บทที่ 3
การติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม

แผนงานการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม เป็นการมุ่งที่จะวัดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม จากของเสียที่ปล่อยออกมาจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษเคแอลในช่วงเวลานั้นๆ ซึ่งอย่างน้อยที่สุดแผนการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโรงงานควรออกแบบเพื่อปกป้องปลาและที่อยู่อาศัยของปลา รวมทั้งการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรประมง โดยแผนงานดังกล่าวควรมีการปรับเปลี่ยนได้ กล่าวคือ ควรมีความยืดหยุ่นเพียงพอที่จะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สังเกตได้ในช่วงเวลานั้นๆ ซึ่งถ้ามีตัวแปรที่ต้องนำมาทดสอบเพิ่มเติมเพื่อให้เข้าใจผลกระทบอื่นๆ ที่สังเกตได้ในพื้นที่ศึกษา ก็ควรรวมตัวแปรเหล่านี้เข้าไปในรายละเอียดของกระบวนการตรวจติดตามด้วย

โดยทั่วไปแผนงานการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1. ข้อกำหนดก่อนการออกแบบ
2. แผนงานการเก็บตัวอย่าง ซึ่งเป็นการติดตามตรวจสอบองค์ประกอบต่างๆ ในสนามและการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ข้อกำหนดก่อนการออกแบบ

โรงงานเคแอลอาจหาข้อกำหนดเหล่านี้เพียงครั้งเดียวหากไม่มีแผนการขยายโรงงานในอนาคต โดยถ้าปริมาณการปล่อยน้ำเสียจากกระบวนการและสถานที่ปล่อยของเสียหรือสภาพของสิ่งแวดล้อมที่เป็นตัวรองรับไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในช่วงเวลานั้นแล้ว ข้อมูลเหล่านี้ก็เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สมบูรณ์ สำหรับการขยายโรงงานในปัจจุบันข้อมูลที่ต้องการในช่วงก่อนการออกแบบรวมถึง

- ขอบเขตเชิงพื้นที่ของพื้นที่ศึกษา รวมถึงเขตของการปนเปื้อนจากของเสียที่ปล่อยออกมาและพื้นที่ศึกษาอ้างอิงที่เป็นตัวแทนของการศึกษา
- การอธิบายถึงสภาพที่อยู่อาศัยของแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบ โดยมีรายละเอียดที่เพียงพอสำหรับการเลือกสถานที่เก็บตัวอย่างชนิดปลาและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่เหมาะสม
- คุณภาพและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรประมงในสิ่งแวดล้อมที่ได้รับผลกระทบ (เช่น การจับปลาโดยคนท้องถิ่น)

- ข้อมูลเกี่ยวกับความอุดมสมบูรณ์ของปลาในพื้นที่ศึกษาและการเลือกชนิดพันธุ์ปลาที่มีความอ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อมมาสองชนิด
- เอกสารเกี่ยวกับสิ่งที่อาจก่อให้เกิดความสับสนหรือปัจจัยที่มีอิทธิพลอื่นๆ ซึ่งต้องอธิบายในการออกแบบการศึกษาและใช้อธิบายถึงผลลัพธ์
- ลักษณะและคุณภาพของน้ำทิ้ง

การกำหนดขอบเขตการกระจายของมลสารเป็นสิ่งสำคัญในการทำให้เกิดความมั่นใจว่าสถานีเก็บตัวอย่างจะตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบและสถานีอ้างอิงจะอยู่นอกเหนือจากพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ในสภาพแม่น้ำทั่วไป การเจือจางของน้ำทิ้งจะแปรเปลี่ยนตามกระแสการไหลของแม่น้ำรวมถึงอัตราและปริมาณการปล่อยของเสีย ซึ่งโดยภาพรวมแล้ว การกำหนดขอบเขตสำหรับบริเวณที่น้ำทิ้งผสมปนอยู่ควรพิจารณาถึงสภาพที่มีการเจือจางน้อยที่สุด ขอบเขตไกลสุดของการกระจายของน้ำทิ้งและสภาพน้ำโดยเฉลี่ยในระยะยาว ในจุดที่มีสภาพการเจือจางน้อยที่สุดควรต้องได้รับผลกระทบมากที่สุด ส่วนจุดที่เกินจากขอบเขตไกลสุดของการกระจายของน้ำทิ้งก็ควรไม่ได้รับผลกระทบและอาจกำหนดให้เป็นสถานที่อ้างอิง ส่วนสภาพน้ำเฉลี่ยในระยะยาวจะแสดงถึงผลกระทบระยะยาวที่เกิดจากของเสียที่ปล่อยออกมา

