี (Physico-chemical treatment processes) ในการบำบัดและกำจัดมลพิษน้ำมัน จึงขอให้ข้อมูลทาง ทฤษฎี และสรุปข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำมันปนเปื้อนพื้นที่ชายฝั่ง โดยหวังว่าจะเป็นประโยชน์ ต่อทุกภาคส่วนที่ให้ความสนใจเกี่ยวกับการจัดการและแก้ไขปัญหา น้ำมันรั่วไหลลงสู่ทะเล

รูปแบบดำเนินการเพื่อรับมือสถานการณ์ (Operational response strategies)



แผนการรับมือสถานการณ์จากแหล่งกำเนิดสู่ชายฝั่งทะเล (source-to-shoreline)

เราอาจกล่าวได้ว่า “ชายฝั่งจะเป็นทวนลอนน้ำขั้นสุดท้าย (Shoreline is the Final boom)” เมื่อการประยุกต์ใช้ แนวทางการจัดการน้ำมันรั่วไหลในขั้นตอนต่างๆ ไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ (Impractical) หรือไม่ประสบความสำเร็จ (Unsuccessful) นอกจากนี้ เมื่อใดก็ตามที่น้ำมันเคลื่อนที่เข้าสู่ชายฝั่ง จะมีปัจจัยมากมายที่ต้อง คำนึงถึงและให้ความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม การดำรงชีวิตและกิจกรรมของ

มนุษย์ ความปลอดภัย และแนวทางการปฏิบัติงานอย่างเป็นระบบ ดังนั้น ไม่ว่าจะเกิดเหตุการณ์น้ำมันรั่วไหล ในลักษณะอย่างไรในเฟสน้ำ รูปแบบดำเนินการเพื่อรับมือสถานการณ์ (Operational response strategies) ที่เหมาะสมควรเป็นไปตามขั้นตอน ดังนี้

1. **การควบคุมหรือจำกัดน้ำมันที่ หรือรอบๆ แหล่งกำเนิด (Control at / near source)** เป็นวัตถุประสงค์ขั้นต้นของการจัดการปัญหาการรั่วไหลของน้ำมันคือ การลดขนาดของพื้นที่ที่ได้ผลกระทบและลดภาวะเสี่ยงภัยของทรัพยากรธรรมชาติ ตามหลักการแล้ววิธีนี้สามารถประสบความสำเร็จได้โดยการกักเก็บ การนำน้ำมันที่ปนเปื้อนกลับคืนมา และการกำจัดน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำให้ใกล้กับแหล่งกำเนิดมากที่สุดเท่าที่จะทำได้
2. **การควบคุม แยก และบำบัดบนพื้นน้ำ (Control / separation / treatment on water)** เป็นกรณีที่จะเกิดขึ้นได้เมื่อไม่สามารถควบคุมในพื้นที่หรือบริเวณใกล้เคียงจุดกำเนิดได้โดยตรง เนื่องจากเกิดปัญหาเรื่องความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาในพื้นที่ การลงมือปฏิบัติ และเรื่องของความปลอดภัย รวมถึงการเคลื่อนที่ของคราบน้ำมันเข้าสู่บริเวณชายฝั่ง ดังนั้นการควบคุมและดำเนินการบำบัดบนพื้นน้ำจึงถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันน้ำมันไม่ให้เคลื่อนที่ไปสู่ชายฝั่งที่เป็นพื้นที่เสี่ยงภัย ซึ่งสามารถทำได้โดยการบำบัดน้ำ และการกำจัด (โดยใช้การเพิ่มกระจายตัว หรือการเผาทำลายน้ำมันที่ปนเปื้อน)
3. **การดำเนินการป้องกันชายฝั่ง และพื้นที่อ่อนไหว (Coastal and sensitive area protection strategy)** เป็นกรณีจะเกิดขึ้นเมื่อ 2 วิธีข้างต้นไม่สามารถกักเก็บ หรือนำน้ำมันที่ปนเปื้อนกลับคืนมา หรือการเผาทำลาย เนื่องจากเกิดจากปัญหา เรื่องความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาในพื้นที่ การลงมือปฏิบัติ และเรื่องของความปลอดภัย ดังนั้น วิธีการดำเนินการขั้นถัดไปคือ การป้องกันในพื้นที่หรือบริเวณใกล้เคียงชายฝั่ง เพื่อป้องกันบริเวณที่สำคัญและพื้นที่อ่อนไหวบริเวณชายฝั่งหรือบริเวณที่อยู่อาศัย ซึ่งวัตถุประสงค์ของแผนการป้องกันนี้คือ กักเก็บ หรือนำน้ำมันที่ปนเปื้อนกลับคืนมา และเปลี่ยนเส้นทางการเคลื่อนที่ของน้ำมันที่ปนเปื้อนให้ออกจากบริเวณชายฝั่ง หรือการปรับเปลี่ยนทิศทางของน้ำมันให้เคลื่อนที่สู่แหล่งที่ไม่อ่อนไหวกับความเสี่ยง แม้กระทั่งพื้นที่ชายฝั่งที่สามารถควบคุมได้
4. **บำบัดน้ำมันปนเปื้อนพื้นที่ชายฝั่ง (Treat Oiled Shoreline)** เป็นกรณีจะเกิดขึ้นได้เนื่องจากวิธีการ 3 วิธีกล่าวมาข้างต้น โดยเมื่อเราไม่สามารถควบคุมหรือป้องกันน้ำมันรั่วเคลื่อนที่เข้าสู่ชายฝั่งได้ กล่าวได้ว่าวิธีการขั้นสุดท้ายคือ การทำความสะอาดคราบน้ำมัน โดยทั่วไปได้ถูกออกแบบเพื่อเพิ่มการฟื้นฟู

พื้นที่โดยธรรมชาติ หรือลดผลกระทบของน้ำมันที่อาจจะเกิดขึ้น เช่น การป้องกันไม่ให้สิ่งมีชีวิตสัมผัสกับน้ำมัน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เมื่อเกิดการรั่วไหลของน้ำมันไปสู่ชายฝั่ง การทำความสะอาดชายฝั่งนั้นจะใช้เวลานาน และต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูง

วิธีการเลือกใช้กระบวนการบำบัดพื้นที่บริเวณชายฝั่ง (Shoreline treatment decision process)

เทคนิคการประเมินการบำบัดพื้นที่ปนเปื้อนบริเวณชายฝั่ง (The Shoreline Cleanup Assessment Technique) หรือชื่อย่อว่า SCAT เป็นเทคนิคที่อาศัยการสำรวจอย่างเป็นระบบและมีการเตรียมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของน้ำมัน รวมไปถึงลักษณะพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนซึ่งเทคนิคนี้นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางและมีการปรับใช้ที่แม่น้ำและบริเวณแถบทั่วโลก โดยหน่วยงานที่ใช้วิธี SCAT นี้จะประกอบด้วยตัวแทนจากหลายองค์กรหรือเจ้าของพื้นที่ จะมีการวางแผนขั้นตอนไว้เพื่อเพิ่มอัตราการฟื้นฟูพื้นที่ที่ทำการบำบัด โดยจะมีการสำรวจข้อมูลต่างๆ อาทิเช่น

- บริเวณที่ปนเปื้อนน้ำมันว่าอยู่ใกล้บริเวณชายฝั่ง ทะเลสาบหรือแม่น้ำหรือไม่
- ลักษณะทางภูมิประเทศของชายฝั่งที่ปนเปื้อนน้ำมัน
- ลักษณะการปนเปื้อนและปริมาณน้ำมันแต่ละจุด
- ระดับของชั้นน้ำมันอยู่บริเวณผิวน้ำหรือการซึมเข้าไปเกาะติดกับผิวน้ำอื่นๆ
- ความสามารถในการจัดการน้ำมันออกจากสิ่งแวดล้อม
- ปริมาณน้ำมันที่คาดว่าจะคงเหลืออยู่ในสิ่งแวดล้อม

จากนั้นจะพิจารณาเลือกกระบวนการที่จะนำมาบำบัดพื้นที่ปนเปื้อนโดยอ้างอิงตามเกณฑ์ต่อไปนี้