เมื่อทราบขอบเขตที่น้ำทิ้งผสมอยู่แล้ว ก็ควรระบุบริเวณที่มีการพัดพาตะกอนไปนอนก้น ซึ่งเมื่อกระแสน้ำลดความเร็วลงอนุภาคต่างๆ จะเริ่มตกตะกอน โดยอนุภาคที่มีขนาดเล็กที่สุดจะเกิดการตกตะกอนในบริเวณที่กระแสน้ำไหลช้าที่สุดเช่นกัน ดังนั้นการวิเคราะห์โครงสร้างของชุมชีพในพื้นที่ที่มีการตกตะกอนทับถมจะเป็นประโยชน์ในการประเมินผลกระทบของน้ำทิ้งที่มีต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำ

สิ่งที่ต้องระบุและแสดงในแผนที่เกี่ยวกับแหล่งและการจำแนกประเภทต่างๆ ที่อยู่อาศัยดังแสดงในตารางที่ 1 ข้อมูลเหล่านี้จะช่วยในการระบุปัจจัยแทรกซ้อนหรือปัจจัยรบกวน เช่น ของเสียที่ปล่อยจากโครงการอื่นๆ หรือกิจกรรมต่างๆ ที่อาจมีอิทธิพลกับพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบแผนงานการติดตามตรวจสอบและการแปลความหมายจากผลลัพธ์ที่ได้มา ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งและประเภทของที่อยู่อาศัยนี้จะช่วยในการหาที่ตั้งของสถานีเก็บตัวอย่างเพื่อให้มีความคล้ายคลึงกับพื้นที่อยู่อาศัยที่ได้รับผลกระทบและพื้นที่อ้างอิง

ทั้งนี้ในการทบทวนประวัติและการดำเนินงานของโรงงานควรมีข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิต การบำบัดน้ำทิ้งและอุบัติเหตุเกี่ยวกับการรั่วไหลที่เคยเกิดขึ้น ซึ่งการทบทวนการดำเนินงานทั้งในอดีตและปัจจุบันจะมีประโยชน์สำหรับการระบุสภาพแวดล้อมอันเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากการดำเนินการของโรงงาน นอกจากนี้ข้อมูลที่เกี่ยวกับลักษณะของน้ำทิ้งจากโรงงานควรประกอบด้วย

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง การไหล และการนำไฟฟ้า
- ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD)

- ปริมาณสารแขวนลอย
- ปริมาณสารไดออกซิน

ตารางที่ 1 ข้อมูลทรัพยากรและแหล่งที่อยู่อาศัยในแผนงานการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อม

พารามิเตอร์	ข้อมูลที่ใช้ในการรายงาน
แม่น้ำสาขาสายหลักๆ และปากแม่น้ำ	ที่ตั้ง นำมาแสดงบนแผนที่
บริเวณที่ปลาวางไข่และพื้นที่อนุบาลสัตว์น้ำ	ที่ตั้งของบริเวณที่ทราบทั้งหมด นำมาแสดงบนแผนที่
บริเวณที่ทำประมงและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	ที่ตั้งของบริเวณที่ทราบทั้งหมด นำมาแสดงบนแผนที่
การนำน้ำมาใช้, การระบายน้ำทิ้ง, การระบายน้ำฝน, ท่อน้ำล้นและพื้นที่บำบัดของโรงงาน	ที่ตั้งของบริเวณที่ทราบทั้งหมด นำมาแสดงบนแผนที่
เขื่อนและสิ่งปิดกั้นอื่นๆ สำหรับปลา	ที่ตั้งของบริเวณที่ทราบทั้งหมด นำมาแสดงบนแผนที่และระบุขอบเขตที่จำกัดการเคลื่อนที่ของปลา
พืชพรรณริมฝั่ง	ชนิดของพืชพรรณริมชายฝั่งและในน้ำ นำมาแสดงบนแผนที่
ขอบเขตการเจริญเติบโตของพืช	ระบุและลงรายละเอียดในแผนที่ของทุกพื้นที่ที่ใกล้จุดปล่อยน้ำทิ้งเพื่อแสดงการเติบโตของพืชน้ำลดลงหรือเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อ้างอิง
ความลาดชันของแม่น้ำ	ทำเส้นความลาดชันของแม่น้ำจากแผนที่ภูมิศาสตร์หรือการสำรวจในพื้นที่ศึกษา
การปล่อยของเสีย	สถิติการปล่อยน้ำทิ้งรวม (ลบ.ม./วินาที)
คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ	ตารางข้อมูลคุณภาพน้ำในอดีตที่มี