- ระดับต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ(As Low As Reasonably Practical: ALARP) คือ ให้เหลือความเข้มข้นของน้ำมันที่ปนเปื้อนอยู่ในระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
- ผลประโยชน์สุทธิด้านสิ่งแวดล้อม(Net Environmental Benefit; NEB) หลักการคือ ประเมินผลประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินการในการบำบัดหลายๆแบบ ทั้งผลที่ได้ เช่น ปริมาณน้ำมันที่เหลืออยู่ แม้ว่าขั้นตอนการดำเนินการบางอย่างอาจสามารถบำบัดน้ำมันที่ปนเปื้อนได้ดี เหลือปริมาณน้อยลง แต่ส่งผลกระทบหรือไปทำลายพื้นที่ส่วนอื่นๆ ก็พิจารณาในส่วนนี้ รวมถึง

ผลกระทบสำหรับน้ำมันที่ยังไม่ถูกบำบัดจะส่งผลกระทบต่อกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในพื้นที่ปนเปื้อน และมนุษย์อย่างไร

- การลดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด (Waste Minimization) เนื่องจากมีบทบาทสำคัญมากกับพื้นที่ที่ควบคุมได้ โดยจะช่วยลดผลกระทบที่เกิดขึ้นตามมา เช่น ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมหรือการปล่อยคาร์บอน ซึ่งในส่วนนี้การบำบัดน้ำมันที่ปนเปื้อนภายในบริเวณชายฝั่งจะเหมาะสมกว่า

ในทางปฏิบัติ การเลือกการบำบัดที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับประเภทของชายฝั่ง อีกทั้งลักษณะและปริมาณของน้ำมันที่ปนเปื้อน โดยใช้กลยุทธ์ในการบำบัดที่มีพื้นฐานเหมือนกับการบำบัดพื้นที่ปนเปื้อนอื่นๆ ซึ่งการพิจารณากระบวนการบำบัดที่เหมาะสมจะพิจารณาจากผลประโยชน์สุทธิด้านสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้แผนการบำบัดพื้นที่ปนเปื้อนบริเวณชายฝั่งสามารถแยกได้มากกว่า 1 แผนการดำเนินการ โดยแต่ละแผนการดำเนินการจะมีกระบวนการบำบัดและผลลัพธ์ที่ได้ต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ในตอนเริ่มต้นควรจะดูว่าน้ำมันนั้นสามารถแยกออกได้ง่ายหรือสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายหรือไม่ จากนั้นขั้นต่อไปควรจะใช้ระบบบำบัดอย่างไร ซึ่งในแผนการดำเนินการนี้อาจจะใช้การบำบัดโดยธรรมชาติ เช่น จากคลื่นหรือการย่อยสลายทางธรรมชาติ เป็นต้น และจำเป็นต้องมีการเฝ้าติดตามการลดลงของปริมาณน้ำมันที่ปนเปื้อน

เนื่องจากการสำรวจแบบใช้วิธีการประเมินการบำบัดพื้นที่ปนเปื้อนบริเวณชายฝั่ง (SCAT) จะเป็นการให้ข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการตัดสินใจว่าจะใช้การบำบัดแบบไหนหรืออาจจะไม่ต้องมีการบำบัดเลยก็ได้ ซึ่งถ้าผลการสำรวจออกมาดี ปริมาณน้ำมันที่ปนเปื้อนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ พื้นที่นั้นก็ไม่จำเป็นต้องมีการบำบัด แต่ถ้ายังคงมีน้ำมันปนเปื้อนที่คงเหลืออยู่หรือยังไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ พื้นที่นั้นก็จำเป็นต้องมีการบำบัดเพื่อให้ผ่านมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยจะมีทีมดำเนินการและทีมตรวจสอบ ซึ่งเมื่อทีมดำเนินการเสร็จขั้นตอนสุดท้ายแล้ว ทีมตรวจสอบก็จะมาตรวจสอบอีกครั้ง โดยเมื่ออนุมัติให้ผ่าน ทีมดำเนินการนั้นก็สามารถยกเลิกกระบวนการบำบัดได้ แต่บางครั้งอาจต้องมีการเพิ่มขั้นตอนอื่นๆขึ้นมา ถ้าหากทีมตรวจสอบพบว่าปริมาณน้ำมันที่ปนเปื้อนนั้นยังไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จะเห็นได้ว่าทีมตรวจสอบจะเป็นผู้อนุญาตให้ทีมดำเนินการ จัดการการดำเนินการในแต่ละขั้นตอน ซึ่งวิธีการรับมือกับปัญหาดังกล่าวสามารถพิจารณาได้จากแผนการรับมือสถานการณ์จากแหล่งกำเนิดสู่ชายฝั่งทะเล (source-to-shoreline) ดังที่ได้กล่าวถึงข้างต้น