แผนงานการเก็บตัวอย่าง

พื้นที่ศึกษาของแผนงานการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานเคแอลประกอบด้วยสถานีเก็บตัวอย่าง 8 แห่ง ดังรูปที่ 1 โดยแต่ละสถานีจะเป็นที่รู้จัก สามารถเก็บตัวอย่างซ้ำ หรือ ระบุตำแหน่งได้ (ได้แก่ การใช้พิกัดเส้นรุ้งกับเส้นแวง) ซึ่งพื้นที่ศึกษาจะแบ่งเป็นพื้นที่อ้างอิงและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ โดยกระบวนการเก็บตัวอย่างจะรวบรวมข้อมูลทั้งจากพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบและพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบเพื่อหาผลกระทบสำคัญๆ ที่เกิดขึ้นจากการปล่อยน้ำทิ้งของโรงงาน

ส่วนมากแล้วขอบเขตของพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจะอยู่ในบริเวณที่มีการผสมของน้ำทิ้งโดยพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจะมีทั้งสถานีที่อยู่ใกล้และไกลจากโรงงาน ซึ่งอย่างน้อยที่สุดสถานีที่ใกล้โรงงานควรตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ติดกับจุดปล่อยน้ำทิ้งให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แต่ต้องอยู่นอกขอบเขตของน้ำทิ้งเริ่มต้น ส่วนสถานีที่อยู่ไกลควรตั้งอยู่ติดกับขอบเขตปลายสุดของการผสมทาง

ท้ายน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปการมีสถานีเก็บตัวอย่างหลายจุดจะเป็นการแสดงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับพื้นที่ที่หลากหลาย

จากการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างสถานีที่ได้รับผลกระทบกับสถานีอ้างอิง จะแสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ สามารถระบุแรงกดดันและอธิบายแนวโน้มเกี่ยวกับขอบเขตและพื้นที่ได้ ซึ่งสถานีอ้างอิงไม่ควรมีการปนเปื้อนของน้ำทิ้งและมีสภาพที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติคล้ายคลึงกับพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ บางครั้งก็เป็นการยากที่จะเลือกพื้นที่ซึ่งได้รับผลกระทบน้อยเพื่อนำมาเป็นสถานีอ้างอิงเพราะมีกิจกรรมอื่นๆ ที่ใกล้เคียง มาลดคุณสมบัติของสิ่งแวดล้อมทางน้ำ (เช่น การตัดไม้หรือการทำฟาร์มปลา) ซึ่งในกรณีดังกล่าวสถานีอ้างอิงควรเลือกพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบและมีลักษณะที่อยู่อาศัยคล้ายคลึงกันรวมถึงมีชนิดพันธุ์ของสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในลุ่มน้ำเดียวกัน

ความมุ่งหมายของแผนงานการเก็บตัวอย่างคือการเก็บข้อมูลที่เหมือนกัน (ได้แก่ ตรวจวัดในเวลาเดียวกัน สถานที่เดียวกัน) รวมทั้งสิ่งที่ได้รับผลกระทบที่แสดงออกมา (ได้แก่ ตะกอนหรือคุณสมบัติทางเคมีของน้ำ) และ สิ่งที่ได้รับผลกระทบในที่สุด (ได้แก่ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินและปลา) เพื่อแสดงลักษณะของผลกระทบที่เกิดจากน้ำทิ้งของโรงงาน สำหรับแผนงานการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโรงงานเคแอลได้เลือกสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมด 8 จุด คือ สองสถานีเป็นสถานีอ้างอิง (R1 และ R2), สองสถานีใกล้โรงงาน (NF1 และ NF2), สองสถานีไกลโรงงาน (FF1 และ FF2), หนึ่งสถานีอยู่ในตำแหน่งศูนย์กลางของกลุ่มน้ำทิ้ง (CP) และหนึ่งสถานีอยู่ท้ายน้ำนอกขอบเขตการผสมของน้ำทิ้ง (DZ) ซึ่งงานสำคัญที่เกี่ยวข้องในแผนงานการเก็บตัวอย่างดังกล่าวมีรายละเอียดดังนี้

คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ

วัตถุประสงค์ของการสำรวจคุณภาพน้ำคือการแสดงลักษณะของสิ่งแวดล้อมในแม่น้ำทั้งเหนือน้ำและท้ายน้ำของการปล่อยน้ำทิ้งจากโรงงาน โดยสิ่งเหล่านี้จะนำไปสู่การประเมินสภาพทั่วไปของการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่สำคัญของคุณภาพน้ำซึ่งเชื่อว่าเกิดจากโรงงาน

การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำจะรวมถึง

- ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่
- ความเป็นกรด-ด่าง
- อุณหภูมิ
- การนำไฟฟ้า
- ปริมาณสารแขวนลอย

คุณภาพของน้ำทิ้ง

เพื่อหาว่าน้ำทิ้งจากโรงงานเคแอลเป็นสาเหตุให้เกิดความเป็นพิษเฉียบพลันต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือไม่ จะมีตัวแปรที่ต้องทำการวิเคราะห์ คือ

- ความเป็นกรด-ด่าง การนำไฟฟ้า อุณหภูมิ
- ปริมาณสารแขวนลอยและค่าบีโอดี
- ปริมาณสารคลอรีนที่ตกค้าง
- แอมโมเนีย
- ไนโตรเจน
- เรซิน และกรดไขมัน
- absorbable organic halogens

คุณสมบัติทางเคมีของตะกอน

วัตถุประสงค์ของการประเมินคุณภาพตะกอนคือการแสดงสภาพสิ่งแวดล้อมของสิ่งมีชีวิตทั้งเหนือน้ำและท้ายน้ำของการปล่อยน้ำทิ้งจากโรงงาน เช่น สารไดออกซินที่ง่ายต่อการรวมกับสารอินทรีย์ในตะกอน ซึ่งจากความรู้เกี่ยวกับสารอินทรีย์ที่อยู่ในท้องน้ำของแม่น้ำโขงทำให้ทราบว่าสารไดออกซินจะมีการถ่ายทอดไปสู่สิ่งมีชีวิตต่างๆ การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของตะกอนจะรวมพารามิเตอร์ต่อไปนี้

- ธาตุอาหาร
- โลหะหนัก
- เรซิน และกรดไขมัน
- ไดออกซิน
- ขนาดอนุภาคตะกอนและสารอินทรีย์คาร์บอน

การสำรวจปลา

วัตถุประสงค์ของการสำรวจปลาในแผนงานการเก็บตัวอย่างคือการประเมินผลกระทบของน้ำทิ้งโดยดูจากการมีชีวิตของปลา การเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ ซึ่งการสำรวจปลาจะมุ่งไปที่การติดตามตรวจสอบทางพารามิเตอร์เกี่ยวกับอวัยวะทั้งหมดของปลาที่เลือกมาสองชนิดพันธุ์ ปกติปลาเป็นตัวชี้วัดที่ดีสำหรับความสมบูรณ์ของระบบนิเวศ และการเลือกปลาชนิดพันธุ์ที่เหมาะสมจะอยู่บนพื้นฐานของระดับการแสดงผลกระทบจากน้ำทิ้งที่มี ทั้งนี้ชนิดพันธุ์ซึ่งมีวงจรชีวิตทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมดอยู่ในแม่น้ำโขงตอนล่างและต้องการพื้นที่สำหรับการเคลื่อนที่อย่างจำกัด

เมื่อเทียบกับขนาดพื้นที่ศึกษานับว่าเป็นสิ่งที่จำเป็น เพราะปลาชนิดนี้จะเป็นตัวสะท้อนสภาพสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่นได้ดี ส่วนชนิดพันธุ์ที่มีการอพยพหรือใช้ช่วงเวลาสั้นๆ ของวงจรชีวิตอยู่ภายในพื้นที่ศึกษา เป็นชนิดพันธุ์ที่ไม่เหมาะสมเพราะจะได้รับผลกระทบจากน้ำทิ้งน้อยหรือเพียงชั่วคราว

โดยทั่วไปยิ่งปลามีทีท่าว่าได้รับผลกระทบจากน้ำทิ้งมากเพียงใดก็ยิ่งมีความเหมาะสมในการเลือกมาพิจารณามากเท่านั้น แต่ไม่ควรเลือกปลาชนิดที่มีขนาดใหญ่เนื่องจากปลาขนาดเล็กที่โตเต็มวัยจะมีการแสดงผลต่อแรงกดดันต่างๆ ได้ดีกว่า ทั้งในด้านการมีชีวิตของปลาและการขยายพันธุ์ ดังนั้นปลาชนิดพันธุ์ที่เล็กกว่าโดยเฉพาะปลาที่เป็นอาหารของปลาอื่นจะมีความเหมาะสมมากกว่า รวมทั้งปลาที่ถูกจับมากก็ไม่เหมาะสมเช่นกัน เนื่องจากการจับปลาอย่างมากอาจทำให้เกิดการบิดเบือนผลกระทบที่มาจากแรงกดดันทางสิ่งแวดล้อมต่อประชากรปลาได้

สิ่งที่เหมาะสมที่สุดคือการเก็บตัวอย่างปลาจากชนิดพันธุ์ที่เลือกมาเป็นจำนวน 40 ตัวในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง (ได้แก่ ตัวผู้ 20 ตัว ตัวเมีย 20 ตัว) และต้องมีการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับความอุดม (ปริมาณ) ขนาด น้ำหนัก อายุ น้ำหนักอวัยวะสืบพันธุ์และสภาพร่างกายโดยทั่วไป

ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลผล จะเปรียบเทียบข้อมูลจากพื้นที่ศึกษาที่ได้รับผลกระทบกับพื้นที่ศึกษาอ้างอิง ซึ่งความแตกต่างที่สำคัญในด้านความอุดมของปลาและสภาพต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับสถานีอ้างอิงจะสามารถนำมาแปลผลได้ว่าอาจเป็นผลกระทบมาจากน้ำทิ้งได้

การวิเคราะห์เนื้อเยื่อเกี่ยวกับสารไดออกซินที่มีอะตอมของคลอรีนในโมเลกุล

เนื่องจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษเคแอลใช้สารคลอรีนเป็นสารฟอกขาวในกระบวนการ ดังนั้นการวิเคราะห์ระดับสารไดออกซินในเนื้อเยื่อส่วนที่รับประทานได้ของปลาจึงเป็นสิ่งที่ต้องทำ โดยทั่วไปการเลือกชนิดพันธุ์ที่นำมาวิเคราะห์และส่วนของปลาที่เป็นส่วนที่รับประทานได้ ควรมีการตัดสินใจบนหลักเกณฑ์ของพื้นที่เฉพาะในแต่ละแห่ง ซึ่งในกรณีของโรงงานเคแอลสามารถเลือกปลา Shortbarbel pangasius (*Pangasius micronemus*) สำหรับการวิเคราะห์เนื้อเยื่อ ในการตรวจสอบเนื้อเยื่อควรมีการหาปริมาณสารไดออกซินที่สามารถถ่ายทอดไปสู่สิ่งมีชีวิตในห่วงโซ่อาหารที่สูงขึ้น เช่น ปลาที่กินเนื้อและนกต่างๆ ด้วย

การสำรวจสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

การสำรวจชุมชีพของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน เป็นการให้ได้รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของท้องแม่น้ำในพื้นที่ศึกษา เพื่อการประเมินผลกระทบของน้ำทิ้งจากโรงงานเคแอลที่คาดว่าจะเกิดต่อสภาพชีววิทยาในสิ่งแวดล้อม โดยต้องการหาว่าโครงสร้างชุมชีพที่มีในแต่ละแหล่งภายในพื้นที่ศึกษามีความแตกต่างกันหรือไม่ รวมทั้งเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ศึกษาอ้างอิง