ทางเลือกกระบวนการบำบัดพื้นที่บริเวณชายฝั่ง (Shoreline treatment option)

1. **การฟื้นฟูโดยธรรมชาติ (Natural Recovery)** แนวทางนี้เป็นการปล่อยให้น้ำมันถูกกำจัดและสลายตัวโดยกระบวนการทางธรรมชาติ เช่น ผลของคลื่นทะเลและการย่อยสลายทางชีวภาพ โดยไม่มีการแทรกแซง แนวทางนี้เหมาะสมที่จะเลือกใช้กรณีดังต่อไปนี้

- การบำบัดและทำความสะอาดน้ำมันตามแนวชายฝั่งอาจก่อให้เกิดอันตรายที่ไม่สามารถยอมรับได้มากกว่าการปล่อยให้เกิดการฟื้นฟูโดยธรรมชาติ
- ไม่มีเทคนิคที่สามารถเร่งการบำบัดฟื้นฟูโดยธรรมชาติได้
- การประเมินความเสี่ยงที่พบว่ามีความเสี่ยงต่อมนุษย์ที่เกิดจากน้ำมันโดยตรงหรือจากสภาวะแวดล้อม

2. **การกำจัดทางกายภาพ (Physical Removal)** เกี่ยวข้องกับการนำกลับและการกำจัดน้ำมัน การกำจัดทางกายภาพมีหลายวิธีที่เกี่ยวข้อง อาทิ การฉีดล้างร่วมกับการควบคุมและการนำกลับ (Flushing or washing with containment and recovery) และการกำจัดด้วยแรงงานคนหรือเครื่องจักร (Manual or mechanical removal)

	
ตัวอย่างการฉีดล้างร่วมกับการควบคุมและการนำกลับ	
http://a57.foxnews.com/global.fncstatic.com	http://response.restoration.noaa.gov

- **การฉีดล้างร่วมกับการควบคุมและการนำกลับ** จะทำการฉีดน้ำล้างเพื่อให้น้ำมันไหลรวมกับเฟสน้ำที่ใช้ล้างเพื่อไป 1) ควบคุมน้ำมันที่ถูกชะล้างด้วยทุ่นลอยน้ำ (Boom) และนำกลับด้วยอุปกรณ์สกิมเมอร์ (Skimmer) หรือ 2) เคลื่อนย้ายไปยังบ่อพื้นที่กักเก็บ (Collection pond or area) และกำจัด โดยใช้เครื่องสูบล้าง การดูดซับ หรืออุปกรณ์จำพวก Skimmer โดยทั่วไป การ

ฉีดล้างแบบทั่วไปสามารถกำจัดน้ำมันที่มีความหนืดต่ำได้ (เป็นการฉีดล้างแบบธรรมดาด้วยแรงงานคน) แต่สำหรับน้ำมันที่มีความหนืดสูงจำเป็นต้องฉีดล้างด้วยแรงดันน้ำสูงและ/หรือใช้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงเพื่อเคลื่อนย้ายน้ำมัน (การล้างด้วยแรงดันสูง หรือ spot washing นิยมใช้เพื่อล้างคราบน้ำมันจากสิ่งก่อสร้าง) นอกจากนี้ **สาร Surface washing agent** อาจมีความจำเป็นในการปลดปล่อย (Release) น้ำมันที่เกาะติดอยู่บนชายฝั่งหรือสิ่งก่อสร้าง โดยช่วงเวลาที่คลื่นต่ำ (Low tide) มักจะมีการสเปรย์สารดังกล่าวลงบนน้ำมัน และปล่อยให้เปื่อยหรือชุ่มให้นานที่สุด จากนั้นจึงทำการฉีดล้างด้วยวิธีการที่กล่าวถึงข้างต้น จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าสารดังกล่าวสามารถลดปริมาณน้ำมันได้เกาะติดตามพื้นผิว (หิน หรือพื้นผิวอื่นๆ) กว่า 90 – 95%