ด้วย ซึ่งถ้ามีความแตกต่างกันก็ต้องรู้ว่ามีความสัมพันธ์กับระยะทางระหว่างจุดปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานเคแอลหรือไม่ (คือ เพื่อมากำหนดเส้นลาดชันของผลกระทบ) โดยตัวอย่างของสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินควรทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับ

- ความอุดมสมบูรณ์ของชนิดพันธุ์
- ปริมาณทั้งหมดที่มี
- การดำรงอยู่ของชนิดพันธุ์ที่เลือกมาเพื่อเป็นตัวชี้วัดความสมบูรณ์ของชุมชีพของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง
- การสูญหายไปของชนิดพันธุ์ที่เป็นตัวชี้วัดสภาพการถูกรบกวน เช่น ชนิดพันธุ์ที่รู้ว่าเป็นตัวรุกรานหรือมีความทนทานต่อภาวะมลพิษ
- ขนาดอนุภาคตะกอนและสารอินทรีย์คาร์บอน
- การวิเคราะห์เนื้อเยื่อเพื่อหาผลกระทบจากสารไดออกซิน

การเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างชุมชีพของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ตามตะกอนผิวดินพื้นท้องน้ำสามารถเป็นตัวชี้วัดที่ชัดเจนด้านแหล่งอาศัยที่เสื่อมโทรมอันมีสาเหตุมาจากสารมลพิษทางชีววิทยาหรือทางเคมี (เช่น สารไดออกซิน) หรือจากการรบกวนทางกายภาพ เป็นต้น ทั้งนี้การที่สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีความอุดมสมบูรณ์สูง (คือ มีสิ่งมีชีวิตจำนวนมาก) และมีความหลากหลาย (คือ มีความแตกต่างของชนิดพันธุ์มาก) เป็นสิ่งจำเป็นต่อความสมบูรณ์ของสิ่งแวดล้อมทางน้ำ เนื่องจากแสดงถึงความเพียงพอของแหล่งอาหารสำหรับพันธุ์ปลาที่อาศัยอยู่และส่งผลให้มีอาหารที่พอเพียงแก่ประชาชนในท้องถิ่นด้วย

ดัชนีที่สามารถนำมาช่วยวัดความสมบูรณ์ของสิ่งแวดล้อมทางน้ำมีหลากหลาย โดยการวิเคราะห์ชุมชีพสิ่งมีชีวิตหน้าดิน ยกตัวอย่างเช่น ใช้ดัชนี EPT วัดความอุดมสมบูรณ์ของ Ephemoptera (Mayflies) Plecoptera (Stoneflies) และ Tricoptera (caddisflies) เพื่อชี้ถึงคุณภาพที่ดีของน้ำและตะกอน ซึ่งชนิดพันธุ์เหล่านี้ถือเป็นชนิดพันธุ์ที่เหมาะสำหรับการเฝ้าติดตามเนื่องจากมีความไวต่อภาวะมลพิษและเป็นตัวชี้วัดสภาพความสมบูรณ์โดยรวมของสิ่งแวดล้อมทางน้ำ การลดลงของ EPT เป็นการชี้ให้เห็นว่าของคุณภาพของแหล่งที่อยู่อาศัยในน้ำเสื่อมลง นอกจากนี้ควรมีการระบุชนิดพันธุ์ที่มีความทนทานต่อภาวะมลพิษ เช่น จำพวก Midges และ Blackflies บางชนิด *(Chironomidae, Simulidae)*, Leeches *(Hirudinea)* และ Aquatic Worms *(Oligochaeta)* จากชนิดพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตหน้าดินที่กำหนดไว้ทำให้สามารถสร้างดัชนีสิ่งมีชีวิตเพื่อหาค่าความทนทานสำหรับชนิดพันธุ์ต่างๆ ในตัวอย่างที่เก็บมา ซึ่งค่าความทนทานจะแบ่งระดับเป็นค่าระหว่าง 0 ถึง 10 โดยค่า 10 คือการมีความทนทานต่อภาวะมลพิษสูงที่สุด ทั้งนี้ดัชนีจำพวก EPT หรือ ดัชนีชนิดพันธุ์หน้าดินที่ไวต่อภาวะมลพิษที่มีใช้ในประเทศอเมริกาเหนือและยุโรปสามารถนำมาพัฒนาให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมทางน้ำของแม่น้ำโขงได้

การทดสอบความเป็นพิษในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบความเป็นพิษเป็นการทดสอบผลกระทบจากตัวกลาง (เช่น น้ำ ตะกอน หรือ ดิน) และประเมินผลที่มีต่อการมีชีวิต การเจริญเติบโต การขยายพันธุ์ และ/หรือ พฤติกรรมของสิ่งมีชีวิต ซึ่งการทดสอบเหล่านี้สามารถช่วยหาว่าความเข้มข้นของการปนเปื้อนในน้ำและ/หรือในตะกอนนั้นสูงพอที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตหรือไม่

โดยทั่วไปการทดสอบความเป็นพิษจะทำการเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ศึกษาของโครงการและส่งไปที่ห้องปฏิบัติการทดสอบความเป็นพิษซึ่งจะให้ผลการทดสอบออกมา สำหรับแผนงานติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโรงงานเคแอล สามารถเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนจากทั้ง 8 สถานี และนำมาทดสอบเพื่อหาความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตทางน้ำในสิ่งแวดล้อมที่ได้รับผลกระทบ ซึ่งการทดสอบความเป็นพิษเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของแผนงานการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมเนื่องจากสามารถ

- แสดงว่าสารปนเปื้อนเป็นสารที่สิ่งมีชีวิตนำมาใช้ได้หรือไม่ ทั้งนี้เนื่องจากสารปนเปื้อนโดยตัวมันเองไม่ได้เป็นดัชนีวัดผลกระทบที่มีต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ แต่สารปนเปื้อนสามารถเกิดผลกระทบเฉพาะในรูปแบบที่สิ่งมีชีวิตนำมาใช้ (คือ ในรูปแบบที่สิ่งมีชีวิตสามารถรับเข้าไปได้)
- ประเมินผลกระทบรวมของการปนเปื้อนทั้งหมดในตัวกลาง ทั้งนี้ในพื้นที่ที่มีอุตสาหกรรมจำนวนมากจะทำให้เกิดสารปนเปื้อนที่มีความซับซ้อน ส่งผลให้เกิดการผสมของสารอันตรายในน้ำและตะกอน ซึ่งในกรณีนี้ข้อมูลของสารเคมีแต่ละตัวไม่สามารถพยากรณ์ความเป็นพิษของสารปนเปื้อนได้อย่างแม่นยำ การทดสอบความเป็นพิษจึงช่วยให้สามารถประเมินผลกระทบรวมของการปนเปื้อนทั้งหมดในตัวกลางต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ ได้
- แสดงถึงลักษณะความเป็นพิษตามธรรมชาติ ทั้งนี้การทดสอบความเป็นพิษสามารถแสดงให้เห็นว่าสารปนเปื้อนก่อให้เกิดผลกระทบที่ร้ายแรงหรือไม่ ซึ่งผลกระทบที่ร้ายแรงคืออัตราการเจริญเติบโตลดลง ความสามารถในการขยายพันธุ์เสียไป และพฤติกรรมเปลี่ยนแปลง เป็นต้น
- แสดงถึงลักษณะการกระจายของสารพิษในพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้การทดสอบความเป็นพิษสามารถหาได้จากตัวอย่างที่เก็บจากพื้นที่ศึกษาในตำแหน่งต่างๆ เช่น สถานีเก็บตัวอย่างที่ใกล้หรือไกลจากโรงงาน ซึ่งจากกรณีของแผนงานการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโรงงานเคแอลนั้น การทดสอบความเป็นพิษเป็นแนวทางที่ใช้ต้นทุนอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับหาขอบเขตเชิงพื้นที่ของความเป็นพิษและระบุพื้นที่ซึ่งได้รับผลกระทบสูงจากน้ำทิ้ง

การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลัน

การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันเป็นการทดสอบสิ่งมีชีวิตด้วยชุดของสารปนเปื้อนที่ปริมาณความเจือจางต่างกันและวัดปริมาณการตายในช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 24 ถึง 96 ชั่วโมง ตัวอย่างเช่น ตัวอย่างที่เก็บจากโรงงานเคแอลสามารถนำมาทดสอบที่ปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันระหว่างร้อยละ 0 ถึง 100 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบสัดส่วนการตายของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำทิ้ง กับ สิ่งมีชีวิตที่ได้รับผลกระทบจากระบบที่ควบคุม (ได้แก่ น้ำสะอาด หรือ ตะกอนที่ไม่มีการปนเปื้อน) ทั้งนี้บ่อยครั้งที่ผลลัพธ์จากการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันจะนำมาวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณการเจือจางของน้ำทิ้งที่ทำให้สัดส่วนการตายเท่ากับร้อยละ 50 ซึ่งปริมาณความเจือจางนี้จะเรียกว่า LC50 หรือปริมาณความเข้มข้นที่เป็นอันตรายร้ายแรงในสัดส่วนร้อยละ 50

บางครั้งแทนที่จะหาค่า LC50 สำหรับสิ่งมีชีวิตที่นำมาทดสอบ การทดสอบสามารถหาปริมาณความเข้มข้นซึ่งสิ่งมีชีวิตร้อยละ 50 จะได้รับผลกระทบเฉพาะด้าน เช่น การลดปริมาณการขยายพันธุ์ หรือ การฝังตัวไปในตะกอนที่สะอาดภายในกรอบเวลาที่แน่นอน ซึ่งค่า EC50 หรือปริมาณความเข้มข้นที่ทำให้สิ่งมีชีวิตที่ทดสอบร้อยละ 50 ได้รับผลกระทบ เป็นผลลัพธ์ที่ต้องการจากการทดสอบชนิดนี้

นอกจากนี้ผลลัพธ์จากการทดสอบสามารถนำข้อมูลมาคำนวณเพื่อประเมินหาค่า LOEC หรือ ปริมาณความเข้มข้นต่ำสุดที่สังเกตผลกระทบได้ ซึ่งเป็นปริมาณการเจือจางที่มากที่สุดที่จะแสดงภาวะความเป็นพิษอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่า NOEC หรือ ปริมาณความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่สามารถสังเกตผลกระทบได้ ซึ่งเป็นปริมาณการเจือจางที่น้อยที่สุดที่ภาวะความเป็นพิษไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การทดสอบความเป็นพิษเรื้อรัง

การทดสอบความเป็นพิษเรื้อรังเป็นการทดสอบสิ่งมีชีวิตด้วยชุดของการเจือจางของตัวกลางเฉพาะที่เลือก เช่น ตะกอน และวัดผลกระทบที่ไม่ร้ายแรงหรือผลกระทบที่เรื้อรัง ซึ่งผลกระทบที่ไม่ร้ายแรงอาจรวมถึงการเจริญเติบโตที่ลดลง ความสามารถในการขยายพันธุ์ที่ลดลง การเคลื่อนไหวที่ช้าลงหรือการพัฒนาโครงสร้างต่างๆ อย่างผิดปกติ เป็นต้น ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลโดยทั่วไปจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างสัดส่วนร้อยละของผลที่เกิดกับสิ่งมีชีวิตในตัวกลางที่ได้รับผลกระทบ กับตัวกลางที่ไม่ได้มีการปนเปื้อน และสามารถคำนวณหาค่า LC50 NOEC และ LOEC ได้

นอกจากการคาดการณ์ผลลัพธ์ของการทดสอบความเป็นพิษเรื้อรังในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติดังกล่าวแล้ว ผลกระทบที่ไม่ร้ายแรงที่วัดในห้องปฏิบัติการสามารถช่วยในการชี้วัดถึงผลกระทบที่สำคัญทางนิเวศที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในธรรมชาติได้ ตัวอย่างเช่น การเจริญเติบโตที่

ลดลงของปลาบางชนิดนำไปสู่การลดลงของปริมาณปลา ขนาดที่เล็กลง การเพิ่มขึ้นของผู้ล่าและสภาพความสมบูรณ์ของประชากรที่ต่ำลง ความสามารถในการขยายพันธุ์ที่ลดลง ทำให้ประชากรมีขนาดเล็กลงและสามารถนำไปสู่การเปลี่ยนโครงสร้างทางอายุของประชากร ดังนั้นสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างผิดปกติจะส่งผลกระทบต่อประชากรด้วย เพราะสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำลงและมักไม่สามารถขยายพันธุ์ต่อไปได้