	
ตัวอย่างการกำจัดด้วยแรงงานคนหรือเครื่องจักร	
http://media.nola.com/tpphotos/photo/8605216-large	http://www.soil-mixing.com/themes/TekTracker/images/Soil_Mixing_cp3

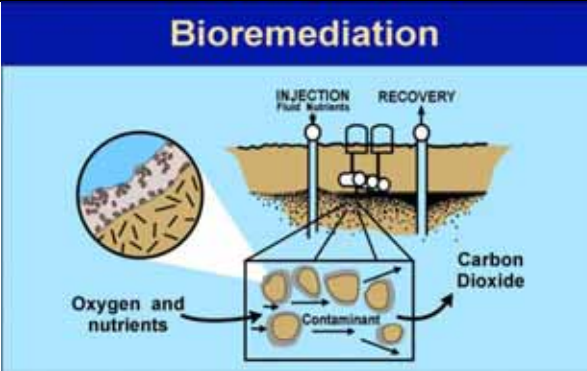
- **การกำจัดด้วยแรงงานคนหรือเครื่องจักร** ในทางปฏิบัติ **การกำจัดด้วยแรงงานคน (Manual removal)** เกี่ยวข้องกับการตักและกวาดชั้นผิวหน้าน้ำมัน (Thick surface oil) การประยุกต์ใช้ตัวดูดซับน้ำมัน (Sorbent) สำหรับดูดซับและการนำกลับของน้ำมัน และการตัดพืชบริเวณชายฝั่ง (Vegetable cutting) สำหรับ**การกำจัดด้วยเครื่องจักร (Mechanical removal)** มักจะเป็นการใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นสำหรับงานก่อสร้าง โดยมีเครื่องจักรเพียงไม่กี่ชนิดที่สร้างขึ้นสำหรับกำจัดน้ำมันแนวชายฝั่งโดยเฉพาะ การกำจัดด้วยเครื่องจักรใช้แรงงานคนน้อย และกำจัดได้อย่างรวดเร็ว แต่สร้างของเสียจากน้ำมัน (Oiled solid waste) มากกว่าการใช้แรงงานคนถึง 10 เท่า แต่ในทางปฏิบัติ เครื่องจักรประเภท Scraper, Front-end, และ Backhoes สามารถกำจัดได้ในขั้นตอนเดียว ในขณะที่อุปกรณ์ประเภท Grader และ Bulldozers สามารถแค่เคลื่อนย้ายของเสียดังกล่าวเพื่อไปกำจัดด้วยเครื่องมืออื่นต่อไป

อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่มีการแทรกซึมของน้ำมันลงในทรายและตะกอนของตะกอน ซึ่งส่งผลทำให้เกิดของเสียปริมาณมากหรือใช้แรงงานคนจำนวนมาก ในการนี้ การดำเนินการกำจัดทางกายภาพ (Physical Removal) อาจไม่เหมาะสม ดังนั้น การบำบัดแบบภายในพื้นที่ (In-situ Treatment) อาจเป็นวิธีเหมาะสำหรับการใช้งานมากกว่าเมื่อน้ำมันเกิดการปนเปื้อนปริมาณมาก อย่างไรก็ตาม จนถึงปัจจุบันยังไม่มี การบำบัดทางกายภาพ เพียงวิธีใดวิธีหนึ่งที่สามารถตอบโจทย์ทั้ง 4 ข้อเหล่านี้ ได้แก่ ใช้พลังงานต่ำ รวดเร็ว ทำเพียงขั้นตอนเดียว และลดการเกิดของเสีย

3. การบำบัดภายในพื้นที่ที่เกิดการปนเปื้อน (In-situ treatment or Remediation) เป็นการบำบัดหรือฟื้นฟูสภาพ ณ พื้นที่ปนเปื้อน ซึ่งส่งผลต่อการเกิดของเสียที่ลดลง รวมไปถึงขั้นตอนการขนส่งและการกำจัด (Transfer and Disposal) ของเสียที่เกิดขึ้น ในทางปฏิบัติ วิธีการที่ใช้ในการบำบัดพื้นที่ที่เกิดการปนเปื้อนมีดังต่อไปนี้

- การกวนผสม (Mixing) หรือการเติมอากาศ (Aeration)
- การเคลื่อนย้ายตะกอนจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง (Sediment relocation)
- การเผาไหม้ (Burning)
- การใช้สารเคมีช่วยเพิ่มการกระจายตัวของคราบน้ำมันหรือการทำความสะอาดชายฝั่ง (Surface washing agent or shoreline cleaners)
- การบำบัดในพื้นที่หรือการฟื้นฟูสภาพด้วยวิธีการทางชีวภาพ (Bioremediation)

	
การกวนผสมแบบแห้ง http://ww1.hdnux.com	การกวนผสมแบบเปียก http://www.haywardbaker.com

	
ตัวอย่างการบำบัดในพื้นที่หรือการฟื้นฟูสภาพด้วยวิธีการทางชีวภาพ	
http://www.planteco.com/uploads	http://bioremediationmadesimple.weebly.com

ในการนี้ การกวนผสมน้ำมันที่ตกตะกอน (Mechanical mixing of oiled sediment) ให้เกิดความปั่นป่วน ไม่ว่าจะกรณีที่อยู่เหนือ Water line (Dry mixing) หรือกรณีใต้ Water line (Wet mixing) ทั้งสองกรณีมีจุดประสงค์เดียวกันเพื่อสร้างความปั่นป่วนให้กับตะกอนในบริเวณแหล่งกำเนิด โดยการกวนผสมแบบแห้ง (Dry mixing) เหมาะสำหรับอนุภาคน้ำมันขนาดเล็ก มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มความเร่งผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการบำบัดโดยใช้ธรรมชาติ (Accelerate weathering) และทำให้เกิดการย่อยสลาย ส่วนการกวนผสมแบบเปียก (Wet mixing) มีจุดประสงค์เพื่อทำให้น้ำมันถูกปล่อยจากชั้นตะกอน และสามารถทำให้น้ำมันกลับน้ำมันที่บริเวณผิวน้ำได้นอกจากนี้ การใช้วิธีทางเคมีและทางชีวภาพในการฟื้นฟูสภาพนี้ มักเกี่ยวข้องกับการเติมสารเคมี (Agents) เพื่อช่วยให้กำจัดน้ำมันจากชายฝั่งได้สะดวกขึ้น หรือการเพิ่มอัตราการย่อยสลายโดยธรรมชาติของบริเวณพื้นที่ที่มีการปนเปื้อน ดังนั้น การเลือกใช้วิธีการบำบัดที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารเคมีนั้น จึงควรได้รับคำปรึกษาและผ่านการให้ความคิดเห็นโดยผู้เชี่ยวชาญ รวมถึงอาจมีการควบคุมและตรวจสอบด้วยหน่วยงานภาครัฐอีกทางหนึ่งด้วย

การเลือกใช้กระบวนการฟื้นฟูขึ้นโดยขึ้นอยู่กับประเภทของชายฝั่ง (Treatment by shore type)

ลักษณะของชายฝั่ง (Shoreline) ถือเป็นปัจจัยแรกที่มีผลกระทบต่อลักษณะการเคลื่อนตัวของน้ำมันเข้าสู่ชายฝั่ง ซึ่งวิธีการจัดการปัญหาการฟื้นฟูชายฝั่งโดยทั่วไปนิยมการทำความสะอาดโดยใช้แรงงานคน แต่อย่างไรก็ตาม ในสภาพการทำงานจริงเราจำเป็นต้องเลือกกระบวนการให้มีความสอดคล้องกับประเภทของชายฝั่ง และลักษณะของน้ำมันที่ปนเปื้อน โดยตัวอย่างแนวทางการเลือกใช้ทางเลือกการบำบัดในกรณีที่เป็นหาดทราย

(Sand beach) สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้ [Oil spill science and Technology: Prevention, Response and Cleanup, 2011]

น้ำมันบนพื้นผิว (Surface)	สารระเหย	ความหนาแน่นต่ำ	ความหนาแน่นปานกลาง	ความหนาแน่นสูง	ของแข็ง
การฟื้นฟูโดยธรรมชาติ (Natural recovery)	■	■	■		
การฉีดล้างด้วยน้ำ (Flooding)	■	■	■		
การฉีดน้ำชนิดความดันต่ำ (Low pressure ambient washing)	□				
การกำจัดโดยแรงงานคน (Manual removal)		□	□	□	□
การใช้แรงดันสุญญากาศ (Vacuum)		■	■		
การกำจัดโดยเครื่องจักร (Mechanical removal)		■	■	■	■
การใช้สารดูดซับ (Passive sorbents)		□	□		
การกวนผสมแบบแห้ง (Dry mixing)		■	■	■	
การกวนผสมแบบเปียก (Wet mixing)		■	■	□	
การเคลื่อนย้ายตะกอนจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง (Sediment relocation)		■	■	■	
การฟื้นคืนสภาพโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพ (Bioremediation)		□	□		

น้ำมันภายใต้ชั้นตะกอน (Sediments)	สารระเหย	ความหนาแน่นต่ำ	ความหนาแน่นปานกลาง	ความหนาแน่นสูง	ของแข็ง
การฉีดล้างด้วยน้ำ (Flooding)	■	■			
การฉีดน้ำชนิดความดันต่ำ (Low pressure ambient washing)	■	■			
การกำจัดโดยแรงงานคน (Manual removal)			□	□	□
การกำจัดโดยใช้เครื่องจักร (Mechanical removal)		□	□	□	□
การกวนผสมแบบแห้ง (Dry mixing)		■	■	■	
การกวนผสมแบบเปียก (Wet mixing)		■	■	■	
การเคลื่อนย้ายตะกอนจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง (Sediment relocation)		■	■	■	
การฟื้นคืนสภาพโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพ (Bioremediation)		□	□	□	

■ Preferred option □ Possibly applicable for small amount of oil

โดยจะเห็นได้ว่า สิ่งที่เป็นปัจจัยสำหรับการพิจารณาเลือกใช้วิธีการบำบัดที่เหมาะสมคือ ลักษณะของน้ำมันที่บำบัด รวมไปถึงสถานที่และตำแหน่งของน้ำมัน (บนพื้นผิว หรือภายในชั้นตะกอน) ซึ่งปัจจัยข้อหลังนั้นมักจะเกี่ยวข้องกับการซึมผ่านของน้ำมันกล่าวคือ น้ำมัน (บนพื้นผิว) มักจะไม่สามารถซึมผ่านวัสดุบางชนิดได้ เช่น หินแข็ง หินชายหาด หรือโครงสร้างคอนกรีต แต่น้ำมันอีกประเภทจะสามารถซึมผ่านตะกอนชนิดหยาบ (Coarse sediment) หรืออาจถูกฝังกลบอยู่ในตะกอนที่มีการเคลื่อนที่ เช่น ทRAYบริเวณชายหาด ตะกอนสะสมบริเวณแม่น้ำ หรือหาดเลน เป็นต้น นอกจากนี้พืชบริเวณพื้นที่ชายฝั่ง เช่น ป่าชายเลน ทุ่นดรา แนวพืชน้ำ ลักษณะคล้ายหญ้า และป่าพลูน้ำเค็ม ยังจัดเป็นพืชที่มีความอ่อนไหวต่อการฟื้นฟู และอาจก่อให้เกิดขยะที่จำเป็นต้องมีการจัดการที่เหมาะสมต่อไป

การก่อให้เกิดของเสีย (Waste Generation)

โดยทั่วไป การบำบัดน้ำมันที่รั่วออกมานั้นมักจะก่อให้เกิดขยะจำนวนมาก ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำมันที่รั่ว (Amount of spilled oil) และปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น (Volume of waste) เนื่องจากปริมาณน้ำมันที่รั่วจำนวนมากก็อาจก่อให้เกิดปริมาณของเสียเพียงเล็กน้อย หรือในทางกลับกันปริมาณน้ำมันที่รั่วเพียงเล็กน้อยอาจจะก่อให้เกิดของเสียถึงปริมาณ 10 หรือ 20 เท่าของน้ำมันที่รั่วออกมาก็ได้ ซึ่งประเด็นข้างต้นจะขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้แนวทางดำเนินการ การควบคุมการทำงาน และความชัดเจนของระบบสั่งการโดยรวม ในทางปฏิบัติ ของเสียส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นมักจะมาจากการทำความสะอาดชายฝั่ง (Shoreline cleanup) ซึ่งโดยปริมาณของเสียดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับวิธีบำบัดที่เลือกใช้

- การทำความสะอาดชายฝั่งด้วยการใช้เครื่องจักร (Mechanical cleanup) เป็นเทคนิคที่รวดเร็วแต่ก็เป็นวิธีที่สร้างของเสียเป็น 10 เท่า เมื่อเทียบกับการกำจัดโดยคน (Manual removal) ดังนั้น การกำจัดด้วยแรงงานคน (manual removal techniques) จึงเป็นวิธีที่นิยมมากกว่า เนื่องจากเป็นวิธีที่ถือว่าทำให้เกิดขยะจากน้ำมันที่ปนเปื้อนน้อย
- In-situ techniques (เป็นเทคโนโลยีการฟื้นฟูโดยการบำบัดน้ำมันหรือสารเคมีที่ปนเปื้อนในพื้นที่ โดยไม่มีการเคลื่อนย้ายตัวกลางไปที่อื่น) เป็นเทคนิคที่ก่อให้เกิดของเสียจากน้ำมันน้อยที่สุด ซึ่งเทคนิคดังกล่าวจะประกอบด้วยการฟื้นฟูโดยธรรมชาติ การกวนผสม การเคลื่อนย้ายตะกอนจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง การเผาไหม้ การใช้สารช่วยเพิ่มการกระจายตัว และการฟื้นคืนสภาพโดยใช้

กระบวนการทางชีวภาพ ดังที่ได้กล่าวถึงข้างต้น โดย In-situ techniques มีความเหมาะสมเป็นอย่างมากในการใช้กับพื้นที่ที่ห่างไกล หรือมีข้อจำกัดในการจัดการกับของเสียที่เกิดขึ้น เพราะเป็นวิธีที่รวดเร็ว ต้องการวัสดุน้อย (Minimal resource requirement) ไม่ต้องใช้ยานพาหนะ (logistics support) แต่ถึงอย่างไรก็ตามการเลือกใช้วิธีในการจัดการต้องคำนึงถึง ประสิทธิภาพความเป็นไปได้ในการบำบัด ราคาและประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมประกอบไปด้วยอีกทางหนึ่ง

โดยสรุป เราอาจกล่าวได้ว่า ไม่ว่าจะประยุกต์ใช้แนวทางการบำบัดน้ำมันปนเปื้อนพื้นที่ชายฝั่ง (Shoreline Treatment) รูปแบบใด การพิจารณาถึงการนำกลับไปใช้ (Recovery) รวมไปถึงระบบบำบัดและจัดการกับของเสีย (Waste treatment and Management system) ที่เกิดขึ้นในเฟสต่างๆ (น้ำ อากาศ และของแข็ง) นับว่ามีความจำเป็นอย่างมากที่ทุกภาคส่วนควรให้ความสำคัญ นอกจากนี้ เรายังควรพิจารณาถึงการฟื้นฟูระบบนิเวศน์ (Ecosystem) ในบริเวณโดยรอบอีกทางหนึ่งด้วย เพื่อรักษาสมดุลของธรรมชาติ รวมไปถึงเพื่อส่งเสริมการพัฒนาทางสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

ขอขอบคุณคณะนิติระดับปริญญาโท – เอก ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ร่วมมือในการหาข้อมูล และร่วมจัดทำบทความวิชาการ ได้แก่

นาย ธนากร อ้อมมุกดากุล

น.ส. ลักษิกา กองวิเชียร

น.ส. ภัทรีศรี พักแก้ว

น.ส. อรภา ปรีชาวาท

น.ส. นวพร ทาเพชร

น.ส. ชมทิสรา ชื่นแถม